INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PROJECT APPROACHES IN ENGINEERING EDUCATION

Organizing and Managing Project Based Learning

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PROJECT APPROACHES IN ENGINEERING EDUCATION

Organizing and Managing Project Based Learning

Natascha van Hattum-Janssen
Rui M. Lima
Dinis Carvalho
Luiz Carlos de Campos

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Brazil
26-27 July 2012

TITLE

Proceedings of the Fourth International Symposium

on Project Approaches in Engineering Education (PAEE'2012)

EDITORS

Natascha van Hattum-Janssen
Rui M. Lima
Dinis Carvalho
Luiz Carlos de Campos

Research Centre in Education - CIEd,
University of Minho
and
Department of Production and Systems,
School of Engineering, University of Minho
and
Faculty of Exact Sciences and Tecnhology,
Pontifical Catholic University of São Paulo, PUC-SP

GRAPHIC DESIGN

Gen – Comunicação Visual

ISBN

978-989-8525-14-7

This is digital edition.

Welcome to PAEE'2012

It is a pleasure to welcome you to the **4th International Symposium on Project Approaches in Engineering Education – PAEE'2012.**

The Department of Production and Systems of the University of Minho, the Research Centre for Education of the University of Minho and the Curriculum Development Working Group of SEFI – the European Society for Engineering Education and ASIBEI – the Ibero-American Association of Institutes of Engineering Education – aim to join teachers, researchers on Engineering Education, deans, students of Engineering Schools and professionals concerned with Engineering Education, to enhance active learning approaches in Engineering Education through workshops and discussion of current practice and research.

The central theme of this edition is **Organizing and Managing Project Based Learning.** The organization of projects and the implication of projects for the workload of teachers is a widely discussed theme when implementing projects, as is project management, from a teacher´s as well as a student´s point of view. There will be many opportunities for learning, discussions and interaction with researchers that are working with Engineering Education, in several countries of the world, in the extensive programme. The Symposium will take place at Faculty of Exact Sciences and Technology of Pontifical Catholic University of Sao Paulo – PUC/SP, Brazil.

Come and enjoy the Brazilian atmosphere in Sao Paulo, which is a world-renowned megacity, forged from a melting pot of nationalities and cultures.

On behalf of the PAEE'2012 organizing committee and organizing universities we look forward to meeting you in Sao Paulo.

Yours sincerely,

Luiz Carlos de Campos

Dean of Faculty of Exact Sciences and Technology – PUC/SP

Nival Nunes de Almeida

President of Brazilian Association of Engineering Education – ABENGE

Natascha van Hattum-Janssen

Rui M. Lima

Dinis Carvalho

University of Minho

SEFI Welcome Note

With the fourth edition of Project Approaches in Engineering Education, it is becoming a well established and consolidated discussion forum for those involved on active learning and, more specifically, on problem assisted learning. In this occasion the general call for discussion is about organizing and managing PBL, with a special reference to the design of new PBL experiences.

Through these words I am answering the request received from the Organization to address and welcome participants on PAEE, on behalf the Curriculum Development Working Group (CDWG) of the European Society for Engineering Education (SEFI). The SEFI- CDWG is a forum for discussion on the development of Engineering Education, and it is formed by a group of people highly involved in the innovation of engineering education. The CDWG is open to teachers and managers of education, students, and employers of engineers. The Group focuses its activities on curriculum innovation, quality assurance and accreditation, advancement of teaching and learning methods, and faculty development and teachers training.

There are several things to be remarked with reference to this International Symposium. One, is the fact that Project Based Learning (PBL) is still considered as one of the most effective methods in Engineering Education in order to develop in the students´ competences and abilities which are everyday more and more demanded by employers operating in a global labour market. On the other hand, the Symposium crosses over the Atlantic Ocean and sits at Sao Paulo, which is a way to meet more Latin- American Universities but also a challenge for their European Colleagues for joining them in a time of big financial difficulties. The third one also relates with the present economic crisis, which is striking hardly many European Universities, as management is one of the main topics for discussion. In times of difficulties those involved in innovating engineering education should make clear that the main management goal has to be quality, and now low cost, which is appearing as the panacea for solving all kind of problems, not only in education but also in other fields of activity. Let us hope that the Conclusions of the Symposium include a reference clarifying positions with reference to this.

It is for me a pleasure as well as an honour to welcome the participants of the International Symposium PAEE2012 on behalf of SEFI Curriculum Development Working Group, and I wish to them a very fruitful meeting and a pleasant stay at Sao Paulo. Finally, my congratulations to the University of Minho and the Pontifical Catholic University of Sao Paulo for promoting this interesting event.

Urbano Domínguez

University of Valladolid, Spain

Chairman of SEFI CDWG

ASIBEI Welcome Note

En el presente año nuestra Asociación Iberoamericana de Instituciones de Enseñanza de la Ingeniería – ASIBEI- ha seguido manteniendo una alianza estratégica con PAEE (Project Approaches in Engineering Education) convencidos, que parte del presente y futuro desarrollo de nuestros países estará orientado por los avances e innovaciones que alcance la ingeniería y por ende, la formación de nuestros ingenieros. Por lo tanto, todo esfuerzo que se haga en esa dirección, será fundamental para alcanzar el bienestar de nuestras sociedades, ya que ellas requieren de una ingeniería suficientemente robusta para procurar condiciones de vida de mejor calidad. Un ejercicio profesional que satisfaga esas expectativas debe estar construido sobre un conjunto de supuestos curriculares, responsabilidad de las instituciones de educación en ingeniería, que orienten a los estudiantes en la fundamentación científico - tecnológica, el diálogo con sus pares en el mundo y el desarrollo de habilidades para ofrecer alternativas plausibles de solución que permitan enfrentar exitosamente los problemas reales de la sociedad.

Qué mejor espacio como el que brinda PAEE'2012 en Sao Pablo, Brasil, a finales del presente mes de julio, para analizar, discutir, reflexionar y escuchar los trabajos de las investigaciones realizadas por los profesores de los programas de ingeniería centrados en el tema objeto del evento alusivo a la Organización y Administración de Proyectos enfocados en el Aprendizaje.

ASIBEI augura los mejores éxitos en el cumplimiento de los objetivos propuestos y desea destacar la organización y liderazgo desplegado por la presidente del Simposio Natascha van Hattum-Janssen adscrita al Centro de Investigación en Educación del Instituto de Educación de la Universidad de Minho, Portugal.

Sinceros deseos

Jaime Salazer Contreras

Secretario Ejecutivo ASIBEI

Table of Contents

Welcome to PAEE'2012 v
SEFI Welcome Note vi
ASIBEI Welcome Note vii
Table of Contents viii
Scientific Committee 2
Organising Committee 3
Local Organising Committee 3
Programme 4
Paper Sessions 5
Invited Speakers 9
Lueny Morell – Hewlett Packard Laboratories, California 9
Short bio 9
Erik de Graaff – Aalborg University, Denmark 9
Short bio 9
Workshops 11
Workshop 1 - Problem Based Learning & Education for Sustainable Development: Common understandings for engineering education 11
Aida Guerra, Aalborg University Denmark 11
Workshop 2 - Design-based learning to enhance engineering solutions 11
Sonia M. Gómez Puente, Eindhoven University of Technology –TU/e- the Netherlands 11
Workshop 3 – Designing and carrying out a PBL experience 11
Rui M. Lima, Anabela Alves and Rui Sousa, University of Minho, Portugal 11
Communications 13
Paper Session A1 14
Identification and assessment of behavioural competences in multidisciplinary teams within design projects 15
Diogo Campos*, Rui M. Lima*, João M. Fernandes+ 15
Teamwork in Project-Based Learning: engineering students' perceptions of strengths and weaknesses 23
Anabela C. Alves*, Diana Mesquita+, Francisco Moreira* and Sandra Fernandes# 23
Collaborative Teaching in Structural Engineering 33
María Fenollera*, Jaime Lorenzo*, Itziar Goicoechea*, Enrique Ares* 33
Methodology for designing biomedical engineering problems related to specific abilities and competencies: PUCSP case study 41
John Paul Hempel Lima and Carla da Costa Guimarães 41
Incoming society challenges for Engineers 49
Maria João Barros*, Maria Margarida Machado Pires+ 49
Paper Session A2 55
A Formação Docente para o Ensino das Ciências Naturais e da Biologia a partir de Diferentes Abordagens Educacionais 57
Maria Otilia José Montessanti Mathias 57
Curriculum by Projects: Impacts for an Innovation in Higher Education and Engineering Education 63
Elize Keller-Franco*, Marcos Tarciso Masetto*+ 63

Tutoria na Graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG: inovações na prática docente 71
Eneida P. Santos*; Oriane M. Neto+; Eduardo F. Mortimer**; Jaime A. Ramirez+; Ricardo C. Takahashi***; Dário Moura++ 71

FORPEC – Grupo de Pesquisa Formação de Professores e Paradigmas Curriculares: contribuições para a inovação no Ensino Superior 79
Cristina Zukowsky-Tavares Carvalho*+, Thiago Schulze+, Martha Maria Prata - Linhares*+ 79

Escola Avançada Marcelo Damy: aprendizagem por projetos para alunos e professores de Ensino Médio 85
Marisa Almeida Cavalcante*, Cristiane Rodrigues C. Tavolaro* 85

Uso de mapas conceituais para a gestão de projetos e difusão científica 93
Dora Werneck de Almeida Menezes*, Ely Antonio Tadeu Dirani+ 93

Paper Session A3 99

A proposição de projetos e o uso de informática no ensino de Cálculo Diferencial e Integral II na engenharia 101
Demétrio Elie Baracat*, Francisco Mauro Witkowski*, Rodrigo Cutri* 101

Summaê: Um Método Diferente para o Ensino de Integrais 109
Ricardo R. Fragelli*, Adson F. da Rocha*, Fábio Macedo Mendes*, Vinícius de C. Rispoli* 109

Incluindo Especificação de Requisitos na Disciplina de Banco de Dados em um Curso de Engenharia de Software 115
Geoflávia Guilarducci de Alvarenga*, Andréa Pereira Mendonça+, Cristiane Soares Ramos* 115

Diferentes abordagens de resolução do problema da menor malha viária de Jacob Steiner 123
Marcos de Miranda Paranhos*, Dra Ana Lúcia Manrique+ 123

Construção de um Espectrofotômetro utilizando a placa Arduino 131
José N. Almeida Jr.*, Liliane A. Pontes*, Carlos Eduardo M. Rodrigues*, Marisa A. Cavalcante+ 131

Uma Biblioteca de Hipermídia Adaptativa para Apoio ao Ensino 145
Áulus Carvalho Diniz*, Jefferson A. da Rocha*, Kalil Martins Mota*, Ricardo R. Fragelli* 145

Paper Session B1 153

A comparative study of teachers' perceptions of design-based learning 155
Sonia M. Gómez Puente*, Natascha van Hattum-Janssen+, Luiz Carlos de Campos** 155

Analysis of the use of project-based learning in an Industrial Engineering course at a public university 165
Ana Maria Silveira Turrioni, João Batista Turrioni 165

Project based education as motivation factor in undergraduate program in Electronics at Copenhagen University College of Engineering 173
Anna Friesel 173

Aprendizagem em Engenharia e Tecnologia: desafios e possibilidades de atuação usando a metodologia PBL 181
Laurete Zanol Sauer, Diego Piazza, Diorge Zambra, Neide Pessin, Rodrigo Panosso Zeilmann 181

Paper Session B2 191

Teaching platform for electronic injection to control internal combustion engines 193
Bruno Martin de Alcântara Dias*+, Edson Caoru Kitani*+, Felipe Serafim Albadaladejo*+, Armando Antônio Maria Laganá*+ 193

A New Method for Learning Electronic Management of an Internal Combustion Engine with a Mock up 201
Felipe Serafim Albaladejo*, Marcos Antonio de Carvalho Guedes*, Armando Antonio Maria Laganá*, Alexsander Tressino de Carvalho+, Fabio Delatore+. 201

Didactic Sets for the Study of Automotive Electronics 207
Cynthia Thamires da Silva+ , Bruno Silva Pereira+ , Bruno Martin de Alcântara Dias* , Marcos Antonio Carvalho Guedes* , Armando Antonio Maria Laganá* , Felipe Serafim Albaladejo* 207

Paper Session B3 215

Motivando Estudantes de Ensino Médio para as Carreiras de Exatas e Engenharias: Programas de Capacitação Docente Utilizando um Modelo de Ensino por Projetos 217
Galeno José de Sena[1], Maria Cecília França de Paula Santos Zanardi[1], Leonardo Mesquita[2], Marco Aurélio Alvarenga Monteiro[3], André Amarante[4], Fábio Esteves da Silva[5] 217

A Aprendizagem baseada em Projetos Interdisciplinares no Ensino Superior: implicações ao nível do trabalho docente 227
Sandra Fernandes#, M. Assunção Flores* and Rui M. Lima+ 227

Trabalhando com Metodologia de Ensino-Aprendizagem por Projetos: Uma Estratégia para o Ensino nas Engenharias e Tecnologias 237
Ana M.C.Grisa*, José A. Martins*, Mauren T. Pize*, Marli Camassola+, Joanir Kalnin*, ... 237
Rosmary N. Brandalise* 237

A experiência de desenvolver competências em engenharia através da participação de uma equipe interdisciplinar para projetar e construir um veículo elétrico 245

Amaranta Hayata de Azevedo[*], Daniel de Araújo Almeida[+], Bruno Moreira de Oliveira[+], Marcos Vinícius de Melo Orrico[+#] 245

Paper Session B4 253

Aprendizagem Ativa na Disciplina Eficiência Energética: um experimento metodológico 255
Danilo Pereira Pinto[*1], Francisco José Gomes[*1], Dinis Carvalho[*2], Natascha van Hattum-Janssen[*3], Rui M. Lima[*2] 255

A responsabilidade socioambiental estimulada através da metodologia PBL: uma experiência na região Amazônica no Ensino de Engenharia 263
Samara P. da Silva*, Hortência N. dos Santos*, Davi B. C. da Silva*, Diorge de S. Lima*, M.Sc. Wellington da S. Fonseca*, M.Sc. Vicente Ferrer P. Aleixo* 263

Casa Sustentável: Proposta de Implementação da estratégia de Project Based Learning na Universidade de Caxias do Sul 269
Alexandre Viecelli, Carla Eliana Todero Ritter, Guilherme Holsbach Costa, ... 269
Luciana Muller Somavilla, Valquíria Villas-Boas 269

Project Based Leaning - PBL aplicado ao Curso de Pós-graduação em Gestão de Resíduos e Efluentes 278
Fabiane Almeida*, Ângela Vieira*, Olegário Borges Jr. *, Ricardo Moura*, Valteir Romão* 278

Paper Session C1 287

The Necessity of Tutors in Engineering Education 289
Mira Trebar 289

Project-Based Learning in Civil Engineering Education: an Experience at the University of São Paulo 295
Fernanda B. Silva[*], Fernando H. Sabbatini[*], Mercia M. S. B. de Barros[*] 295

Current Practice and Teaching of Engineering Economics in Brazilian Universities 301
Maria Bernadete Junkes[*+], Anabela Pereira Tereso[*], Paulo Sérgio Lima Pereira Afonso[*] 301

Hidden features of academic literacy practices: the case of the report genre at a First Year Project Experience ... 309
Adriana Fischer*, Natascha van Hattum-Janssen[+], ... 309

Paper Session C2 311

Ensino por Projetos Utilizando Metodologia de Desenvolvimento de Produtos no Curso de Engenharia da Mobilidade 313
Carlos Maurício Sacchelli[*], Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic*, Cristiano Vasconcellos Ferreira[*] 313

Proposição de uma base lunar habitável no contexto do PBL 321
Daniel Toss; Isolda Gianni de Lima; Juliano Rodrigues Gimenez; Maria Alice Reis Pacheco; Odilon Giovannini 321

Veículo Aéreo Não Tripulado: Proposta de Inovação na Educação em Engenharia por meio da Aprendizagem Baseada em Projetos 329
Alexandre Luís Gasparin, Francisco Catelli, Givanildo Garlet, Ivete Ana Schmitz Booth, Luciani Tatsch Piemolini-Barreto 329

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação para o desenvolvimento de trabalho em equipe à distância a partir de ambientes colaborativos desenvolvidos para dispositivos móveis 339
Daniela Favaro Garrossini[*], Ana Carolina Kalume Maranhão[+], Rogério José Câmara[*], Luis Fernando Ramos Molinaro[**], Dianne Magalhaes Viana[++], ... 339

Vivenciando a aprendizagem colaborativa em ambiente de desenvolvimento projeto: expectativas e dificuldades na construção de um veículo elétrico na Universidade de Brasília 347
Dianne Magalhaes Viana[*], Ana Carolina Kalume Maranhão[+], Amaranta Hayata de Azevedo[*+], Rafael Amaral Shayani[**], Daniela Favaro Garrossini[+], Humberto Abdalla Junior[+] 347

Paper Session C3 357

Um estudo sobre a percepção dos docentes do curso de Engenharia Biomédica da PUC-SP em relação à metodologia PBL (Problem Based Learning) 359
Bárbara Cristina Oliveira de Campos[*], Neide de Aquino Noffs[+], Luiz Carlos de Campos[**] 359

Uma Experiência Interdisciplinar na Formação do Engenheiro 367
Marisa Franzoni[*], Galesandro Henrique Capovilla[*], Zaida Jova Aguila[*], Vicente I. Becerra Sablón[*] 367

Novas Experiências na Expansão do Programa de Educação Tutorial para Discentes de Engenharia 373
Christian Joezer Meirinho[*], Jonathan Lopes Florêncio[*], Adriano Oliveira Pires[*], Gustavo Carlos Knabben[*], Ronny Knoch Gieseler*, Kledson Alves[*], Roger Luis Brito Zamparette*, Leandro Santos Monteiro*, André Bittencourt Leal[*] 373

Estruturação de uma Metodologia de Avaliação do Processo de Ensino/Aprendizagem das Disciplinas de Projeto de Sistemas de Produção do Curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília 383
Filipe Henrique S. Santos*, Marcelo A. Vilhena*, Marco Kling*, Simone Borges S. Monteiro*, João Carlos Félix Souza*, Edgard Costa Oliveira*, Márcia Longen Zindel* 383

Paper Session C4 391

¿Enseñar o ayudar a aprender? 393
María Felipa Cañas Cano 393
Desarrollo de Productos por Síntesis Orgánica a través de una Ruta Integradora de Asignaturas del Pregrado 405
Yesid Vélez-Salazar*, Leidy Rendón-Castrillón*, Margarita Ramírez-Carmona*, Carlos Ocampo-López* y Fabio Castrillón-Hernández* 405
Organización y Control de Inventarios e Implementación de un Sistema para la Gestión de los ítems del Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ingeniería Química 415
Gilberto Mireles*, Adriana Ancona+, Miriam Chan* 415
El Proyecto como Articulador del Campo Teórico-Práctico en la Enseñanza de la Ingeniería 425
Luis Elio Caporossi 425
Propuesta para asumir los lineamientos institucionales y los retos que debe afrontar la Educación en Pregrado 433
Esp. Adolfo León Arenas Landínez, Mag. Kelly Johana Gómez Jiménez 433
General Information and Services 441
Conference Venue 441
Symposium Registration and Sessions 441
Symposium Dinner 441
Guest Program 441
Internet 441
Symposium Secretariat 441
List of Authors 443

Scientific Committee

Members	Affiliation
Adriana Fischer	Post-Graduate Programme in Languages Catholic University of Pelotas, Brazil
Ana Lúcia Manrique	Faculty of Science and Technology Pontifical Catholic University of São Paulo, Brazil
Ana Margarida Veiga Simão	Faculty of Educational Science University of Lisbon, Portugal
Anabela Alves	Department of Production and Systems Engineering School, University of Minho, Portugal
André Aquere	Department of Civil Engineering Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil
Bill Williams	Barreiro School of Technology Polytechnic Institute of Setúbal, Portugal
Celina Pinto Leão	Department of Production and Systems Engineering School, University of Minho, Portugal
Christel Heylen	Faculty of Engineering Catholic University of Leuven, Belgium
Daniela Garrossini	Department of Industrial Design Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil
Danilo Pereira Pinto	Department of Electrical Engineering, Faculty of Technology Federal University of Juiz de Fora, Brazil
Diana Mesquita	Institute of Education University of Minho
Dianne M. Viana	Department of Mechanical Engineering School of Engineering, University of Brasília, Brazil
Dinis Carvalho	Department of Production and Systems Engineering School , University of Minho, Portugal
Ely Dirani	Faculty of Science and Technology Pontifical Catholic University of São Paulo, Brazil
Filomena Soares	Department of Industrial Electronics Engineering School, University of Minho, Portugal
Francisco José Gomes	Department of Electrical Engineering, Faculty of Technology Federal University of Juiz de Fora, Brazil
Francisco Moreira	Department of Production and Systems Engineering School, University of Minho, Portugal
Francisco Xavier Sevegnani	Faculty of Science and Technology Pontifical Catholic University of São Paulo, Brazil
Franz-Josef Kahlen	Department of Mechanical Engineering University of Cape Town, South Africa
Guilherme Pereira	Department of Production and Systems Engineering School, University of Minho, Portugal
Humberto Abdala	Department of Electrical Engineering Faculty of Technology, University of Brasília, Brazil
Isabel Simões de Carvalho	Lisbon Superior Engineering Institute Polytechnic Institute of Lisbon, Portugal
Jaime Salazar Contreras	Executive Secretary – ASIBEI Department of Civil Engineering and Agriculture National University of Colombia, Colombia
João Mello da Silva	Production Engineering Faculty of Technology, University of Brasília - Brazil
José Couto Marques	Department of Civil Engineering Faculty of Engineering University of Porto
José Manuel Oliveira	Higher Education Polytechnic School of Águeda University of Aveiro, Portugal
José de Souza Rodrigues	Faculty of Engineering of Bauru State University of São Paulo (UNESP), Brazil
Luiz Carlos de Campos	Faculty of Science and Technology Pontifical Catholic University of São Paulo, Brazil
Maria Assunção Flores	Institute of Education University of Minho
Mauricio Duque	Department of Electrical Engineering University of the Andes, Colombia

Miguel Nóbrega	Department of Polymer Engineering Engineering School, University of Minho, Portugal
Natascha van Hattum-Janssen	Research Centre for Education Institute of Education, University of Minho, Portugal
Nival Nunes de Almeida	President of ABENGE Brazilian Association for Engineering Education
Rui M. Lima	Department of Production and Systems Engineering School, University of Minho, Portugal
Rui M. Sousa	Department of Production and Systems Engineering School, University of Minho, Portugal
Sandra Fernandes	Faculty of Psychology and Education Sciences University of Coimbra, Portugal
Susan Zvacek	Instructional Development and Support University of Kansas - USA
Teresa Restivo	Dep. of Mechanical Eng. and Production Engineering Faculty of Engineering, University of Porto, Portugal
Urbano Dominguez	Department of Mechanical Engineering, University of Valladolid, Spain Chair of SEFI Curriculum Development Working Group
Valquiria Villas-Boas	Centre for Exact Sciences and Technology University of Caxias do Sul, Brazil
Wagner Wuo	Faculty of Science and Technology Pontifical Catholic University of São Paulo, Brazil

Organising Committee

Organising Committee	Affiliation
Natascha van Hattum-Janssen	Research Centre for Education Institute of Education, University of Minho
Rui M. Lima	Department of Production and Systems Engineering School, University of Minho
Dinis Carvalho	Department of Production and Systems Engineering School, University of Minho
Sandra Fernandes	Faculty of Psychology and Educational Sciences University of Coimbra
Rui M. Sousa	Department of Production and Systems Engineering School, University of Minho
Francisco Moreira	Department of Production and Systems Engineering School, University of Minho
Anabela Alves	Department of Production and Systems Engineering School, University of Minho
Diana Mesquita	Institute of Education University of Minho

Local Organising Committee

Organising Committee	Affiliation
Luiz Carlos de Campos	Faculty of Science and Technology Pontifical Catholic University of São Paulo, Brazil
Ely Antonio Tadeu Dirani	Faculty of Science and Technology Pontifical Catholic University of São Paulo, Brazil
Ana Lúcia Manrique	Faculty of Science and Technology Pontifical Catholic University of São Paulo, Brazil
Maria Sofia Aragão	São Paulo Teachers´ Union São Paulo, Brazil

Programme

	July 26	Room
09:00	Registration	
09:30	Opening and Welcome	Auditorium
10:00	Plenary Session Keynote Speaker *Lueny Morell*	Auditorium
10:45	*Coffee break*	Board Room
11:00	Paper Session A1 (e)	Room 15
	Paper Session A2 (p)	Room 16
	Paper Session A3 (p)	Room 17
12:30	*Lunch*	
14:30	Workshop 1	Room 14
15:45	Paper Session B1 (e)	Room 14
	Paper Session B2 (e)	Room 15
	Paper Session B3 (p)	Room 16
	Paper Session B4 (p)	Room 17
16:45	*Coffee break*	Board Room
17:00	Workshop 2	Room 14
18:15	Plenary Session	Auditorium
	Social Programme	
	Dinner	

	July 27	Room
09:30	Plenary Session Keynote Speaker *Erik de Graaff*	Auditorium
10:15	PAEE'2012 Student Best Project Award	Room 20
11:00	*Coffee break*	Board Room
11:15	SPEED session	Room 20
12:30	*Lunch*	
14:30	Workshop 3	Room 14
15:45	Book presentation	Room 20
15:45	*Coffee break*	Board Room
16:15	Paper Session C1 (e)	Room 14
	Paper Session C2 (p)	Room 15
	Paper Session C3 (p)	Room 16
	Paper Session C4 (s)	Room 17
17.30	Plenary session Closing	Auditorium
	(e) English (p) Portuguese (s) Spanish	

Paper Sessions

Facilitators	#	authors, title
Sandra Fernandes ***Session A1*** July 26 11h00-12h30	16	Diogo Campos, Rui M. Lima and João M. Fernandes. Identification and assessment of behavioral competences in multidisciplinary teams within design projects
	70	Anabela Alves, Diana Mesquita, Francisco Moreira and Sandra Fernandes. Teamwork in Project-Based Learning: engineering students' perceptions of strengths and weaknesses
	5	Maria Fenollera, Jaime Lorenzo, Itziar Goicoechea and Enrique Ares. Collaborative teaching in structural engineering
	35	John Paul H Lima and Carla C Guimaraes. Methodology for designing biomedical engineering problems related to specific abilities and competencies: PUCSP case study
	7	Maria Barros and Maria Margarida Machado Pires. Incoming society challenges dor engineers
Ely Antonio Tadeu Dirani ***Session A2*** July 26 11h00-12h30	83	Maria Otilia Mathias. A Formação Docente para o Ensino das Ciências Naturais e da Biologia a partir de Diferentes Abordagens Educacionais
	10	Elize Keller-Franco and Marcos Masetto. Currículo por projetos: repercussões para a inovação na educação superior e no ensino de engenharia
	9	Eneida Santos, Oriane Magela Neto, Eduardo Mortimer, Dário Moura, Jaime Ramirez and Ricardo Takahashi. Tutoria na Graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG: inovações na prática docente
	12	Cristina Zukowsky-Tavares, Thiago Schulze and Martha Prata-Linhares. FORPEC – Grupo de Pesquisa Formação de Professores e Paradigmas Curriculares : contribuições para a inovação no Ensino Superior
	23	Marisa Cavalcante and Cristiane Tavolaro. Escola Avançada Marcelo Damy; Aprendizagem por Projetos para Alunos e Professores de Ensino Médio
	24	Dora Werneck De Almeida Menezes and Ely Antonio Tadeu Dirani. Uso de mapas conceituais para a gestão de projetos e difusão científica
Ana Lúcia Manrique ***Session A3*** July 26 11h00-12h30	18	Demetrio Baracat, Francisco Witkowski and Rodrigo Cutri. Aproposição de projetos e uso de informática no ensino de cálculo diferencial e integral ii na engenharia
	45	Ricardo Fragelli, Adson Rocha, Fábio Mendes and Vinícius Rispoli. Summaê: Um Método Diferente para o Ensino de Integrais
	74	Geoflávia Alvarenga, Andréa Mendonça and Cristiane Ramos. Incluindo Especificação de Requisitos na Disciplina de Banco de Dados em um Curso de Engenharia de Software
	25	Marcos De Miranda Paranhos and Ana Lucia Manrique. Diferentes abordagens de resolução do problema da menor malha viária de Jacob Steiner
	68	José Neres de Almeida Jr., Marisa Almeida Cavalcante, Carlos Eduardo Monteiro Rodrigues and Liliane Alves Pontes. Construção de um Espectrofotômetro utilizando a placa Arduino
	36	Ricardo Fragelli, Áulus Diniz, Jefferson Rocha and Kalil Mota. Uma Biblioteca de Hipermídia Adaptativa para Apoio ao Ensino

Facilitators	#	authors, title
Natascha van Hattum-Janssen ***Session B1*** July 26 15h45-16h45	80	Natascha van Hattum-Janssen, Sonia Gómez Puente and Luiz Carlos de Campos. A comparative study of teacher perception of design-based learning
	3	Joao Batista Turrioni and Ana Maria Silveira Turrioni. Analysis of the use of project-based learning in an Industrial Engineering course at a public university
	72	Anna Friesel. Project based education as motivation factor in undergraduate program in Electronics at Copenhagen University College of Engineering
	63	Laurete Zanol Sauer, Diego Piazza, Diorge Zambra, Neide Pessin and Rodrigo Panosso Zeilmann. Learning in Engineering and Technology: Challenges and opportunities to operate using the PBL methodology
Rui Sousa **Session B2** July 26 15h45-16h45	40	Bruno Martin de Alcantara Dias, Armando Lagana, Edson Kitani and Felipe Serafim Albaladejo. Teaching platform for electronic injection to control internal combustion engines
	43	Felipe Serafim Albaladejo, Marcos Guedes, Alexsander de Carvalho, Armando Laganá and Fabio Delatore. A New Method for Learning Electronic Management of an Internal Combustion Engine with a Mock up
	41	Cynthia Thamires Da Silva, Bruno Pereira, Bruno Martin de Alcântara Dias, Marcos Guedes, Armando Laganá and Felipe Serafim Albaladejo. Didactic Sets for the Study of Automotive Electronics
Sandra Fernandes **Session B3** July 26 15h45-16h45	17	Galeno José de Sena, Maria Cecília França de Paula Santos Zanardi, Leonardo Mesquita, André Ricardo Soares Amarante, Marco Aurélio Alvarenga Monteiro, Fábio Esteves Da Silva and Luiz Antonio Alvarenga. Motivando Estudantes de Ensino Médio para as Carreiras de Exatas e Engenharias: Programas de Capacitação Docente Utilizando um Modelo de Ensino por Projetos
	55	Sandra Fernandes, M. Assunção Flores and Rui M. Lima. Aprendizagem baseada em Projectos Interdisciplinares no Ensino Superior: Implicações ao nível do Trabalho Docente.
	57	Ana Maria Coulon Grisa, Jose A. Martins, Mauren Pize, Marli Camassola, Joanir Kalnin and Rosmary Nicheli Brandalise. Trabalhando com metodologias de ensino-aprendizagem por Projetos
	73	Amaranta Hayata de Azevedo, Daniel de Araújo Almeida, Bruno Moreira de Oliveira and Marcos Vinícius de Melo Orrico. A experiência de desenvolver competências em engenharia através da participação de uma equipe interdisciplinar para projetar e construir um veículo elétrico
Danilo Pinto ***Session B4*** July 26 15h45-16h45	26	Danilo Pinto, Francisco Gomes, Rui Lima, Diniz Carvalho and Natascha Hattum-Jansen. Aprendizagem Ativa na Disciplina Eficiência Energética: um experimento metodológico
	15	Samara Pereira Da Silva, Hortencia Noronha Dos Santos, Diorge De Souza Lima, Davi Barbosa Costa Da Silva, M.Sc. Wellington Da Silva Fonseca and M.Sc. Vicente Ferrer Pureza Aleixo. A responsabilidade socioambiental estimulada através da metodologia PBL: uma experiência na região Amazônica no Ensino de Engenharia
	59	Alexandre Viecelli, Carla Eliana Todero Ritter, Guilherme Holsbach Costa, Luciana Muller Somavilla and Valquíria Villas-Boas. Casa Sustentável: Proposta de Implementação da estratégia de Project Based Learning na Universidade de Caxias do Sul
	75	Ângela Vieira, Fabiane Almeida, Olegário Borges Junior, Ricardo Moura and Valteir Romao Da Silva. PBL Projeto PBL aplicado no curso de pós-graduação Gestão de Resíduos e Efluentes

Facilitators	#	authors, title
Maria Bernadete Junkes ***Session C1*** July 27 16h15-17h30	22	Mira Trebar. The Necessity of Tutors in Engineering Education
	13	Fernanda Silva, Fernando Sabbatini and Mércia Barros. Project Based Learning in Civil Engineering education: an experience at the University of São Paulo
	37	Maria Bernadete Junkes, Anabela Pereira Tereso and Paulo Afonso. Current Practice and Teaching of Engineering Economics in Brazilian universities
	54	Adriana Fischer and Natascha van Hattum-Janssen. Hidden features of academic literacy practices: the case of the report genre at a First Year Project Experience
Daniela Gorrossini ***Session C2*** July 27 16h15-17h30	56	Carlos Sacchelli, Viviane Grubisic and Cristiano Vasconcelos. Ensino por Projetos Utilizando Metodologia de Desenvolvimento de Produtos no Curso de Engenharia da Mobilidade
	61	Daniel Toss, Isolda G. de Lima, Juliano R. Gimenez, Maria Alice R. Pacheco and Odilon Giovannini. Proposição de uma base lunar habitável no contexto do PBL
	58	Alexandre L. Gasparin, Francisco Catelli, Givanildo Garlet, Ivete A. S. Booth and Luciani T. Piemolini-Barreto. Veículo Aéreo Não Tripulado: Proposta de Inovação na Educação em Engenharia por meio da Aprendizagem Baseada em Projetos
	77	Daniela Garrossini, Ana Maranhão, Rogerio Camara, Luis Fernando Molinaro and Dianne Viana. O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação para o desenvolvimento de trabalho em equipe à distância a partir de ambientes colaborativos desenvolvidos para dispositivos móveis
	76	Dianne Magalhães Viana, Ana Carolina Kalume Maranhão, Amaranta Hayata de Azevedo, Rafael Amaral Shayani, Daniela Fávaro Garrossini and Humberto Abdalla Junior. Vivenciando a aprendizagem colaborativa em ambiente de desenvolvimento projeto: expectativas e dificuldades na construção de um veículo elétrico na Universidade de Brasília
Valquiria Villas-Boas **Session C3** July 27 16h15-17h30	19	Barbara Campos, Neide Noffs and Luiz Campos. Um estudo sobre a percepção dos docentes do curso de Engenharia Biomédica da PUC-SP em relação à metodologia PBL (Problem Based Learning)
	42	Marisa Franzoni, Galesandro Henrique Capovilla, Vicente Becerra Sablon and Zaida Jova Aguila. Uma Experiência Interdisciplinar na Formação do Engenheiro
	38	Christian Joezer Meirinho, Adriano Oliveira Pires, Jonathan Lopes Florêncio, Gustavo Carlos Knabben, Leandro Santos Monteiro, Kledson Alves, Roger Luis Brito Zamparette, Ronny Knoch Gieseler and André Bittencourt Leal. Novas Experiências na Expansão do Programa de Educação Tutorial para Discentes de Engenharia
	78	Filipe Henrique S. Santos, Marcelo A. Vilhena, Marco Kling, Simone Borges Simão Monteiro, João Carlos Felix Souza, Edgard Costa Oliveira and Márcia Longen Zindel. Estruturação de um Modelo de Avaliação do Processo dos Projetos de Sistemas de Produção (PSPs) no curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília
Sonia Gómez Puente ***Session C4*** July 27 16h15-17h30	8	María Felipa Cañas Cano. ¿Enseñar o ayudar a aprender?
	33	Yesid Vélez-Salazar, Leidy Rendón-Castrillón, Margarita Ramírez-Carmona, Carlos Ocampo-López and Fabio Castrillón-Hernández. Desarrollo de productos por síntesis orgánica a través de una ruta integradora de asignaturas del pregrado
	11	Gilberto Mireles, Adriana Ancona and Miriam Chan. Organización y control de inventarios e implementación de un sistema para la gestión de los ítems del Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ingeniería Química
	64	Luis Elio Caporossi. El proyecto como articulador del campo teórico-práctico en la enseñanza de la ingeniería
	62	Kelly Johana Gómez Jiménez and Adolfo León Arenas Landínez. Propuesta para asumir los lineamientos institucionales y los retos que debe afrontar la Educación en Pregrado

Invited Speakers

PAEE'2012 attracted renowned keynote speakers, who are experts at Engineering Education in general and Project Approaches in particular. We are honoured to have the following inspiring keynote speakers: **Lueny Morell** (Hewlett Packard Laboratories California) and **Erik de Graaff** (Aalborg University). Their ideas will most certainly inspire all of us in our teaching practice and research on teaching and learning through projects.

Lueny Morell – Hewlett Packard Laboratories, California

Short bio

Lueny Morell, MS, PE, is member of the Strategy Team of Hewlett Packard Laboratories in Palo Alto, California. She focuses on catalyzing research/co-innovation with government, partners and universities. From 2002-2008, she was in charge of developing engineering/science curriculum innovation initiatives worldwide in support of HPL research and technology areas and former director of HPL University Relations for Latin America and the Caribbean in charge of building research and education collaborations with universities throughout the region. Before joining HP, Lueny was full professor of Chemical Engineering at the University of Puerto Rico – Mayagüez Campus where she held various positions including associate dean of engineering and director Campus R&D. Recipient of the 2006 US National Academy of Engineering Bernard M. Gordon award for innovations in the engineering curriculum and the 2010 Latin America and the Caribbean Consortium of Engineering Institutions Academic Award, her work in curriculum, research, accreditation and economic development activities has been published in more than 85 papers, book chapters and journals. She is a licensed engineer, an IEEE Senior Member, an ASEE Fellow, an ABET reviewer and member of various national and international boards including the US National Academies Board on International Scientific Organizations, the US National Science Foundation International Science and Engineering Advisory Committee, Past President of the International Federation of Engineering Education Societies, and an engineering expert of the OECD AHELO engineering outcomes assessment project. She is Co-Director of the International Institute for Developing Engineering Academics (IIDEA). And together with colleagues, Lueny has offered more than 90 engineering education, curriculum/learning environments innovation workshops around the world.

Erik de Graaff – Aalborg University, Denmark

Short bio

Erik de Graaff (1951) graduated at the University of Amsterdam in 1978, majoring in the psychology of work and organization. Starting with his first job at the Research Institute of applied Psychology in Amsterdam his interests focused on learning and teaching in higher education. From 1979 till 1990 he has been involved in the development of the Problem Based curricula of medicine and health sciences at the University of Limburg in Maastricht. In 1990 Dr. de Graaff was invited to join TU Delft in order to support the process of educational innovation at the Faculty of Architecture. In 1994 he was appointed associate professor in the field of educational innovation at the department of didactics in the Faculty of Humanities and Philosophy, a position that has shifted to the faculty of Technology Policy and Management. Dr. de Graaff has been a visiting research professor at the University of Newcastle, Australia in 1995 and a guest professor at Aalborg University in Denmark since 1999. The collaboration with Aalborg University resulted in an appointment as full professor at the department of Development and Planning in 2011. Dr. de Graaff has contributed to the promotion of knowledge and understanding of higher engineering education with numerous publications and through participation in professional organizations like SEFI and IGIP. He has facilitated workshops all over the world and he has presented more than 50 keynotes and invited lectures. In 2006 Dr. de Graaff was appointed as associate editor of the European Journal of Engineering Education. Since January 2008 he is Editor-in-Chief of the EJEE.

Workshops

An important feature of the PAEE Symposium is the extensive workshop programme. Projects approaches to learning are usually aimed at the increase of student involvement in learning, therefore, a symposium on project approaches like PAEE'2012 count on active involvement of its participants. Three different workshops are scheduled, meant to enable the enhancement of project practice and the reflection on practice. You do not need to register in advance for the workshops. This will happen during the symposium.

Workshop 1 - Problem Based Learning & Education for Sustainable Development: Common understandings for engineering education

Aida Guerra, Aalborg University Denmark

The *Global Engineer* report (Bourn & Neal 2008) defines engineering as "*a global industry undergoing a period of unprecedented change*", where its future is framed by forces such as the impact of globalization, rapid technology advances, climate change and inequality.

This calls for engineers to develop new processes competencies (e.g. communication, teamwork, lifelong learning, project management, entrepreneurship, ethics, etc.), and to integrate a global consciousness for sustainable development with more innovative technological advances.

Problem Based Learning (PBL) is an active learning approach capable of developing such process competencies to address the challenges posed to engineering education. Project-organized Based Learning (PjBL) is a PBL model commonly used in engineering education where students solve real and open problems through a project.

This workshop aims to present: i) the synergies between Project-oriented Based Learning (PjBL) and Education for Sustainable Development (ESD); ii) the alignment between engineering and ESD principles. Through *hands-on* activities and case-examples the participants will have the opportunity to discuss and reflect on how PjBL helps to integrate sustainable development in engineering education.

Workshop 2 - Design-based learning to enhance engineering solutions

Sonia M. Gómez Puente, Eindhoven University of Technology –TU/e- the Netherlands

Design-based learning (DBL) is an instructional approach which embarks students in design activities and processes to investigate the context of the problem, select the criteria, explore multiple solution methods and make decisions towards generating innovative products. Engineering design educational tasks and projects are undertaken in open-ended authentic settings simulating real-life practices in which the teacher provides feedback and scaffolds the reasoning process in collaborative and multidisciplinary teams. During this workshop participants will analyse their current educational practices within the context of design-based learning characteristics. Participants will also apply basic DBL principles to redesign their own projects.

Workshop 3 – Designing and carrying out a PBL experience

Rui M. Lima, Anabela Alves and Rui Sousa, University of Minho, Portugal

Project-based learning is an active learning that involves students in their own learning, giving them an active, participative and interactive role. They (the students) cannot continue to have passive roles in the class room, they must play the learning game with teachers helping and coaching them. This is the role of the teacher that assumes an even more important role, the coacher and facilitator role. This workshop objective is to indicate some principles, tools and guidelines for teachers that want to promote PBL on their classes.

Communications

Paper Session A1

Identification and assessment of behavioural competences in multidisciplinary teams within design projects

Diogo Campos*, Rui M. Lima*, João M. Fernandes+

* Department of Production and Systems, School of Engineering, University of Minho, Campus of Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal
+ Dep Informatics / Centro Algoritmi, University of Minho, Campus of Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal

Email: diogomsc@gmail.com, rml@dps.uminho.pt, jmf@di.uminho.pt

Abstract

In the technological area, there is a tendency of higher complexity of products. It is essential to the industry to have professionals capable of creating innovative concepts and ideas. The demand for employees with different disciplinary and cultural backgrounds able to collaborate efficiently in multidisciplinary and multicultural contexts is increasingly higher. Universities and companies aware of this have created programmes to prepare students for this demanding setting. The Danish audio designer and manufacturer Bang & Olufsen created the Conceptual Design and Development of Innovative Products programme where students from seven European universities work in an industrial setting for three weeks on the company's headquarters in Struer, Denmark. The programme is characterized by an intensive schedule, team-oriented activities, problem-based learning with a multidisciplinary and multicultural approach. It aims to provide students with a better understanding across different technical backgrounds while, at the same time, develop new products and concepts for the company. Currently, the programme does not provide means to evaluate the students' competences growth and evolution and, with this specific purpose a methodology was created and applied in the 2011 edition of the programme. This paper seeks to present the results and conclusions obtained with the evaluation process.

Keywords: competence; multicultural; multidisciplinary; new product development.

1 Introduction

In a globalised world, companies have a great need to improve their products and services to answer the market needs fully and successfully. Creative approaches to problems, out-of-the-box thinking and innovative ideas to satisfy clients are an ever increasing need. Within this global context there is, more than ever, a need for people who are not only hard/technically competent but also equipped with competences and skills that allow them to work with others outside of their technical fields. In the engineering field, research suggests that there is a 'competency gap' between what the industry requires and the outcome of the students' learning regarding the ability to work within multicultural and environments and other non-technical competences (Nair, Patil, & Mertova, 2009).

Most education institutions focus their courses structure in fragmented disciplines and, as a consequence, students lack multidisciplinary competences indispensable in faster and more demanding multicultural and multidisciplinary contexts. Engineering graduates lack collaboration competences to work with professionals from different backgrounds because they don't have an understanding of significant design constraints of other disciplines besides their own (Larsen, et al., 2009).

This kind of education is obtained not by theoretical learning but by hands-on experimentation with projects and problems to be solved. This kind of learning is called Project-Based Learning or Problem-Based Learning (PBL) which is characterized by a small scale project/problem to be dealt with in a matter of a week of a few weeks in which a report and a prototype are to be delivered at the end of it (Powell, 2004). This approach to education focused on hands-on learning is very important in a global context in great need of engineers who can successfully "synthesize solutions and not simply (...) analyse problems. It needs the engineers' ability to take a systems view at a range of scales, from devices and products through to the large-scale delivery of infrastructure services" (UNESCO, 2010).

Awareness to the problematic of the growing need for professionals able to work in multidisciplinary and multicultural environments has risen in the last decade. The Australian study 'Engineering graduates' perception of how they were prepared for work in industry' (Martin, Maytham, Case, & Fraser, 2005), the Portuguese report on competences used by computer engineers from Instituto Superior Técnico (Martins, Carvalho, Fernandes, Spínola, Próspero, & Carrilho, 2006) or the Portuguese study on soft skills of higher education graduates through the graduates and employers perspective (Cabral-Cardoso, Estevão, & Silva, 2006) confirm and state that students percept they have not developed their non-technical competences during their formal education with employers, in general, corroborating this notion (Cabral-Cardoso, Estevão,

& Silva, 2006). As a result, many international companies have already taken measures to improve their employees' competences and skills through programmes and activities either inside the companies or through collaborations with other institutions and/or companies.

The Danish company Bang & Olufsen (B&O) is a brand that strives to have products with cutting edge design and technology and where creativity and innovation competences are highly demanded within the company. The company is constantly looking for new ideas and concepts created within the company and from outside parties. This need lead the company to invest in activities in local Danish schools, where they raise awareness to the field of engineering, and universities, where they conduct internship programmes and an international summer school in collaboration with several European university-level institutions, the Conceptual Design and Development of Innovative Products (CDDIP) programme. The CDDIP programme is an example of multidisciplinary projects that are increasingly being developed and deployed by numerous institutions. These projects can be of academic nature, industrial nature or even a combination of these two, which is the case for B&O Summer School.

The CDDIP programme has a multicultural and multidisciplinary nature and aims to give an opportunity to students to develop competences while developing new ideas and concepts for products. Within this PBL context, a referential for competences applied and developed is needed. Since the students use project management competences and the presence of project managers has a great impact on the outcome of product development projects (Muller & Turner, 2007), the referential used will be that of project management.

The product development aim of the programme corresponds to a project-based learning environment that forcibly develops the needed competences for these frameworks. However, the CDDIP is not currently assessing the acquisition of these competences by any means which means that there is not any information of the degree of development and attainment of these competences by the students. It is the purpose of this study to analyze and evaluate the process from the point of view of the students competences' development in the context of the CDDIP programme and to evaluate their perception on the impact the programme had on their non-technical competences.

2 Competence

The demand of today's societies on the individuals is such that they need a wide range of competences. To correctly identify these competences, it is required to find first a correct definition for competence or competency. There is a slight difference between these two words. 'Competence' usually refers to functional areas whereas 'competency' refers normally to behavioural areas (Hoffman, 1999) but used infrequently as shown by several authors cited by Deist & Winterton on their paper (2005). Due to this infrequent usage, and in the sake of a coherent form of presenting the concept, from now on 'competence' will be the term used.

The concept of competence has several meanings and purposes over the time, reflecting different points of view according to the area it was applied. According to Hoffman (1999), who approached the subject through an industrial point of view, competence had several meanings for psychologists, management theorists, human resource managers, educationists and politicians. Nevertheless, Hoffman describes two models that encompass these different views. Competence is either an observable set of performances previously defined and described in written standards or a descriptive model where competence is defined by the "underlying attributes of a person" which, in turn, can be defined as the "standard or quality of the outcome of the person's performance" (Hoffman, 1999). This dichotomy was due to the approaches other authors had when studying the subject, some using an American approach and others a British approach, all in an industrial context.

In the education field, in an international context, the main organization dedicated to the assessment of competences is the Organization for Economic Co-operation and Development's (OECD) Programme for International Student Assessment (PISA). This programme aims to assess the acquirement of knowledge and competences of students near the end of their compulsory education (OECD). Competences, they describe, that are essential for full participation in society both in the domain of an individual's formal and life educations necessary for being a functional member of the society (OECD, 2005).

For this purpose, PISA created the Definition and Selection of Key Competencies (DeSeCo) Project which describes competence has involving the ability to draw and mobilise psychosocial resources (behavioural and technical abilities included) in particular contexts. It resembles Hoffman's definitions where the observable performances defined the competences the individual had.

In 2005, Deist & Winterton go further than Hoofman went in 1999. They analyze several sources of competences literature from human resources literature to management strategy literature from the 90's. They do not attempt to create a definition of competence but reach the same conclusions as Hoffman where he says various definitions are to be found on several literatures depending always on the context and country analysed.

They confirm Hoffman's ideas of observable, defined set of competences and also confirm the three dimensional model that PISA describes: the cognitive (PISA's act autonomously category), functional (PISA's interactive use of tools category) and social (PISA's interact in heterogeneous groups category) competences. They even go a little further by suggesting a holistic model by adding a 'meta-competence' that facilitates the acquisition of the remaining three competences increasing them to four.

All these authors reinstate the concept that competences can be determined, identified and somehow measured but these authors did not define any set of competences. However there is much literature that provides lists of competences always depending on the context of the subject such as the study by Cabral-Cardoso et al. (2006) and project management literature. Since, in the context of the programme, the project management framework is the one used for the evaluation, the International Project Management Association (IPMA) Competence Baseline (ICB) and the Project Manager Competency Development (PMCD) Framework stand out as being critical sources of information. Both are international standards that define and evaluate "competence required for a project management certificate" (IPMA, 2006) and ensure a "rigorous methodology for the development, assessment and recognition of competence in individual project managers" (Project Management Institute, 2002).

Despite the different contexts in which the ICB and the PMCD and PISA are used, is possible to find a common framework for the definition of competence. The ICB describes a competence as "a collection of knowledge, personal attitudes, skills and relevant experience needed to be successful in a certain function" (IPMA, 2006), a similar definition to the PISA's and PMCD's ones in the fact is that both state that competence is the drawing of resources to face a certain situation.

As it is possible to ascertain, there is not a definitive, exact and consensual definition for the concept of competence and respective ranges of competences. With that in mind, in the present work, the context is the major influence on how competence can be defined. Since the work was made on a multicultural context, with students from six European countries (Czech Republic, Denmark, The Netherlands, Poland, Portugal and United Kingdom) and having a multicultural aspect that stimulates multidisciplinary work team with every group having members from different technical backgrounds, a new definition of competency has to be made to take into account these factors.

In this context and taking into consideration all of these constraints, competence can be defined as: the ability to draw and mobilise a collection of personal resources (attitudes, skills, experience and knowledge of various kind) and apply them to meet certain contexts and demands necessary in one's personal and professional life.

3 Study context

The 'Conceptual Design and Development of Innovative Products' (CDDIP) programme is the main activity of this kind that B&O undertakes joining students from various areas and several European countries. The CDDIP programme is held since 2008 in an effort to develop professionals with skills to work in multicultural and multidisciplinary contexts through a three week programme. The collaboration was made between seven European institutions, the local high school, Struer Gymnstation, and B&O. The company provides space within its headquarters, materials and guidance from several employees, and the educational institutions provide teachers and a group of students each. On Table 1, the number of students and respective field of expertise are presented.

Each European university was responsible to select five students from their respective student's body within certain criteria. These were the student's English language skills, technical skills, motivation to participate in a multidisciplinary project and the subject of their degree. Most of them were on their last year of studies or had one year left to finish from a broad area of expertise in a combination of B.Sc. and M.Sc. students. Besides these various expertises, there were also five students from the final year of the local secondary school, Struer's Statsgymnasium, with ages between seventeen and eighteen.

Table 1 - Data on the 2011's edition students

Country	University	Students' Course	Number of students	Nationality
Portugal	University of Minho	Production Engineering Computer Science Electronics Engineering	2 2 1	Portuguese (5)
Czech Republic	VSB – Technical University of Ostrava	Electronics Engineering Computer Science	3 2	Czech (5)
Denmark	Engineering College of Aarhus - IHA	Electronics Engineering Computer Science Mechanical Engineering	1 2 2	Danish (4) Spanish (1)
The Netherlands	Hanze University Groningen	Human Technology	5	Dutch (5)
Czech Republic	Tomás Bata University	Product and Industrial Design	5	Czech (5)
Poland	Cracow University of Technology	Mechanical Engineering Production Engineering	3 2	Polish (5)
United Kingdom	Newcastle University	Computer science	5	British (4) Romanian (1)
Denmark	Struer Statsgymnasium	Science class	5	Danish (5)
Age average	22.59 years old (total) 23.43 years old (without high school students)			
Gender	10 female 31 male			

Throughout the duration of this programme, teams of students from different origins and technical backgrounds face a challenge, to develop new products for the company inside a framework that mixes academic and industrial contexts. This allows the students to develop their competences and grow their awareness to the need of competences in innovation, creativity and, above all, expertise working in multicultural and multidisciplinary environments (Hansen, 2012).

4 Methodology

According to Martin et al., (2005) inquiries aren't the best method to evaluate the students' own perception on their competences. This conclusion came out of Martin et al.'s study due to their approach to the subject. Instead of using the usual method of data treatment of questionnaires, Martin et al. used semi-structured interviews that gave them the opportunity to look into and explore the answers the volunteers gave, an opportunity that inquiries don't give.

In the context of the programme, since it's not feasible to interview all 41 students, a compromise had to be made and a combination of both methods, inquiries and interviews, was made. The questionnaires were the main tool to evaluate the students' development and their own perception of development. They were made on the first and last day of the programme during which semi-structured interviews were made to some students selected through their results from the first questionnaire.

Regarding the competences subject of evaluation, and since the competences' framework to be used is the project manager one, the ICB model of competences was the one used for this purpose. This choice was made taking into account the more detailed nature of the competences identification in compared to the PMCD Framework.

The ICB has 3 ranges of competences (behavioural competences, technical competences and contextual competences), each with several competences of their own in a total of 46. The choice of range of competences for this study was made according to the project's aim in which was to evaluate the development of non-technical competences necessary for working in multicultural and multidisciplinary environments which falls under the behavioural competences: leadership; engagement & motivation; self-control; assertiveness; relaxation; openness; creativity; results orientation; efficiency; consultation; negotiation; conflict & crisis; reliability; values appreciation; ethics.

It was considered that all these 15 competences couldn't be used due to several constrains. For each competence, there are 3 questions to be made which leads to each questionnaire having dozens of questions. Since the programme is of intensive nature, this limit the time students have for this study. People assign different meanings to the same competence if they are given just its name. In an effort to avoid misunderstandings, the questions made to the students use the competences' definition and not their names but some of these definitions are very similar between themselves. The competence ethics was discarded due

to being a complex subject to study on its own. Several of the others were combined regarding affinity of meaning. For the sake of a clear results presentation and analysis, the competences names are used to identify them on this study.

The final list of competences presented to the students on the questionnaires was the following:

- *Leadership*: -to provide direction and motivate others in their roles/tasks;
- *Engagement & motivation and Results orientation*: -make others believe in the project, follow and focus on key objectives;
- *Self-control*: -to deal with pressure and stress within the team;
- *Assertiveness*: -to ability to communicate points of view clearly, efficiently and persuasively;
- *Relaxation*: -to take adequate actions whenever tension arise in the team;
- *Creativity*: -to generate/manage innovative ideas and different ways of thinking and acting;
- *Efficiency and Reliability*: -to deliver results as they were agreed with minimum use of time and other resources;
- *Openness, Consultation and Values appreciation*: -to listen, respect, understand and make others comfortable enough for them to express their ideas, points of view and opinions;
- *Negotiation and Conflict & crisis*: -to deal with conflicts, to settle disagreements and to mediate different interests within the team.

For each competence, 3 questions were made. The students were asked to evaluate their own competences, the importance in having these competences, i.e. the importance students' give in having these competences, and also the importance they think employers give to these competences. This allows for a better comparison between what they think are the employers expectations and the importance they give comparing to how they evaluate themselves.

The Likert scale was used in the questionnaires with a range between 1 and 6 where, on the questions about the importance given to competences 1 was Extremely Unimportant and 6 Extremely important and on the self-evaluation questions, 1 was Very poor and 6 Very good.

The choice for an even number of choices was made to avoid a neutral choice that many students could choose from and, therefore, not reaching satisfactory conclusions.

Of all 41 students who took part on the programme, 36 answered the first questionnaire on the first day of the programme and only 25 answered the final questionnaire over a period of several weeks after the programme's end.

5 Findings and Discussion

The result analysis was made by comparing the questionnaires results from the first and last days of the programme, drawing conclusions from these results and confirming their interpretation with the interviews made to some of the students.

During the data analysis, there was a problem with the data collection that stood out. In the following charts where the data collected is presented, the *Efficiency and Reliability* competence is lacking the results from the final questionnaire The questions for this competence weren't present at the final questionnaire which derailed the data collection. This lack of data will be dealt with in a later stage.

In Figure 1 the students' self-evaluation is presented. Generally, the self-evaluation showed that students' evaluated themselves relatively low by comparison with the questions regarding the importance for them in having these competences and the importance they think employers give to these competences.

All competences decreased in the final questionnaire with the exception of *Creativity* which maintained its score through both questionnaires. These results could be explained by the programmes' intensive and demanding nature which the students never experienced before. This environment brought out their difficulties and made them realize they need to improve in all competences in general.

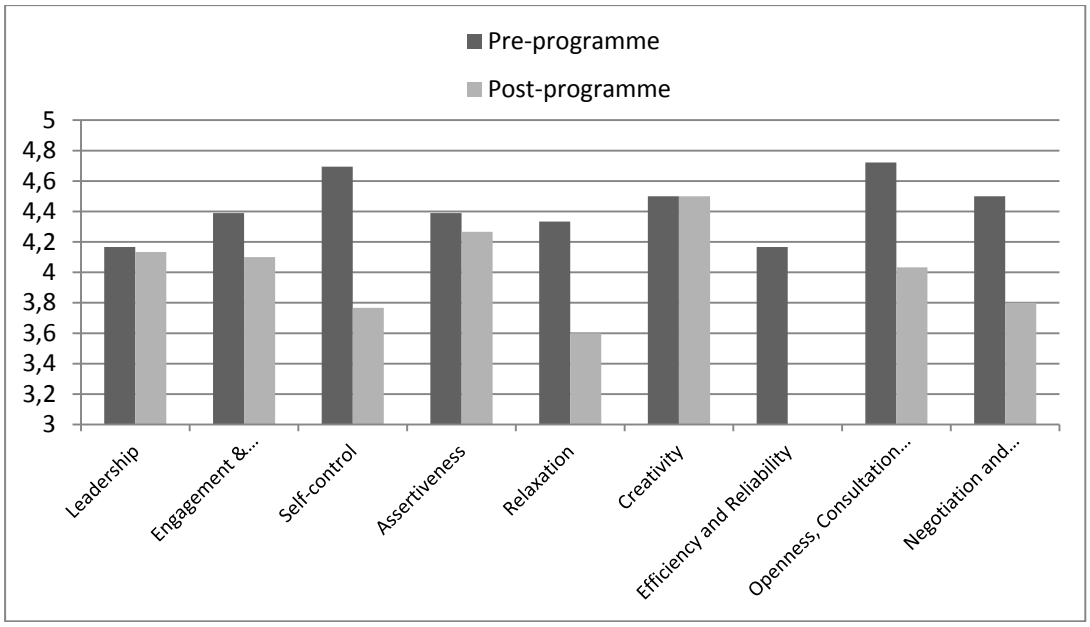


Figure 1 - Students' self-evaluation

This trend doesn't apply to *Creativity* which the students rated with the same score pre and post-programme. It may be the only competence where they haven't changed their opinion and, hence, their first perception is the correct one corroborated by the final questionnaire's results.

These results clash with the ones presented in Figure 2 presented below.

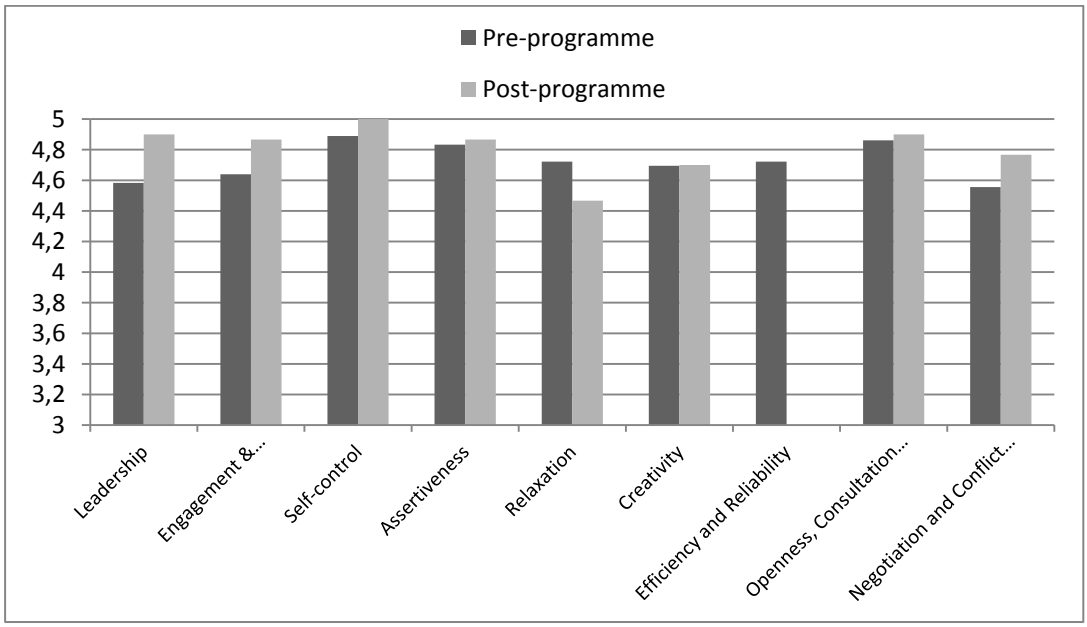


Figure 2 - Students' perception about the importance for students in having these competences

The questions made on their perception about the importance for students in having these competences shows that they think rate themselves low comparing to what they think students should have. This means that, despite their positive perception on their own competences and that having these competences is important, they think they don't have these competences as developed as they should.

This conclusion is further enforced after analysing the results of the final questionnaire which shows a rise in the importance students give to these competences. *Relaxation* is the only competence that decreased but still maintains a higher score than the results from the self-evaluation which reinforces this finding.

Nevertheless, *Creativity* continues to not have chances between the first and last questionnaire which, once again, means that their self-evaluation may be a correct one.

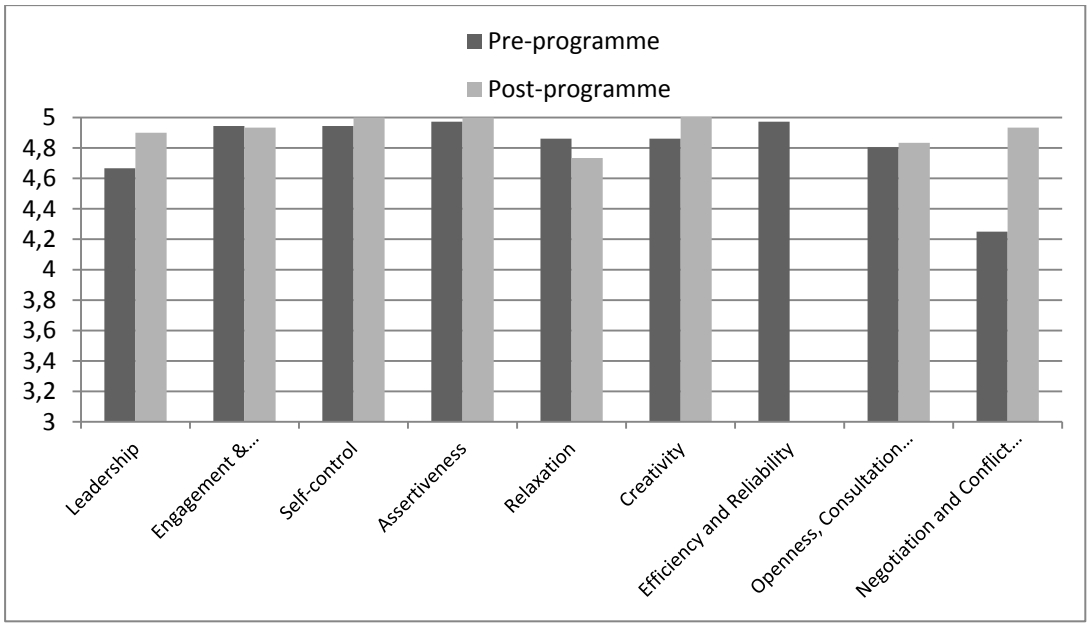


Figure 3 - Students' perception about the importance employers give to competences

In Figure 3, the results are presented for the questions on how the students rate the importance they think employers give to these competences. In general, the results are the highest of the 3 different questions made about the competences with the *Negotiation and Conflict & Crisis* competence being the only case where the importance given is actually lower than their self-evaluation. This means that, on their first questionnaire, the students thought they had this particular competence more developed than what they thought was the employers demand. This was not the case on the final questionnaire where they inverted their answers stating that they were worse prepared than they first thought.

In general, the high results from this question show one trend which is that, despite the importance they give for students in having these competences and despite their positive self-evaluation, they think they are not ready to meet the employers expectations. This conclusion is acknowledged by one of the students, interviewee no. 6, who says that this high score students gave can be explained by the high expectations that they think employers have when hiring.

These findings also contradict interviewee no.1 who has a point of view opposed from the others and, despite valorising the acquisition of competences, thinks that employers don't give much importance to them.

In general, all competences maintain their slight rise trend with *Leadership* and *Negotiation and Conflict & Crisis* having the highest rise on the final questionnaire with the exception of the *Relaxation* competence. These changes show that, for the students, employers give more importance to competences related to dealing with others than their employees inner attitudes such as the ones revealed by the *Relaxation* and *Openness, Consultation and Values appreciation* competences.

Comparing these high results with the other questions made, it is obvious the students rated themselves lower than what they think employers expect from them. This may have several explanations which regard the need for different instruments of competence assessment or even a need for future chance on the programme.

6 Conclusion

The conclusions drawn from the results presented on the figures show several obstacles the programme has to face in the future. The results demonstrate that students rate themselves lower than what they think others may expect from them. This may mean that: the programme may be failing to develop the needed competences for its particular context; the students may think they aren't developing the needed competences and/or the students may be creating a better and more accurate perception of their competences development and realising the difficulties they have. If it's the case of the former, the programme may actually be doing what proposes which is the development of the students competences. By dealing with the programme's high demands, the students grow aware of the high expectations they face and realise what they need to improve in the future.

The study presented is of a subjective nature. It shows the students' self-perception, with little to no intervention from another party to assess and confirm their perceptions and, because of that, it reinforces the idea that is necessary another point-of-view besides the one of the students. Future work is needed to clarify this matter in the form of evaluation instruments to assess the development of competences within contexts similar to this one.

References

Cabral-Cardoso, C., Estevão, C. V., & Silva, P. (2006). *Competências Transversais dos Diplomados do Ensino Superior: Perspectiva dos Empregadores e Diplomados.* Guimarães, Portugal: TecMinho.

Deist, F. D., & Winterton, J. (2005, March). What is Competence? *Human Resource Development International , Vol. 8, No. 1*, pp. 27-46.

Hansen, M. S. (2012, January 3). *Conceptual design and development of innovative products*. Retrieved Janeiro 17, 2012, from Aarhus University School of Engineering: http://www.iha.dk/Default.aspx?ID=9303

Hoffman, T. (1999, March). The meanings of competency. *Journal of European Industrial Training , Vol. 23, No. 6*, pp. 275-285.

IPMA. (2006). *ICB - IPMA Competence Baseline, Version 3.0.* Netherlands: International Project Management Association.

Larsen, P. G., Fernandes, J. M., Habel, J., Lehrskov, H., Vos, R. J., Wallington, O., et al. (2009, December). A multidisciplinary engineering summer school in an industrial setting. *European Journal of Engineering Education , Vol. 34, No. 6*, pp. 511-526.

Martin, R., Maytham, B., Case, J., & Fraser, D. (2005, May). Engineering graduates' perceptions of how well they were prepared for work in industry. *European Journal of Engineering Education , Vol. 30, No. 2*, pp. 167-180.

Martins, A., Carvalho, H., Fernandes, J., Spínola, M., Próspero, N., & Carrilho, P. (2006). *Estudos das competências e funções desempenhadas pelos Engenheiros Informáticos do IST no mercado de trabalho.* Instituto Superior Técnico.

Muller, R., & Turner, R. (2007, August). The Influence of Project Managers on Project Success Criteria and Project Success by Type of Project. *European Management Journal , Vol.25, No. 4*, pp. 298-309.

Nair, C. S., Patil, A., & Mertova, P. (2009, May). Re-engineering graduate skills - a case study. *European Journal of Engineering Education , Vol. 34, No. 2*, pp. 131-139.

OECD. (2005, May 27). *The Definition and Selection of Key Competencies - Executive Summary.* Retrieved May 11, 2011, from Definition and Selection of Competencies (DeSeCo): http://www.oecd.org/dataoecd/47/61/35070367.pdf

OECD. (n.d.). *What PISA Assesses*. Retrieved August 19, 2011, from OECD Programme for International Student Assessment (PISA): http://www.pisa.oecd.org/pages/0,3417,en_32252351_32235918_1_1_1_1_1,00.html

Powell, P. C. (2004, June). Assessment of team-based projects in project-led education. *European Journal of Engineering Education , Vol. 29, No. 2*, pp. 221-230.

Project Management Institute. (2002). *Project Manager Competency Development (PMCD) Framework.* Pennsylvania, USA: Project Management Institute, Inc.

UNESCO. (2010). *Engineering: Issues, Challenges and Opportunities for Development.* United Nations Educational, Scientifi c and Cultural Organization . UNESCO Publishing.

Teamwork in Project-Based Learning: engineering students' perceptions of strengths and weaknesses

Anabela C. Alves*, Diana Mesquita+, Francisco Moreira* and Sandra Fernandes#

*Department of Production and Systems, School of Engineering, University of Minho Campus of Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal
+ Institute of Education, University of Minho, Campus of Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal
#Faculty of Psychology and Education Sciences, University of Coimbra, 3001-802 Coimbra, Portugal

Email: anabela@dps.uminho.pt; diana@dps.uminho.pt; fmoreira@dps.uminho.pt; sandra@fpce.uc.pt

Abstract

This paper explores the importance of the topic of working in teams within Project-Based Learning (PBL) methodology. In the context of the Project-Based Learning methodology at the first year of the Master degree in Industrial Engineering and Management (IEM11_PBL) at the University of Minho-Portugal, a study was conducted to analyze the students' perceptions on teamwork strengths and weaknesses. To attain this goal, a survey was applied to students and small group discussions were carried out to complement the data collection. The survey and the discussion were conducted during a workshop at the end of the semester in the academic year of 2011/2012, and gathered most IEM11_PBL students and teachers. The paper describes some particular details of IEM11_PBL implementation and addresses some specific aspects of the preparation of students for teamwork. Results from the study reveal that most students are keen on PBL learning methodology and as well as on team working. These were substantiated by the recognition that PBL allows the development of key issues for their professional future that were not fully exploited under a different learning methodology. Some examples of strengths of teamwork reported include a higher motivation to learn, students are active within teams and enjoy sharing tasks, teams allow the development of transversal competences, initial challenges faced by students become opportunities for learning and acquiring competences, e.g. on conflict management and having a positive attitude towards problems. Some weaknesses of teamwork within PBL include the formality of meetings and roles within the team and the excessive time and effort required for doing all the teamwork to create the project. Students also perceive that the final grades are not in consonance with the effort done within the project.

Keywords: Teamwork, Project-Based learning, Engineering Education, students perceptions.

1 Introduction

The demands of Bologna Process (European Ministers of Education, 1999; Eurydice, 2010) take into account curricula and pedagogical changes and Higher Education Institutions. The University of Minho, located in the North of Portugal, started to promote workshops and training sessions on Active Learning in the earliest 2000s (with the external support from Peter Powell and Richard Felder) in order to prepare teachers for this new educational paradigm. In this context, Project Based Learning (PBL) was introduced in the academic year of 2004/2005 in the Integrated Master degree in Industrial Engineering and Management (IEM). In this methodology students have to work in teams to develop a project which relates to their professional field. During an entire semester it is expected that students become actively engaged in the learning process. According to the literature, this approach enables decreased drop-out rates, improvements on students' motivation for learning, supports the development of technical and transversal competencies, enables the linking of theory to practice, amongst others factors (Kolmos & Graff, 2007; Bébard et al., 2007; Frenay et al., 2007; Oliveira, 2007; Lima et al., 2007).

When applying PBL teachers and students have to face new challenges and new roles in the learning process. The student roles include autonomy and responsibility on what they learn, how they learn and with whom. The student is in the focal point of the learning process and the teacher becomes a facilitator of that process. Teachers have to be prepared to provide contents, knowledge, tools and give support to students, so that teams are empowered to make their own project decisions. This implies a closer relationship among teachers and students. Within PBL, students have to do much more cognitive and behavioral activities than they normally do in traditional learning. They must be able to lead, decide, manage, plan, adapt and anticipate, since these actions are needed to solve projects. PBL enhances learning environments by giving students the opportunity to reveal creativity, initiative, develop innovative solutions, link theory to actual practice and develop technical and transversal competencies.

PBL provides a set of activities related to management and planning processes that only seems possible in teams (Cinar & Bilgin, 2011). Students have to organize themselves in a team, manage a project, make decisions and find solutions. The activities related to that require an intense and extended interaction between team members throughout the project. According to Powell & Weenk (2003:32), "teamwork takes

probably about 40 to 50% of learning activity". Thus, teamwork emphasizes a continuous interaction between group members concerning the project activities, purposes, knowledge and goals. However, students working together could be a critical issue because it demands much more effort than working individually and, sometimes, they have to work with who they don't want. Problems happen during teamwork processes and aren't easy to solve as conflicts, motivation, communication problems, and so on. And these problems can compromise the quality of the activities that students are working on and at same time their own learning. In this context, students develop not only technical competencies but also transversal competencies which are quite relevant for their professional practice in engineering, such as communication, problem solving, working with information, leadership, amongst others (Pesches & Reindel, 1998; Moesby, 2005; Becker, 2006; Nair, Patil & Mertova, 2009).

Industrial Engineering and Management PBL projects were introduced on the IEM 1st year 1st semester and on both semesters of the IEM 4th year (Lima et al., 2007, 2009a; 2009b; Alves et al., 2009). The PBL projects were carried out in teams of six to eight members and each team had a tutor during the full project (Alves, Moreira & Sousa, 2007, 2010).

This paper aims to discuss the strengths and weaknesses of teamwork within the 1st year IEM PBL project in 2011/2012 edition (IEM11_PBL). In order to accomplish this objective, the authors describe IEM11_PBL teams' formation, training and assessment processes, and by reporting on teamwork students perceptions grounded on results from surveys and small group discussion.

2 Context of the Study

Engineering has a fundamental requirement for underpinning understanding and knowledge to the development of new or improved technological apparatus and solutions which improve some aspect of human life. This is translated into products and services which intrinsically hold economic value and can compete in the global marketplace. Key to the development of such products and services is the development of skilled and empowered engineers which, holding deep knowledge and understanding in specific engineering fields, readily understand the wider context of engineering, foster cross-disciplinary challenges and are keen on working with other people.

2.1 Industrial Engineering and Management - first year, first semester project

The Department of Production and Systems (DPS), at the Engineering School of University of Minho-Portugal, has introduced Active and Cooperative Learning in the curriculum of the M.Sc. degree in Industrial Engineering and Management (IEM) by using the Project Based Learning (PBL) methodology since 2004. The PBL learning methodology applied to IEM first year (IEM11_PBL) widely explores teamwork by addressing and developing multidisciplinary semester-wide projects. The class is divided into a number of teams of students which concurrently work out a solution for a proposed challenge. Each team is supported by a tutor. Each team is expected to develop their own vision on the challenge and propose their original solution to it. The teams face several public project presentations, during which lecturers and the other teams of students discuss the choices made. The project themes are open-ended allowing for distinct approaches and solutions. Table 1 presents a comprehensive list of the PBL themes developed so far at IEM11_PBL.

Table 1: IEM11_PBL multidisciplinary projects: editions and themes.

PBL Edition	Project theme
2004/2005	Specification of a production system of biodiesel
2005/2006	Specification of a system for the transformation of forest biomass
2006/2007 S_1	Specification of fuel cells production system
2006/2007 S_2	Space Tourism
2007/2008	Desalination of sea water
2008/2009	Production of batteries for an electric car; specification of the battery and its production system
2009/2010	Use of organic waste for the production of bio-alcohol
2010/2011	Air_2Water – Specification of a portable device for the production of drinking water from air humidity
2011/2012	Clean-up and recovery of crude oil from sea spills

The competencies that students ought to acquire through the development of the team based interdisciplinary project are substantially those specific competencies that students should develop while doing all the project-supporting courses (PSCs) plus transversal competencies (e.g. competencies in management of projects, management of conflicts, oral and written communication, self-regulation of learning, among others). IEM11_PBL holds four PSCs: General Chemistry (GC); Calculus C (CC); Introduction to Industrial Engineering (IIE) and Computer Programming 1 (PC1) (see Figure 1).

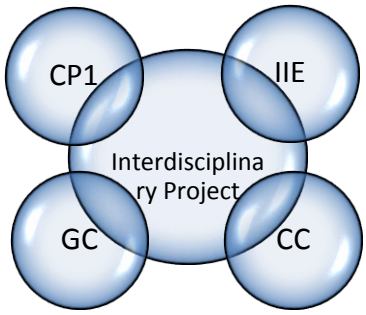


Figure 1: Project based Learning structure in IEM11_PBL: four PSCs.

Student teams are put together during the IEM11_PBL take-off session in the first week of the semester 1 (first year). Therefore, the students hardly know each other at this stage. The rationale beyond the design of the criteria used to set up the teams was intended to:

(1) Provide teams with similar initial technical capabilities to address the project;

(2) Assuring, as much as possible, a uniform distribution of genre among teams.

The PBL coordination team considered relevant for criteria (1) the distribution of members holding prior knowledge background considered relevant for the specific PBL edition. For instance in the *2009/2010* edition - **"***Use of organic waste for the production of bio-alcohol***"** - chemistry was considered the relevant knowledge background, and therefore the concern was to assure that each team possessed at least one member coming from that area of study in the secondary school. After guaranteeing existence of specific knowledge in all teams, the aim shifted to levelling the number of members holding it. Criteria (2) attempted to level the distribution of genre among all teams since the IEM newcomers genre proportion varies annually. This is targeted at assuring that no team is single genre (although, such a case has previously occurred in one edition of IEM11_PBL, apparently without unwanted consequences). The class is normally divided into 6 teams of 6 to 8 students each. Each team tackles the PBL challenge throughout the semester. Table 2 illustrates the milestones for the teams during semester 1.

Table 2: Milestones for IEM11_PBL (9th edition, 2010/2011)

Milestone	Date	Requisite
1	Week 2	Pilot Project presentation
2	Week 5	Project progress presentation
3	Week 8	Intermediate report (max. 20 pages)
4	Week 9	Extended tutorial
5	Week 12	Preliminary version of the final report (max. 50 pages)
6	Week 17	Final report (max. 60 pages); prototype delivery
7	Week 18	Final exam; final presentation; discussion and poster delivery

After team formation a tutor is randomly assigned to each team. A group of teachers from the DPS has been steadily tutoring the teams during most IEM11_PBL editions. Tutors were occasionally recruited from other departments, always on a voluntary scheme. These were mainly lecturers from PSCs who wished to try out the tutoring role. The tutors from DPS were PSC lecturers as well as non-PSC lecturers. In one PBL edition a visiting professor was also tutor of a team during a semester. Tutors were most of the times responsible for one team only (in eight out of nine editions). Only in one occasion the same tutor coordinated the works of two teams simultaneously (in 2011/2012 edition).

2.2 Preparing students for teamwork in PBL

To prepare students for teamwork in IEM11_PBL a number of different activities are put in place at various stages of development of the project: 1. hands-on training sessions; 2. teamwork as a theme of a contents

subject; 3. the role of the tutor; and 4. peer assessment mechanism. These activities are described in the following sections.

2.2.1 Hands-on training sessions

The 1st week of the project is quite intense for the students because it is the beginning of their contact with the university, new colleagues, new teachers, and in some cases, a new town as well. For that reason, students need an extraordinary support during this period, in order to develop the Pilot Project and also to prepare the public presentation at the end of the first week.

The hands-on training session intends to create an opportunity for students to start to interact with each other like a team. A set of activities are planned by two researchers from the Education Sciences field. These activities are different in every edition, but the goal is always the same: to get the students working in the teams of the project, using fun challenges with a specific goal. For instance: several magazines and newspapers are provided to teams and during 30 minutes they must prepare a poster with images and words that show their team´s identity and what the team wants to achieve with the project. Then, teams have to do a short oral presentation. All the activities are complemented with questions related to teamwork, namely the key issues that teams go through during the project: problems with time management, conflicts, motivation, and so on.

An important message that is given to students in these sessions focus on the idea that the project is an important moment in their academic trajectory route, and that they must be able to take advantage of the opportunity to develop competences that are important to engineering practice.

2.2.2 Teamwork as a theme of a contents subject

After the hands-on training session, some classes of the IIE course unit focus on teamwork issues: team work *vs* group work differences and definition; team management as a requirement for production management; transversal competences (project management, teamwork, interpersonal relationship and development, communication skills); team formation and development stages (forming, storming, norming, performing and adjourning); working in teams and the need of hard and soft skills; Yerkes – Dodson (1908) Law; team work communication; the communicational profile of each individual (passive, manipulator, aggressive and assertive).

Tools to support effective team meetings and work are also addressed, these includes: brainstorming, catastrophic strategy, "advocate angel" strategy, mental cards and others. Ishikawa diagrams, forces and weaknesses diagrams, affinity diagrams, pondered vote, 5M1E (Man, Machine, Material, Method, Measurement and Environment) checklists (Maynard, 1971), and SWOT analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) tools were also addressed. These are targeted at organizing and classifying ideas from brainstorming exercises. Group phenomena awareness is raised and discussed, these include: "Lambs", the "Cockfighting" and the "Silence revolt". Tools for identification and analysis of problems, such as 5W2H (Who, What, Why, When, Where, How, How much/long), 5Why technique (Suzaki, 1993), and problem solving methodologies such as PDCA cycle (Plan, Do, Check, Act), A3 tool, DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) and 8D (Duret & Pillet, 2009) are also introduced and described.

It is expected that the teams use a number of such tools at some stage of development of the project. Previous projects have confirmed that a number of teams have freely chosen and conveniently applied a number of different tools to support decision making and teamwork activities. For example: (1) brainstorming technique has been applied to select the company's name at an initial project design stage; (2) the forces and weaknesses diagram was used to select the geographical location for the company.

2.2.3 The role of tutor

The tutoring process in IME11_PBL is commonly developed by PSC lecturers, and not as often by non-PSC lecturers (Alves, Moreira & Sousa, 2007; 2010). Each tutor is responsible for a team of 6 to 8 students that is shaped at project start. Students are free to choose their teammates, bearing in mind a couple of rules to assure teams uniformity, i.e. normally in terms of gender and previous technical expertise. The IME11_PBL tutoring process normally involves a one hour weekly meeting between the tutor and his/her team. During this meeting, the tutor discusses with the students several teamwork issues and project management issues. According to Powell (2004), the tutors' role should not be to supply answers but instead to give clues, so that the team tackles the problems and develops the most appropriate solutions by itself. Tutorial meetings are held in the team-assigned project room, at a pre-scheduled date and time. Tutorial meetings are not included in student's timetable, they are held in extra-curricular moments.

2.2.4 Peer assessment mechanism

IEM11_PBL allows team members to evaluate their individual contribution to the overall project progress and project outcomes during the semester. This is targeted at pursuing and rewarding excellence by immediate peer acknowledgement. This mechanism also identifies early stage underperformance, allowing for self-regulation and compensation mechanisms. It gears on an individual self-improvement continuous process towards improved teamwork, ultimately leading to excelled results.

Within a given team, students individually evaluate each other's contribution using a predefined criteria. The quantitative result is the individual team member "Correction Factor" (CF). This factor will dictate the individual grade attained by each team member given the project grade attained by the team. At the end of semester the project team grade is multiplied by CF resulting in individual grades. Within a team CF average his equal to 1.0, i.e. the average of individual grades is equal to the team grade. Individual CFs can be obtained by averaging all the results from the peer assessments done along the semester.

However, when designing peer assessment strategies, a set of issues need to be discussed and clarified by both teachers and students. What form will peer assessment take and how will students keep track of their performance, are important questions that need to be addressed before the project starts. Assessments can be individual or collective, anonymous or face-to face, based on individual comments on each student or a single comment arrived at by consensus. During this phase of decision making, students should play an active role on the process, as this encourages students' responsibility on the assessment process and further results. However, issues regarding assessment reliability are sometimes questioned, as there is always the risk that students allow friendship to influence their perceptions and assessments.

3 Methodology

This paper intends to explore the strengths and weaknesses of teamwork, according to the students' perceptions from 1st year of IEM project of 2011/2012 edition. These perceptions were collected by an individual survey and in small group open discussions in a workshop organized at the end of the semester. The workshop was intended to discuss some topics related to the PBL, in order to improve next editions and also to reinforce the positive dimensions pointed out by the students. The results are shared among the team of faculty staff.

The survey was applied at the beginning of the workshop and this paper is focused on the results related to teamwork indicators. The overview of the survey presents six dimensions: 1. project theme; 2. learning and competences; 3. teamwork; 4. teachers and tutors role; 5. assessment; and 6. PBL as a learning methodology. There are a total of 46 statements where students must select from a scale of 1 (totally disagree) to 5 (totally agree). At the end, students have the opportunity to point out positive and negative topics, and also to give suggestions to improve the project experience.

Small group discussions with students were organized after the survey was completed. This discussion aimed at collecting students' opinions in a more open manner. These discussions were facilitated by the educational researchers who participated in the IME11_PBL coordination´s team. Some of the topics discussed included the project theme, the assessment method and the PBL as a learning methodology.

As previously mentioned, the study is focused on teamwork and the results of the survey were selected according to this category: the motivation for learning, the importance of formal roles inside the team, the relevance of interpersonal skills, the task split to manage the project, the impact of the assessment, amongst others.

Therefore, the methodology uses a quantitative and a qualitative instrument to collect the opinions and perceptions of the IEM11_PBL students to give them the opportunity, by writing or discussing in an open and informal environment, to express themselves without fear of repressions.

4 Students' perceptions: results and analysis

In this section, results from the survey applied to IEM11_PBL students are presented and followed by discussion, pointing out the strengths and weaknesses of teamwork in IEM11_PBL. Our attention focuses on the dimensions related to: 1. PBL as a learning methodology, 2. teamwork, and 3. assessment in PBL, since the items used in each are related with teamwork as a transversal skill developed in the PBL methodology.

The dimension of "Student learning in PBL and the development of skills" intends to evaluate the perceptions of students related to the PBL as a learning methodology and the results of the survey are presented in Figure 2, showing the average obtained for each indicator used in this dimension.

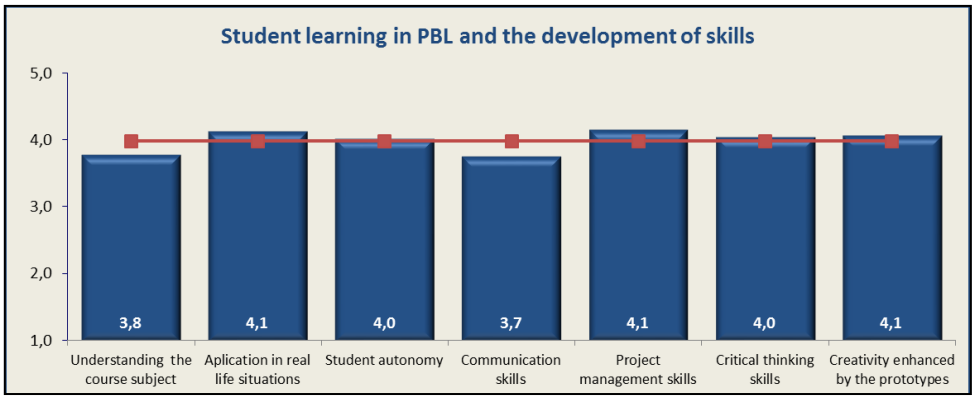


Figure 2. Results of the survey for the dimension "Student learning in PBL and the development of skills"

Another important dimension analyzed is teamwork in itself. Figure 3 presents the results from the dimension "Teamwork" of the survey and the average obtained for each indicator considered in this dimension.

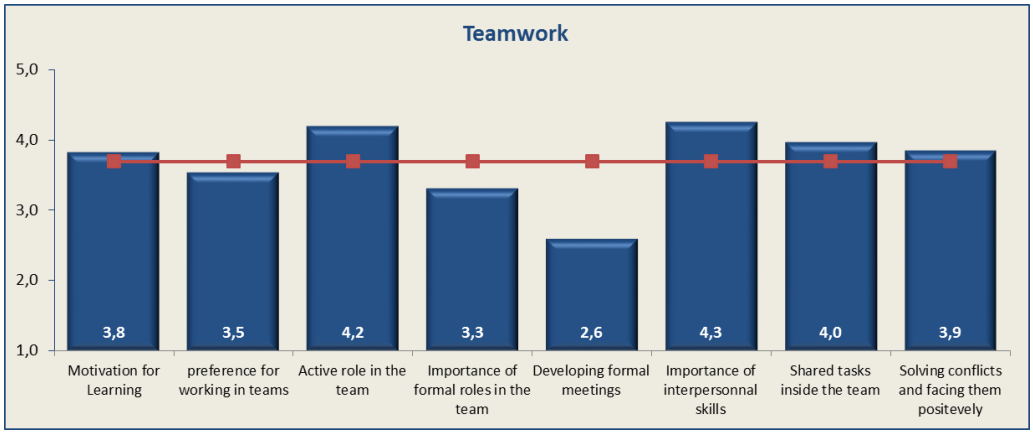


Figure 3. Results of the survey for the dimension "Teamwork"

Figure 4 shows the results of the dimension related to "Student assessment in PBL", presenting ten items that were used to collect the opinion of students on this dimension.

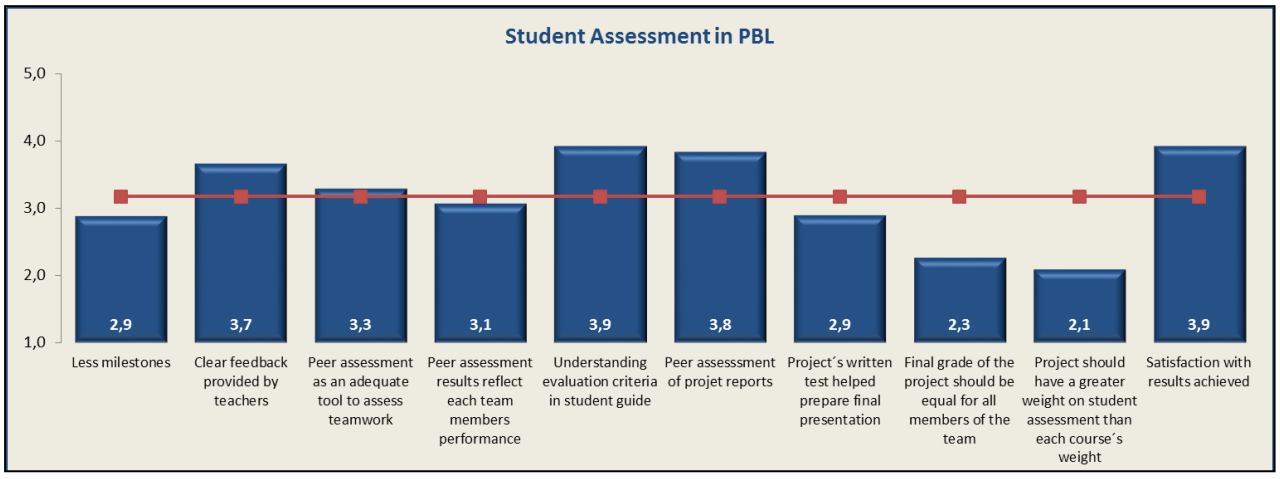


Figure 4. Results of the survey for the dimension "Student assessment in PBL"

In the small group discussions, two dimensions of teamwork were considered: (1) "PBL as a learning methodology"; and (2) "Student assessment in PBL". The main findings are analyzed according to the main strengths and weaknesses identified by students in regard to teamwork.

4.1 Strengths of teamwork in PBL

In general, students are quite positive in regard to the benefits of PBL as a learning methodology, as seen in Figure 2, which analyses the dimension "student learning in PBL and the development of skills". An overall analysis of students' answers showed a high average of students classifications in regard to the dimensions included in the survey. These results reveal that students are quite positive about PBL as a learning methodology. They argue that PBL has a strong contribution to the development of important skills for students´ future career as engineers, such as communication skills, project management, critical thinking and creativity. Besides these competencies, students highlight that the project allows a better understanding of course contents, as students are able to apply them in real life situation. In this sense, there is a link between theory and practice and interdisciplinary is fostered within the curriculum.

Figure 3, in turn, presents the results from the item "Teamwork" of the survey. In this case, there is a greater variation in results, when compared to the previous category analyzed. This has obviously to do with what is expected by the PBL coordination team that students should do or manage, while working in teams. Almost all items received a good average indicating the importance that students give to teamwork dimension. It seems that most of the students believed in their active role in the team-working and in its importance for their professional future of developing a skill of interpersonal relationships. They also gave a good score to shared task and knowledge with the colleagues, another important item in the teamwork.

One of the major assets that influence students' satisfaction is the assessment method and the final grades achieved in the project (Figure 4 above). Previous research suggests that assessment practices in PBL enhance deep learning, by linking theory to practice to solve real life problems and by providing students with several opportunities with feedback which enables them to improve their work (Fernandes, Flores & Lima, 2012). This is corroborated by the results of items "feedback provided by teachers" and "satisfaction with the results achieved" in Figure 4.

Peer assessment, presented in Figure 4 above, is an important issue in PBL as teammates should play an active role on the assessment process and this also encourages team members' responsibility on the assessment process and further results. Data collected in several PBL editions demonstrated that peer assessment had a positive impact on student engagement, as students reported working harder in the period after assessment results were presented (Fernandes et al., 2009a). Results from the survey applied to students in this study also confirm this, as seen in Figure 4. Students consider very positive the exercise of assessing the project report of a different team other than their own. This activity allows students to reflect on their own work and develop competencies in critical thinking and providing feedback.

Additionally, another important asset of teamwork in PBL is the tutor´s role (not in the figures presented). The tutor plays an important role in monitoring and providing feedback to students, especially when discussing peer assessment processes, discussed above. Peer assessment has been very useful to help solve conflicts and problems amongst team members. Previous findings from individual interviews held to tutors involved in PBL experiences point out the benefits of peer assessment for identifying problems within the team or poor performance of a team member (Alves, Moreira & Sousa, 2007; Veiga Simão et al., 2008). Tutors recognize that it is easier to confront students when there is formal evidence that something in the team is not going well than when based on their own intuition.

In general, findings from these small group discussions were in accordance with the results obtained in the survey, as it is possible to see in the Table 3 which summarizes the advantages pointed out by students in regard to PBL as a learning methodology. .

Table 3: Advantages of PBL as a learning methodology based on student group discussion

PBL as a Learning Methodology	
Advantages	1. teamwork 2. time management 3. working to achieve a certain goal 4. development of social competencies 5. project dynamic

4.2 Weaknesses of teamwork in PBL

One of the items that stand out when looking at the results of Figure 3 above is the low average obtained in the items related to the formal meetings and roles played by students in the team. The formal roles and meetings are subjects which are discussed with students in the hands-on training session carried out at the

beginning of the semester. However, students seem not to understand or recognize the importance of adopting these formal roles throughout the project, arguing that informal strategies are preferred most of the times. This attitude can eventually be explained by the fact that students see each other daily and work on the project together, which can make these formal meetings and roles unnecessary. Further reflection on this topic should be promoted by the coordination team and possible changes in concern to strategies other than formal meetings should be suggested to support teamwork.

From Figure 4, it is also possible to see that the assessment method of PBL reveals a set of constraints with regard to students' learning process and outcomes. One of these constraints of this innovative approach to learning is the heavy workload which it entails. After they have given a lot of time and effort to the project, students have high expectations on the assessment results. They expect a high final grade as a reasonable reward for their hard work. Student satisfaction is somehow influenced by this expectation, as students consider, at the end of the project, that they get a relatively low return in terms of grades, compared to non PBL approaches, where their effort is much lower. This could be related with the poor score given to the item "project should have a greater weight on student grade". However, a study based on the analysis of academic results of PBL and non PBL students showed that this assumption is not true (Fernandes et al., 2009b). Findings from this study showed that PBL students achieved, on average, better results than the non PBL students at all courses and for the three academic years analysed.

Figure 4 also shows low averages in the "project final test as a help in the final presentation" and "final grade of project must be equal for all members of team". Project final test is an individual written test at the end of the semester that was designed according to the specific goals and outcomes reached by each team and intended to provide evidence on student´s individual accountability. The overall goal is to assess the understanding and application of knowledge on the project, distinguishing the team members about their knowledge of the project and to avoid partial knowledge. Normally, this test creates misunderstandings and dissatisfaction amongst students, besides the fact that they usually don´t achieve very good grades. This could indicate that the objective is not achieved, or at least, the students divide tasks and do not worry about learning and sharing the knowledge. A low average in regard to the final grade of project being equal for all members could mean that the students know that it is unfair because they did not work equally.

Additionally, and about the dimension of the "Tutor role", the teams average concerning the tutor role indicates that they considered that the tutor should be a teacher of a course unit. This could show that the tutor role is not very well understood by the students' teams as they expect some technical support in the project. Besides this, a possible disadvantage of peer assessment processes is that it may increase tutors' workload in terms of briefing students about the process and ensuring the criteria are explicit and clear.

As disadvantages resulted from the group discussions about the PBL as a learning methodology, the students indicated the following: 1. time required for the projects, 2. the need/difficulty to integrate the contents in the project and 3. effort put in the project and its impact in final grades.

4.3 Suggestions for improvement

From Figures 2, 3 and 4 it is possible to conclude that the dimension of student assessment in PBL seems more debilitated, with some aspects requiring greater attention by the coordination team. This is not a novelty and throughout the last few years, some attempts have been made to improve the assessment method and contribute to greater student satisfaction in PBL. For the coordination team, the current assessment methods disclosed the need to clarify assessment criteria, the need to assure individual accountability of students in teamwork and also the importance of opportunities for student self-assessment and development of critical thinking and evaluation skills. In order to respond to these needs, changes have been introduced in the assessment process, such as the implementation of an individual written test at the end of the semester, with the overall goal to assess the understanding and application of knowledge on the project; rubrics to assess oral presentations and project reports, facilitating a common understanding of assessment criteria by lecturers and tutors; and also peer review processes based on the assessment of other teams project reports by students, allowing them to learn from each other and play a more active role in the assessment process.

In a continuous improvement perspective, the coordination team is continuously reflecting on the process together with the main intervenient and clients of this process, the students. So, in this edition, the suggestions given by the students for improvement PBL as a learning methodology are in Table 4.

Table 4: Suggestions for improvement from group discussion of PBL as a learning methodology

PBL as a Learning Methodology	
Suggestions for improvement	1. PBL should be held in an industry in order to see how it works 2. criteria for peer assessment should be revised and tutor should participate in student assessment 3. all tutors should be lecturers of the course subjects 4. better selection of tutors and control of the work each one develop

5 Final remarks

This paper explored the strengths and weaknesses of teamwork within Project-Based Learning methodology in the M.Sc. degree in Industrial Engineering and Management (IEM11_PBL) at University of Minho, Portugal. The study is grounded on students' perceptions from the 1st year of IEM11_PBL of 2011/2012 edition, collected at the end of the semester using individual surveys and small group open discussions.

Results from the survey show that students have a positive opinion on the use of PBL as a learning methodology. Students acknowledge that PBL promotes the development of important competencies for their future which encompass not only a better understanding of real-life application of theoretical concepts and course contents, but also a number of key transversal competencies, developed and improved throughout the semester by a number of project activities, namely the ones involved in team working.

PBL teamwork survey specific results point out that students give importance to teamwork and prefer to learn by working in teams. They acknowledge their active role within the team, attribute a special relevance on teamwork for the development of interpersonal skills, and recognize it as a learning process for solving conflicts and holding a positive attitude towards its resolution. Students were also positive about teamwork relating the sharing of tasks and higher motivation to learn. Small group discussions broadly confirmed the survey results. Additionally, students consider the tutor as a valuable asset of the team and agree that the final individual grade should indeed reflect the global contribution of individuals on both the overall process and project outcomes quality. Team formation was a factor pointed out by students as influencing teamwork and group performance.

The main weaknesses of teamwork within PBL, revealed by the survey, point out that the formal roles of team members within meetings, along with the need for such formal meetings are not important – informal meetings are the preferred meeting format. Students also reveal that there are too much milestones; the high effort required by the team is not in line with the weight of the project in individual grades. The small group discussions reinforced the perceptions that PBL is a time-consuming learning methodology, requires a heavy effort that is not always reflected in the final grades.

Future work should focus on promoting reflections on PBL requirements for formal meetings and strategies for wider adoption within teams. Further discussion on the need for PBL teamwork heavy workload seems plausible along with reflections on project dimension *vs* assessment system. A PBL tutor-based strategy is required to clearly conform teams expectations to those of the actual tutor role. The need for an improved balance between PSC assessment activities and project´s milestones seems reasonable. This requires improvements for the design and planning of course units, especially for those joining PBL projects for the first time.

Acknowledgment

This work was financed by National Funds of the Portuguese Foundation for Science and Technology, under Project PEST-OE/EME/UI0252/2011.

References

Alves, A. C., Moreira, F. & Sousa, R. (2007) "O Papel dos Tutores na aprendizagem baseada em projectos: três anos de experiência na Escola de Engenharia da Universidade do Minho" In Actas do XI Congreso Internacional Galego-Português de Psicopedagoxia, 19-21 de Setembro, A Coruna

Alves, A. C., Moreira, F. & Sousa, R. (2010) "Aprendizagem baseada em Projectos Interdisciplinares em Engenharia Industrial: dissimilitudes de tutoria entre o início e o final do curso", Proceedings of Second Ibero-American of Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE2010), (Eds.) N. van Hattum-Janssen, R. M. Lima, D. Carvalho, Research Centre in Education (CiEd) University of Minho and Department of Production and Systems School of Engineering of University of Minho, ISBN: 978-972-8746-86-5, pp. 133-138

Alves, A., Moreira, F., Sousa, R. & Lima, R. M. (2009). Projectos para a Aprendizagem na Engenharia e Gestão Industrial. In: Livro de Actas do X Congresso Internacional Galego-Português de Psicopedagogia., (Eds.) Cied-Universidade do Minho, Braga-Portugal, 9-11 Setembro 2009, Universidade do Minho, pp. 3360-3375 (CD-ROM), ISBN 978-972-8746-71-1.

Becker, F. (2006). Globalization, curricula reform and the consequences for engineers working in an international company. European Journal of Engineering Education, (31)3, 261-272.

Bédard, D., Louis, R., Bélisle, M. & Viau, R. (2007). Project-based and Problem-based Learning in Engineering at the University of Sherbrooke: Impact on Students' and Teachers' Perceptions. In Erik de Graaff & Anette Kolmos (Eds).

Management of Change Implementation of Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering. Rotterdam: Sense Publishers. pp. 109-129.

Cinar, Y. & Bilgin, A. (2011). Peer Assessment for undergraduate Teamwork Projects in Petroleum Engineering. International Journal of Engineering Education, 27(2), pp. 310-322.

Duret, D. & Pillet, M. (2009) "Qualidade na produção: da ISO 9000 ao Seis Sigma" Lidel – Edições técnicas, Lda.

European Ministers of Education (1999). The Bologna Declaration of 19 June 1999. The European Higher Education Area.

Eurydice (2010). Focus on Higher Education in Europe 2010: The Impact of the Bologna Process. Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA P9 Eurydice).

Fernandes, S., Flores, M. A. & Lima, R. M. (2012). Student's Views of Assessment in Project-Led Engineering Education: Findings from a Case Study in Portugal. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 37:2, pp.163-178.

Fernandes, S., Mesquita, D., Lima, R. M., Faria, A., Fernandes A. & Ribeiro, M. (2009a). The Impact of Peer Assessment on Teamwork and Student Evaluation: A case study with Engineering Students In U. Domínguez (Ed.). *Proceedings of the International Symposium on Innovation and Assessment of Engineering Curricula*, Curriculum Development Working Group (CDWG), European Society for Engineering Education (SEFI). 15-17 May 2009, Valladolid, Spain. ISBN: 978-84-692-2864-7

Fernandes, S., Lima, R. M., Cardoso, E., Leão, C. & Flores, M. A. (2009b). An Academic Results Analysis of a First Year Interdisciplinary Project Approach to Industrial and Management Engineering Education. In D. Carvalho, N. van Hattum & R. M. Lima (Eds.). *Proceedings of the First Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education* (PAEE'2009). 21-22 July 2009, Guimarães, Portugal. pp.37-43. ISBN: 978-972-8746-74-2.

Frenay, M., Galand, B., Milgrom, E. & Raucent, B. (2007). Project- and Problem-Based Learning in the Engineering Curriculum at the University of Lovain. In Erik de Graaff & Anette Kolmos (Eds). Management of Change Implementation of Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering. (pp. 93-108). Rotterdam: Sense Publishers..

Galand, B., Raucent, B. & Frenay, M. (2010). Engineering Students' Self Regulation, Study Strategies and Motivational Believes in Traditional and Project-Based Curricula. International Journal of Engineering Education, 26:3, 523-534.

Kolmos, A. & Graaff, de E.(2007). The Process of Changing to PBL. In Erik de Graaff & Anette Kolmos (Eds). Management of Change Implementation of Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering. Rotterdam: Sense Publishers. pp. 31-43.

Lima, R. M., Carvalho, D., Flores, M. A., & van Hattum-Janssen, N. (2007). A case study on project led education in engineering: Students' and teachers' perceptions. European Journal of Engineering Education, 32:3, 337-347.

Lima, R. M., Carvalho, D., Sousa, R. M. & Alves, A. (2009a). Management of Interdisciplinary Project Approaches in Engineering Education: a Case Study. In: Proceedings of the First Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE2009), Eds. Dinis Carvalho, Natascha van Hattum-Janssen and Rui M. Lima, Guimarães, ISBN: 978-972-8746-74-2, pp. 149-156.

Lima, R. M., Fernandes, S., Mesquita, D. & Sousa, R. M. (2009b). Learning Industrial Management and Engineering in Interaction with Industry. In: Proceedings of the First Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE2009), Eds. Dinis Carvalho, Natascha van Hattum-Janssen and Rui M. Lima, Guimarães, ISBN: 978-972-8746-74-2, pp. 219-227.

Lima, R., Carvalho, D., Flores, M. A, & van Hattum-Janssen, N. (2007). A case study on project led education in engineering: students' and teachers' perceptions. European Journal of Engineering Education 32:3, 337–347.

Mesquita, D., Alves, A., Fernandes, S., Moreira, F. & Lima, Rui M. (2009). A First Year and First Semester Project-Led Engineering Education Approach. In: Proceedings of the First Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE '2009), Eds. Dinis Carvalho, Natascha van Hattum-Janssen and Rui M. Lima, Guimarães-Portugal, (CD-ROM). ISBN: 978-972-8746-74-2, pp.181-189.

Moesby, E. (2005). Curriculum Development for Project-Oriented and Problem-Based Learning (POPBL) with Emphasis on Personal Skills and Abilities. Global Journal of Engineering Education, (9)2, 121-128.

Mynard, H. B. (1971). Industrial Engineering Handbook. McGraw- Hill, New York

Nair, C., Patil, A. & Mertova, P. (2009). Re-engineering graduate skills – a case study. European Journal of Engineering Education, (34)2, 131-139.

Oliveira, J. M. (2007). Project-Based Learning in Engineering: The Águeda Experience. In Erik de Graaff & Anette Kolmos (Eds.) Management of Change Implementation of Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering. Rotterdam: Sense Publishers. pp. 169-180.

Pesches, K. & Reindel, E. (1998). Project-Oriented Engineering Education to Improve Key Competencies. Global Journal of Engineering Education, (2)2, 181-186.

Powell, P. C. & Weenk, W. (2003). Project-Led Engineering Education. Utrecht: Lemma.

Powell, P. C. (2004). Assessment of team-based projects in project-led education. European Journal of Engineering Education, 29(2), 221-230.

Veiga Simão, A. M., Flores, M. A., Fernandes, S. & Figueira, C. (2008). Tutoria no Ensino Superior. Concepções e práticas. *Sísifo. Revista de Ciências da Educação*, 7, pp. 75-88. Consultado em Janeiro.

Suzaki, K. (1993). The new shop-floor management: empowering people for continuous improvement. The Free Press, Appendix 7.2

Collaborative Teaching in Structural Engineering

María Fenollera*, Jaime Lorenzo*, Itziar Goicoechea *, Enrique Ares*

* Design in Engineering Department, School of Industrial Engineering, University of Vigo, As Lagoas marcosende, 36210 Vigo, Spain
+ Materials Engineering, Applied Mechanics and Construction Department, School of Industrial Engineering, University of Vigo

Email: mfenollera@uvigo.es, jaimelorenzo@uvigo.es, igoicoechea@uvigo.es, enrares@uvigo.es

Abstract

This paper focuses on collaborative teaching in Structural Engineering as a direct form of collaboration in which educators of the University of Vigo agree to work together in a co-active and coordinated framework. The educational environment has been designed in two stages: 1st Basic Stage in the 4th year subject "Structural Theory and Industrial Structures", and 2nd Stage in the 5th year subject "Engineering Projects".

The approach is on team teaching with the general mission to review and to adapt the subjects, and according to the keys of learning by competences, they have developed and planning the work of the student in credits ECTS, who demands the Plan of Convergence for the European Higer Education Area (EHEA).

The results obtained of this experience, as much in the teaching process like in the academic results, will be presented, and the foreseen lines of action for the near future.

Keywords: collaborative teaching; team teaching; project-based learning; professional competences.

1 Introduction

Collaborative teaching has many meanings and is implemented in numerous ways. Cook and Friend (1995) define co-teaching as "two or more professionals delivering substantive instruction to a diverse or blended group of students in a single physical space." Wenzlaff, et. al. (2002) agree that co-teaching is "two or more individuals who come together in a collaborative relationship for the purpose of shared work…for the outcome of achieving what none could have done alone." For the purposes of this paper, co-teaching has been defined as "two or more teachers working together with groups of students and sharing the planning, organization, delivery and assessment of instruction, as well as the physical space" (Bacharach, Heck, & Dank, 2003).

Enhancing the definition presented in the previous paragraph, a collaborative teaching team may be defined as two or more people who agree to:

1. Coordinate their work to achieve at least one common, publicly agreed-on goal
2. Share a belief system that each of the co-teaching team members has unique and needed expertise
3. Demonstrate parity by alternatively engaging in the dual roles of teacher and learner, expert and novice, giver and recipient of knowledge or skills
4. Use a distributed functions theory of leadership in which the task and relationship functions of the traditional lone teacher are distributed among all co-teaching group members
5. Use a cooperative process that includes face-to-face interaction, positive interdependence, performance, as well as monitoring and processing of interpersonal skills, and individual accountability

Under this perspective, a collaborative teaching team was assumed as pedagogical principle for elaboration of the curricular proposal of the subjects "Structural Theory and Industrial Structures" and "Engineering Projects", gathering together the professionals and the different areas of the knowledge. For curricular projects´ elaboration, multidisciplinary equipment was constituted, made-up of six professors of the two area of knowledge.

2 Case Study Context

Within the framework of the Communiqué of the European Higher Education Area (2009), the development of professional competence has been set as the primary object of the 21st century European universities (Heitmann, 2005; Helle, Tynjälä & Olkinuora, 2006). Our objective in this multidisciplinary experience is to offer students the possibility of working in problems that simulate, as faithfully as possible, the interdisciplinary industrial environment.

Bordogna et al. (1993) state that "engineering is an integrative process and thus engineering education should be designed toward that end." For this purpose, and under the educational research Project, teachers

of the "Structural Theory and Industrial Structures" and "Engineering Projects" subjects have worked together, designing a teaching guide; it presents contents interconnected at a theoretical and practical level starting from a project's development using market-leading CYPE Ingenieros, S.A. calculation and design of structures programs.

The experience has been divided into two stages, in 2009/2010 and 2010/2011 Academic Years, matching each of the disciplines to be taught, so a close multidisciplinary collaboration becomes necessary. Learning new structure calculation methods used in the analysis of engineering problems, is not an easy task. Traditional teaching methods, highly appropriate for introducing crucial structural concepts, are insufficient to show the power of analysis techniques overwhelmed by the complexity and ambition of today's engineering and architectural projects. The educator cannot develop complicated examples because the commonly used tools are not suitable to show the wide range of matrices and operations involved in the numerical resolution of problems. Therefore, the teacher is forced to solve very simple structures that are not the most appropriate for assessing the effectiveness of numerical methods. Moreover, not dealing with real-world examples that stimulate students and justify the use of such methods is not very attractive from the student's perspective.

The main purpose of this work is to remove the impediments mentioned as far as possible and to offer a practical complement by means of the most requested professional software that enables to continue and to solve rather important questions that cannot be developed on a whiteboard or written text.

3 Team Teaching as a collaborative tool

Implementing a team teaching approach requires administrative encouragement, acceptance of an initial experimental quality, and willingness to take risks (Villa, Thousand, & Nevin, 2008). An important variable to consider, that play a crucial role in the success of the team, is whether the inception of the team teaching plan originated from the administrators or from the professors. This experience did not originate from administration; instead it evolved from the professors themselves.

These six educators (2 PhD, 2 assistant and 2 associate professors), three of each area, who possess distinct and complementary sets of skills, combine roles and share resources and responsibilities in a sustained effort while working towards the common goal of academic success. The team members share planning, but each instructor teaches his own specialized skills area to the whole group of students. This equipment was in charge of the systematization of the discussed ideas and to lay the theoretic and methodological foundations. Being conscious of that the proof that team teaching works comes not only from the instructors' self-judgment, but from students' evaluations, and with the double objective of, on the one hand to help students feel more engaged, and on the other to make more sense of how this two subjects are interrelated, they happened to share an office and learned that they also shared common beliefs about learning and students.

In groups like this, when the team is larger than two or three members, a team leader is needed. It was decided by voting that the team leader is the coordinator of the engineering projects area. She is in charge of internal operations of the team, such as setting up meetings and coordinating schedules, and is also responsible for external operations, for example communicating with department heads to ensure that the team is meeting departmental goals or that the resources and support are in place. The role of each team member is to participate in team discussion and planning sessions. The members must act responsibly and follow through on decisions made by the team within the timeframe decided upon by the team.

The first trouble considered prior to implementation was that the team members should have sufficient professional development in the area of team teaching; they should understand the philosophy behind team teaching and the rationale of how it will fit with the rest of the departmental program. Team teaching partners need time to foster a trusting and open relationship in which team-building discussions are encouraged, and as well they need to be clear about their responsibilities and the time requirements involved with their particular form of team teaching. In this experience, the team constituted themselves and developed for about a year before implementing the curricular proposal. At the beginning weekly meetings and then monthly were realized to make important decisions about: what will be presented (the units, lesson objectives), how the material is to be presented (to a large or small group presentation), who is to present the information, how the students will be assessed, and how small groups will be organized and which team teacher will be assigned to each small group. Following implementation of the team teaching program, educators continuing to identify, implement and analyze the variables needed for every student to succeed.

The second trouble considered deals with tension and conflict. Even when team teachers are great friends, as in this case, team teaching situations are seldom without conflict. The challenge is turning such conflict or tension into a constructive learning situation in which the differences between partner teachers can be used to improve their team teaching instead of corrupting it. The team teaching case of study is a group work and

as such teams need to develop as functioning groups. In dealing with other team members teamwork is seldom without conflict, professional or personal points of view may clash. The great challenge they have been to face was to be able to blend differences constructively. To do this it was important to acknowledge team members' strengths, interests, personal and professional goals both in assigning responsibilities and in the conduct of meetings.

Being preoccupied with the details of curriculum planning, with the content of the teaching programme and with the range of education strategies adopted, perhaps the most critical trouble has not been taken into consideration, to take a broader view of the role of the teacher. These roles include helping students grow in understanding, knowledge, self-awareness, moral development and the ability to relate to others. Simultaneously the teachers are mangers of learning, curriculum designers, facilitators, counsellors, evaluators and, reluctantly, disciplinarians. To the best of their ability, they modulate across roles accordingly to individual and group needs as they select and create learning experiences for all their students.

4 Teaching methodology proposed

The educational environment has been designed in two stages:

- 1st Basic Stage in the 4th year subject. It was implemented during the 2009/2010 academic year and continued in 2010/2011. New applied methodologies and teaching techniques are introduced, as well as a 'hands-on' approach of theoretical lectures that include field courses and field trips to real premises. This stage is necessary in order to introduce the next one successfully.
- 2nd Stage in the 5th year subject. It was first introduced in the 2010/2011 academic year. At this stage a model of Project-Based Learning (PBL) as a learning strategy is implemented, using Cype calculation software. This model has been recognized by its role in the enhancement of professional and vocational abilities and has been described as successful strategy for instruction in a variety of contexts (Klemm &Snell, 1996; Collis, 1998; English & Yazdani, 1999; Carvalho & Lima, 2006).

4.1 First stage

Subject of Study: "Structural Theory and Industrial Structures", compulsory 6-credit subject (3 theoretical and 3 practical), taught during the first quarter (September-February). The number of students enrolled is about 340.

The subject is planned as a theory-based nucleus in which a series of classic analysis methods, like the Navier-Bresse method, the Castigliano method or the Three Moments method are imparted, as well as the study of numerical methods appropriate for implementation as the Matrix Methods for bar structures and the Finite Element Method for continuous structures. These thematic sections are put forward in master class together with small exercises for practical applications of the theory. Additionally, the subject includes a practical section, with guided tours and tutored work. The student will be evaluated in this subject by a final written exam.

As discussed earlier in this section, compulsory field courses are planned, where the student can observe and discuss
with the teachers and professionals of the sector about the different forms and types of constructions previously introduced in the subject's theoretical part. With this purpose, a first guided tour of "Castelo Soluciones Estructurales" premises takes place (Figure 1). This company, located in Industrial Park of As Gándaras (in Porriño), is active in the manufacture of prefabricated structures, and it is one of the largest producers in Spain and Portugal. It is at the forefront of precast concrete walling units engineering and metal structures, developing innovative solutions and its own patents. It has been selected because it is closely linked to the University of Vigo, both regarding research and teaching.

The workshop areas are visited: processing and forming, prefabrication and assembly, and the laboratory, where students are explained the conditions for using the structural elements manufactured there; the different pressure tests, compression and shear test of actual pieces and concrete cubes; the situation and interaction with other elements involved in the process, what gives them a clear overview. Students receive detailed information about the structure itself, operating parameters, applied technology and multiple particular issues of structures. The training is supported by others guided tours to unique structures being built (Figure 2) where they can witness first hand a construction project.

Figure 1: Interior views of Castelo Soluciones Estructurales production plant premises.

Figure 2: Bayona (Pontevedra) marina view where a precast concrete jetty is being built on-site.

This first stage is chiefly an example of a lecture situation where teachers (1 PhD and 2 associate professors) are seen as an expert who are knowledgeable in his field. The lecture remains as one of the most widely used instructional methods. This leads to the traditional role of the teacher as a cost-effective method of providing new information to the local curriculum and context and of providing the lecturers´ personal overview or structure of the field of knowledge for the student (Jonston, 1996).
However, in accordance with the directives of the EHEA, the teachers also choose to adopt a more interactive approach, providing the students with some information but at the same time encouraging them during the lecture to engage with the subject and come up with their own solutions to problems posed. The increasing availability and use of learning resource materials also brings with it the need for the teacher as a learning facilitator. No set of course materials, whether in print or electronic format, is perfect for all students. It is the responsibility of the teacher to facilitate the student use of the resources by overcoming any deficiencies in the materials and by integrating them with the curriculum.
Because of this the teachers, mainly the associate professors who are in permanent contact with the professional engineering world, cannot escape from being a role model, with how he approaches the subject and the attitudes he reveals influencing the student. Role modelling is widely recognise as critical in shaping, teaching, coaching and assisting future engineers as it is the most powerful teaching strategy available to engineering educators (Committee on Science, Engineering, and Public Policy,1997).

4.2 Second Stage

Subject of study: "Engineering Projects", a compulsory 6-credit subject: 3 theoretical and 3 practical, taught during the second quarter (February-July). The number of students enrolled is about 110.

Based on pedagogical learning schemes inherent to learning, the following educational sections have been designed: theoretical lectures, laboratory practice and project.

1. Theoretical lectures: starting from the knowledge acquired in the previous year subject, theoretical lectures are firstly presented as a quick revision of the subject basic concepts. Structural elements are then dealt with. Theory consists of a set of files that students can access anytime to solve practical doubts. Theory files have short explanations, providing the clues and ways to develop complex questions that can be found in books and in the Virtual platform of learning.
2. Laboratory practice: during successive classes students, divided into four student groups of 25 and assessed by the teacher, make a simple calculation regarding an industrial building with an office building annex. Programs used are: CYPECAD for the concrete office building, and NUEVO METAL 3D for the metallic industrial building (Figure 3).
   Step by step the real structural problem is solved: legislation in force, calculation assumptions, loads to be applied, calculation constraints, drawings, stress obtained in the different sections and their interpretation, analysis of behaviour of structures verifying the fulfilment of Ultimate and Service Limit State verification in accordance with Spanish Building Code (CTE). The university has provided each student with a licensed for educational use computer installed in computer rooms. Moreover, Cype offers the open access After Hours version with time constraints basically for use by students outside university hours.
3. Project: The aim is for the student to show that he has assimilated the concepts, facing the solution to a real project. The teaching methodology used is the PBL in which students assume more freedom of action and responsibility and the teacher guides him in the learning process. We had in mind that the proposed Project fulfilled the characteristics that an appropriate PBL problem must have: it has to be relevant and of interest for students, have clear objectives and stages, and it has to be complex in the sense of having different solutions and an interdisciplinary nature. At this point we considered making a basic and implementation of an industrial building. 3-4 student groups are established. Each project team must establish the organizational functions, powers and responsibilities according to ISO standards within "the entity in which play the activity as Engineer" (Ares, Diéguez, Hernández, Pereira, Pérez & Peláez, 2009).

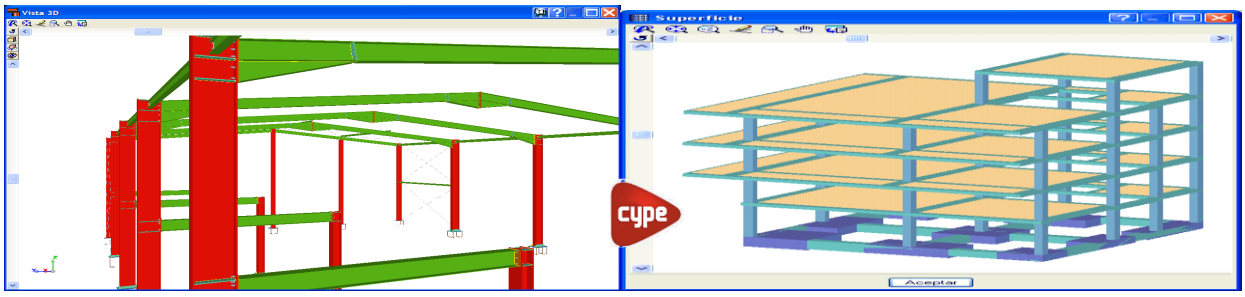


Figure 3: Left: Metallic industrial building calculated with NUEVO METAL 3D. Right: Office building calculated with CYPECAD.

Requirements are chosen by the group: choosing a municipality of Galicia; awareness of urban development laws; selecting an activity for the industrial building; classifying it; finding a land for construction in that council, designing the industrial building, measures, constructive elements, calculate it with Cype, prepare budgets… although they are to be validated by the teacher. Once defined, they must be maintained throughout the project.

The Working Plan includes:

- The delivery of all documentation of the Project chosen and the responsibilities of each of the group's members on the specified dates. There are individual and group deliveries, both are clearly defined and planned at the beginning of the four-month period.
- Delivery of final documentation, presentation and publicly defend the Project by group.
- Assessment is based on continuous assessment pass mark considering the following premises:
    - Individual exams during the academic year (by topic).....25% of mark
    - Individual works during the academic year (by topics).....25% of mark
    - Group works during the academic year (by topics).....30% of mark
    - Attendance to theoretical classes and class participation.....10% of mark
    - Attendance to practices and class participation .....10% of mark

If a minimum of 50% is not fulfilled in each part and in all concepts, students cannot opt for continuous assessment pass mark and they will have to take the final exam, with the corresponding failed part. If they do not opt for the continuous assessment pass mark option, they will need to take the subject's final exam.

In this second stage, the educators assess learners´ knowledge and provide information as well as facilitate learning. All this roles include helping students grow in understanding, Knowledge, self-awareness, moral development and the ability to relate to others. The introduction of PBL with a consequent fundamental change in the student-teacher relationship has highlighted the change in the role of the teacher from one of information provider to one of facilitator. Now the teacher's role is not to inform the students but to encourage and facilitate them to learn for themselves using the problem as a focus for the learning. This changing role of the teacher is also reflected in the constructivist approach to learning, in which knowledge is 'constructed' in the mind of the student and is constantly evolving. The educators who make-up this team teaching, 1 PhD and 2 assistant professors with a wide professional experience, have the ability to communicate with students in an informal way in the small groups sessions, and to encourage student learning by creating an atmosphere in which open exchange of ideas was facilitated.

5 Results Analysis

Firstly the perceptions of the participants in the experience will be analyzed. Data were collected at the end of the second quarter through questionnaires which consisted of eleven open-ended questions on the three main following topics: subjects; conditions; and learning experiences. Each of them has been valued by a scale of 1-5. The results obtained are shown in Table-1 (4th year subject) and Table-2 (5th year subject), and at the end of each table the return rate is shown in percentages. As it can be observed, in the previous year to this educational implantation, the percentage of answers represented over 35% return rate, whereas in both years of implementation the percentage was increased in a 20%. With these results became apparent that the students are more participative and involved in the experience. Another aspect that comes to the light is that, the topics better valued before, on average, is "subject" (3.03 points) but with this new methodology "learning experience" has taken the bank from it with a valuation of 3,58 on average in course 2010/11, which supposes a total increase of 0.57 points. Both "subject" and "learning experience" have increased their valuation in 0.5 points on average, whereas "conditions", that were worse valued at the beginning, has had

the greater increase (0.65 points on average) since field courses to factories as trips to singular structures under construction are measured that have very good acceptance on part of the students.

Table: 1 Structural Theory and Industrial Structures

QUESTIONS	VALUATION		
	2008/2009	2009/2010	2010/2011
1- Subject		(before co-teaching)	
A- The subject is important for Engineering Education	3,47	3,65	3,87
B- You consider the contents of the subject interesting	3,25	3,37	3,7
C- The objectives and the extension of the subject program are in agreement to teaching hours	2,56	2,75	3,2
D- The program of the subject and the bibliography are updated	2,85	2,98	3,44
2- The conditions: space, equipment, material, nº of student…			
E- They are suitable for the theoretical classes	2,95	3,2	3,57
F- They are suitable for the practical classes	2,5	2,87	3,11
3- Learning experience			
G- Teaching / learning process	3,17	3,49	3,61
H- Educational environment	2,98	3,33	3,7
I- Learning experience	3	3,16	3,55
J- Learning methodology	2,9	3,07	3,47
K- Assessment	2,4	2,7	2,7
RETURN RATE (%)	32%	57,92%	56,10%

Table: 2 Engineering Projects

QUESTIONS	VALUATION	
	2009/2010	2010/2011
1- Subject		(before co-teaching)
A- The subject is important for Engineering Education	3,65	3,59
B- You consider the contents of the subject interesting	3,23	3,42
C- The objectives and the extension of the subject program are in agreement to teaching hours	2,86	3,26
D- The program of the subject and the bibliography are updated	2,78	3,45
2- The conditions: space, equipment, material, nº of student…		
E- They are suitable for the theoretical classes	2,87	3,48
F- They are suitable for the practical classes	2,92	3,28
3- Learning experience		
G- Teaching / learning process	2,83	3,53
H- Educational environment	3,12	3,75
I- Learning experience	2,72	3,37
J- Learning methodology	2,65	3,29
K- Assessment	2,92	2,63
RETURN RATE (%)	39%	51,74%

For the 5th year subject (Table-2), "subject" is the best one valued in both cases (3.43 points in course 2010/11) for being a subject in great agreement with their professional future that supposes the last passage towards their degree. Nevertheless it is worthy of mention the fact that the greater increase on average is "learning experience" with 0,54 points. This result shows the total agreement of the students with new implanted PBL methodology.With the intention to make more evident the results, Figure-4 shows the graphics of the students´ surveys.

Immediately after, the academic results of both subjects achieved in this interdisciplinary project approach will be analyzed (Fernandes, Lima, Cardoso, Leão, Flores, 2009). Table 3 represents a set of evaluation indicators that were selected for this study: the ratio of students assessed to those enrolled in the course, the ratio of students approved to those enrolled in the course, the ratio of students approved to those assessed in the course. Such as it is revealed, the number of students in each subject varies from course to course. A student is considered approved with a grade higher or equal to 5 out of 10. The ratios presented show results that are more favourable for the new methodology in the two subjects, and for the three academic years. In particular, for "engineering projects" subject, the ratio assessed/enrolled presents values above 94.11%, whereas in the previous year the value is below 65,35%. Similarly, for "Structural Theory and Industrial Structures" subject the ratio approved/assessed increased from 5% to 10% the first year of implantation.

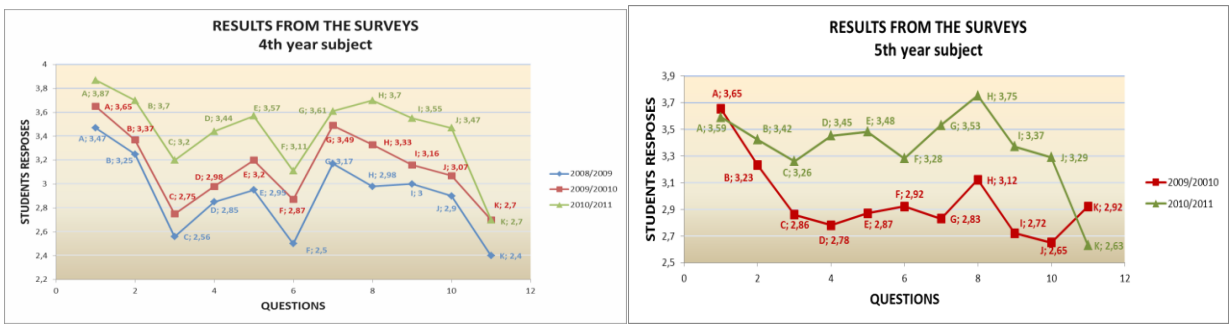


Figure 4: Graphics with the results of the students´ surveys.

Table 3: Grade analysis for the three academic years (2008/09 to 2010/11)

Years	Number of students	4th year subject	5th year subject	Ratios (4th year subject)	Ratios (5th year subject)
2008/9	Enrolled	330	----	assessed/enrolled = 38,48 %	----
	Assessed	127	----	approved/enrolled = 21,21 %	----
	Approved	70	----	approved/assessed = 54,6 %	----
2009/10	Enrolled	351	127	assessed/enrolled = 57,83 %	assessed/enrolled = 74 %
	Assessed	203	94	approved/enrolled = 42,16 %	approved/enrolled = 65,35 %
	Approved	148	83	approved/assessed = 72,91 %	approved/assessed = 88,3 %
2010/11	Enrolled	318	102	assessed/enrolled = 58,49 %	assessed/enrolled = 95 %
	Assessed	186	97	approved/enrolled = 36,8 %	approved/enrolled = 94,11 %
	Approved	117	96	approved/assessed = 62,9 %	approved/assessed =98,97 %

6 Conclusion

Through this process, students are exposed to real-life structural design problems, understanding that the structure is not a separate issue, only subject to the principles of rational mechanics, but that there are external conditioning functional, economic or aesthetic factors, that are at least as important as, or even more important than those solely structural, and have to be considered. On the other hand, the fact of having field courses in unique plant premises and construction sites, allows the student to personally observe some of the studied structural typologies and mechanical systems.

But undoubtedly the most crucial part is the project's tutored work because the most effective way to learn to solve a problem is to face it. Here students take the lead. Logically, there are numerous difficulties and teacher's collaboration helps them solve most of the problems, but the most important thing is that the student becomes aware of difficulties and at least the first time he is given support to face them.

The main teaching improvements applied to these disciplines have been:

1. Provide a clearly practical and applied approach, basic in the technological subjects of Industrial Engineering final years.
2. Put students in contact with the professional activity that they will carry out in the near future.
3. Increase student motivation, mainly by means of field courses and the use of professional software.
4. Fostering teacher-student relationship and interaction.
5. Confer a unifying nature. Not regarding subjects as watertight compartments, since professional reality brings about questions that are commonly interdisciplinary.
6. Design 3-hour lab working sessions, enabling students to be concentrated in the problem longer; this takes students to the professional world reality, where matters are not changed every hour. This allows for changing tasks (group meetings, individual work, and interviews with teachers).

The main disadvantages found have been:

1. To have the budget necessary to buy the software.
2. Less time for the traditional knowledge passed on in the classroom.
3. The student must be able to work with others, is not suitable for those who are enclosed in themselves to learn.
4. It requires more effort, students tend to employ more time for these activities each week compared with other education systems.

5. Teachers must be willing to try new ways and be aware that they also need to learn.

In spite of everything, the results obtained have been excellent, mainly in the 5th year subject, with a presence and success rate close to 99%. The percentage of students that did not take the exam is in line with the number of students that do not follow the continuous assessment procedure (*continuous assessment pass mark*). In view of the success of this initiative, the university has bought the Campus version for the next academic year: it has been specially designed to be used in university public networks which function under Eduroam1 (education roaming), as do numerous Universities worldwide (Europe, Canada, USA, and some countries in Asia and Oceania such as China, Japan, Australia or New Zealand). The Campus version allows for CYPE programs and modules to be executed with a University for a specific time, usually one academic course. To be able to use the programs, a key, provided by CYPE or the University must be introduced, as well as having a permanent broadband internet connection.

Innovation and adaptation to teaching methodologies in the Structures Engineering area presented in this paper are beneficial and appropriate, on the basis of results. This is especially needed in the context of the methodological change that has happened in the European Higher Education Area.

References

Ares, J.E., Diéguez, J.L., Hernández, P., Pereira, A., Pérez, J.A., & Peláez, G. (2009). Good practices in teaching of advanced processes in mechanical engineering projects learning groups. Materials Science Forum Vol. 625 pp. 43-49. Trans Tech Publications, Switzerland, http://www.scientific.net

Bacharach, N., Heck, T., & Dank, M. (2003). Co-teaching: A partnership in the classroom. Paper presented at the annual meeting of the Association of Teacher Educators, Jacksonville, FL.

Bordogna, J., Fromm, E., & Ernst, E. W. (1993). Engineering education: Innovation through integration. Journal of Engineering Education, 82(1), 3-8.

Carvalho, J. D. & Lima, R. M (2006). Organização de um Processo de Aprendizagem Baseado em Projectos Interdisciplinares em Engenharia. In Z. Martin, C. Pravia, L. A. Consalter & V. M. Rodrigues (Orgs.), XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia COBENGE´2006 (pp. 1.475-1.488). Passo Fundo, Rio Grande do Sul: Universidade de Passo Fundo.

Collis, B. (1998). WWW-based environments for collaborative group work Education and Information Technologies, 3, 231–245

Committee on Science, Engineering, and Public Policy (1997). Adviser, Teacher, Role Model, Friend: On Being a Mentor to Students in Science and Engineering

Communiqué of the Conference of European Ministers Responsible for Higher Education: The Bologna Process 2020 -The European Higher Education Area in the new decade.(2009) Leuven and Louvain-la-Neuve, http://ond.vlaanderen.be/hogeronderwijs/bologna/

Cook, L., & Friend, M. (1995). Co-teaching: Guidelines for Creating Effective Practices. Focus on Exceptional Children (26) 3

English, S., & Yazdani, M.(1999). Computer-supported cooperative learning in a virtual university. Journal of Computer Assisted Learning 15 (2) 2-13

Fernandes, S., Lima, R.M., Cardoso, E., Leão, C.P., Flores, M.A. (2009). An Academic Results Analysis of a First Year Interdisciplinary Project Approach to Industrial and Management Engineering Education. Ibero-American Symposium On Project Approaches In Engineering Education, 1, Guimarães, Portugal–"PAEE'2009".

Heitmann, G. (2005). Challenges of Engineering Education and Curriculum Development in the Context of the Bologna Process. European Journal for Engineering Education, 30 (4), 447-458.

Helle, L., Tynjälä, P., & Olkinuora, E. (2006). Project-based learning in post-secondary education - theory, practice and rubber sling shots. Higher Education, 51(2), 287-314.

Johnston, S. (1996). What can we learn about teaching from our best university teachers? Teaching in Higher Education, 1(2), 213-225

Klemm, W. R., Snell, J. R. (1996). Enriching computer-mediated group learning by coupling constructivism with collaborative learning. Electronic Journal of Instructional Technology 1(2).

Villa, R. A., Thousand, J. S., & Nevin, A. I. (2008). A guide to co-teaching: Practical tips for facilitating student learning. Thou-sand Oaks, CA: Corwin Press.

Wenzlaff, T., Berak, L., Wieseman, K., Monroe-Baillargeon, A., Bacharach, N., & Bradfield-Kreider, P. (2002). Walking our talk as educators: Teaming as a best practice. In E. Guyton & J, Ranier (Eds). Research on Meeting and Using Standards in the Preparation of Teachers. (pp.11-24). Dubuque, IA: Kendall-Hunt Publishing.

Methodology for designing biomedical engineering problems related to specific abilities and competencies: PUCSP case study

John Paul Hempel Lima and Carla da Costa Guimarães

* Department of Engineering, Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, Brazil

Email: jpmlima@pucsp.br and cguimaraes@pucsp.br

Abstract

Problem based learning (PBL) was implemented into the Biomedical Engineering course at the Pontifical Catholic University of São Paulo (PUCSP) in 2009 to increase the skills of graduate students, linking the theory learned in the classroom and professional practice as an engineer. The course is divided in five "axis" respectively "medical images", "medical electronics", "medical informatics", "biomechanical and rehabilitation engineering" and "clinical engineering". In a five year course each axis is subdivided in five modules with different technical degree. In this work it is shown how problems are constructed and arranged through a module focusing in achieving specific abilities and competencies. Results from two consecutive years are compared and discussed.

Keywords: PBL, biomedical engineering, abilities and competencies

1 Introduction

The biomedical engineering course at PUC-SP is divided into five major axes as follows: medical images, medical electronics, medical informatics, biomechanical and rehabilitation engineering and clinical engineering (figure 1) (PUCSP, 2009). This methodology structure aims to provide an approach that challenges students to have in-depth knowledge of engineering principles. The programme is organised in five larger learning modules (table 1) which are explored within a year. As an example, in the first year students will have an in-depth approach in radiology (X-Rays), basic electricity (direct current), computational concepts, materials science and hospital architecture. As a general rule, a course module usually requires twenty-five hours of classroom study per week over a 6-week term, where the student develops activities involving discussion in small groups, basic theoretical support (STB), theoretical Interactive support (STI) and interactive practice support (SLI). Through this program, students will have completed a total of 175 hours of instruction (inclusive each 3-hours examinations per activity) and practical training.

Although all these support activities, learning is centred in realistic problems. The main content of the course presented in each module (table 1) has been distributed and integrated with basic components of physics, chemistry and mathematics allowing the student to assimilate linkages between the conceptual theories and applied knowledge each problem. In order to learn from a given problem, some steps must be accomplished by using some methods as the seven-step approach (Schmidt, 1993).

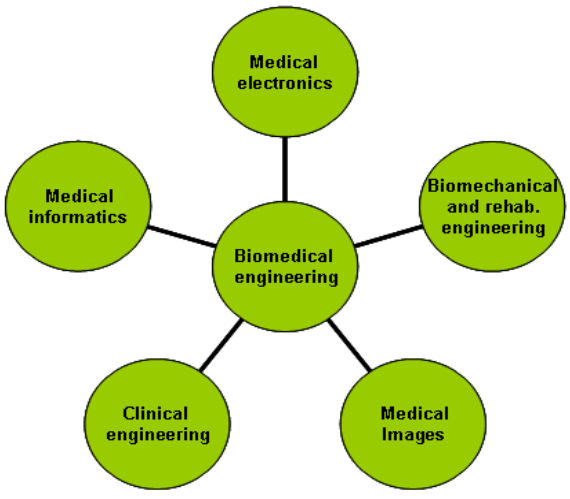


Figure 1: Five axis in biomedical engineering undergraduate course.

Table 1: 25 Biomedical engineering modules distributed over axis and years.

Year	Medical Images	Medical Electronics	Medical Informatics	Biomechanical and rehab eng.	Clinical engineering
First	X-Rays	Direct current	Computational concepts	Materials Science	Hospital architecture
Second	Computational Tomography	Alternating current	Applied computation	Biomaterials	Quality and maintenance
Third	Ultrasound and fiber optics	Signal processing and instrumentation	Modeling and simulation	Rehabilitation	Hospital administration
Fourth	Magnetic resonance	Microcontrollers and power electronics	Image processing and analysis	Ortheses and Protheses	Technology administration
Fifth	Nuclear medicine	Projects and electrical safety	Virtual reality, telemedicine and computational vision	Equipments and devices	Safety and biosafety

In problem-based learning (PBL) problems are made weekly by specialist teachers in order to address the knowledge regarded as essential in the curriculum of Biomedical Engineering. PBL is student-centered (Choo, 2003). Students meet in small discussion groups with the teacher playing the role of tutor or facilitator of learning to solve an interdisciplinary problem. Works of Walsh (Walsh, 2005) and others shows how a tutor has to participate in a tutorial session. A well elaborated problem with a problematic group can be transformed in an ineffective learning approach if the tutor does not intervene accordingly. Therefore, group composition is another important issue in PBL design. As an example, Hur and Kim (Hur, Kim, 2007) compared three different groups respectively active, reflective and a control group and they observed that active learners did not show highest scores in any scientific areas while the control group (mixed qualities) had the best teamwork participation level.

The interdisciplinary area allows students the flexibility to supplement their core study of engineer. Each problem is a set of questions that motivates students to search for a solution exploring their prior knowledge. This implies first that the students have to search for a way to find a solution and second the student needs to solve the given problem. In these groups the student has the opportunity to develop the ability to work in group environments including in his learning process skills and competencies required for the formation of an engineer better prepared to solve real problems. The PBL method employed in PUC-SP is not a pure PBL model based on the McMaster Medical School (Schimdt, 2003). It can be considered a hybrid PBL method (Masek and Yamin, 2010) that mixed with other approaches known as basic theoretical support (STB), theoretical Interactive support (STI) and interactive practice support (SLI). The methodology employed in the STB sessions consists of the classical engineering education with the professor standing in front of the lecture hall discussing about basic issues of physics, chemistry or mathematics. In order for students to learn more effectively and reinforce their knowledge to correlate with the previous knowledge, during the STI session students are trained to shift from being passive to independent and active learners. In this process, the professor discusses a topic asking questions to arouse the curiosity of the student on the subject. In addition, during the SLI session, students are placed to work into small groups to discuss the practical aspects of an experiment required in a science lab.

During tutorial group sessions, specials techniques to solve problems are employed such as Brainstorm (Kramer et al, 1997), unknown terms, questions, hypotheses and learning objectives. Brainstorming about the unknown terms, for example, is particularly useful to increase the richness of ideas explored. It provides opportunities for interaction among students (Kramer et al, 1997). It also improves comprehension of the problem by activating students **"**prior knowledge**"** and helping them link their prior knowledge to the new concept offered in the problem. Students discuss all these topics in group and they have one week to study, validate hypotheses, search for unknown terms and solve physical/mathematical questions. The problem is finished in group where each student shows their conclusions and results.

As one can see problems play a major role in learning process. Hung (Hung, 2009) propose a 9-step problem design process in which research, reflection, reasoning, connection, context and content (3C3R) must be developed in order to design a reliable and effective problem. In this 9-step approach designers first establish goals and objectives (step 1), then conduct a content/task analysis (step 2), specifies context (step 3), select or generate the PBL problem (step 4), conduct PBL problem affordance analysis (step 5), conduct correspondence analysis (step 6) conduct calibration processes (step 7), construct reflection component (step 8) and finally examine inter-supporting relationships of 3C3R components.

In this work, an example is shown of how a problem is designed in our course based on abilities and competencies expected for the future engineer.

2 Medical electronics - an example

It is known that biomedical engineering emerged from Roentgen experiments in X-Rays and Einthoven first electrocardiography machine (Gill, 2011). Since then biomedical engineering have one pillar in medical electronics.

In our course, medical electronics axis starts in the first year covering direct current circuits and principles. On the second year topics of alternating current are explored in a progressive difficult level. For each module a set of abilities and competencies is proposed covering different areas such as physics, chemistry, electricity, calculus, electronic devices, instrumentation, material properties, etc.

Table 2 shows the abilities and competencies expected to be fulfilled at the first year in Direct Current module. These are considered the main abilities and each module also has some secondary objectives from medical science and basic knowledge (math, reading, etc) to economics and ethical issues.

Table 2 : *Abilities and competencies covered at Direct Current Module.*

1	Recognize, calculate and apply electricity principles (Ohm's Law, Kirchhoff's Law) on the resolution of direct current circuits
2	Project DC power circuits for LEDs
3	Identify and interpret the use of resistors, capacitors inductors, diodes and LEDs in direct current circuits.
4	Design of an DC power supply system (batteries) for a biomedical device
5	Know how pulse oximeter devices work and the role of LEDs in its functioning.
6	Know how a pulmonary ventilator works
7	Know how a cardiac defibrillator works
8	Recognize electricity risks for the human body
9	Know the role of electrical sensors and electronic instrumentation in biomedical engineering
10	Recognize the importance of electrical signals and resistive sensors ((e.g. LDRs, strain gauges, photodiodes, thermistors, etc.) on human body monitoring
11	Operate electrical measurement devices such as multimeters (e.g. V, I, R), DC power supplies and oscilloscopes
12	Plot and interpret a characteristic curve of diodes and LEDs

2.1 Proposed Problems

Based on expected abilities and competencies for the first module (direct current module) it was developed a series of six progressive problems. Table 3 shows proposed themes, some covered topics and explored abilities and competencies. One can see that each problem is focused in three or four main abilities gradually covering all topics. Problems are constructed around the expected abilities and competencies but are filled with secondary objectives in areas such ethics, economics, medical science, moral issues, etc.

Although each problem covers different topics, in this module all problems insist in basic knowledge common to all of them. In this particularly case, the most common ability and competency is to recognize, calculate and apply electricity principles on the resolution of direct current circuits.

As an example of a problem construction, in the fourth week it is expected that our students study and know what is a capacitor, how it works, its main equations and its use in a biomedical device. In order to fulfill these main objectives we developed a problem based on a cardiac defibrillator. In the next paragraphs it is shown an example of this proposed problem.

"During a flight to Europe in 1971, a man with 50 years old, showed dyspnea, cold sudoresis, strong pain at chest and left arm and following these symptoms he had a cardiac and respiratory arrest. Immediately a flight attendant requested a presence of a doctor (among the passengers), who answered promptly. After examining the patient, he tried cardiopulmonary resuscitation (CPR) maneuvers as cardiac massage and mouth-to-mouth resuscitation, unsuccessfully. Then, he asked for a defibrillator to execute a transthoracic defibrillation (the only equipment available was a simple capacitive discharge defibrillator device - monophasic wave).

Due to a sweaty chest, the doctor first cleaned the area then verified if there was any metal near the patient and then, he placed the electrodes on the chest. Using a selector he first set the equipment to 360J. He waited the "ready light" to turn on then he pressed the "apply" button.

After checking the vital signs, he adjusted the selection for maximum energy (400J). This time the equipment took more time to charge. He waited the ready light, pressed the apply button but it was unsuccessful again.

Table 3 : *Explored abilities and competencies in problems of first year medical electronics module.*

Abilities and competencies (number)	First module (direct current) problems					
	First	Second	Third	Fourth	Fifth	Sixth
Theme	Infant incubator	Pulmonary ventilator	Electrical shower accident	Cardiac defibrillator	pulse oximetry	blood presure
Some covered topics	Ohm's Law; Kirchhoff's Law; elec. resistance, resistivity; temperature sensors	Batteries; power supply; electrical power; charge;	human body resistance; electrical shock; leak current	capacitors; RC discharge circuits; time constant; Energy	LEDs; power supply; battery; photodiodes	strain gauge; sensors; resistivity; Wheatstone bridge
1	X	X	X	X	X	X
2					X	
3	X	X	X	X		
4		X				X
5					X	
6		X				
7				X		
8			X			
9	X					X
10	X					X
11				X		
12					X	

According the manufacturer, the maximum voltage between the plate is 5 kV and for circuit calculations they consider a patient resistance of 50 Ohms. If the internal capacitor showed a defect (figure 2), which capacitor should be selected for replacement? If the user changes the "applied energy" selection, what is altered in the circuit? "

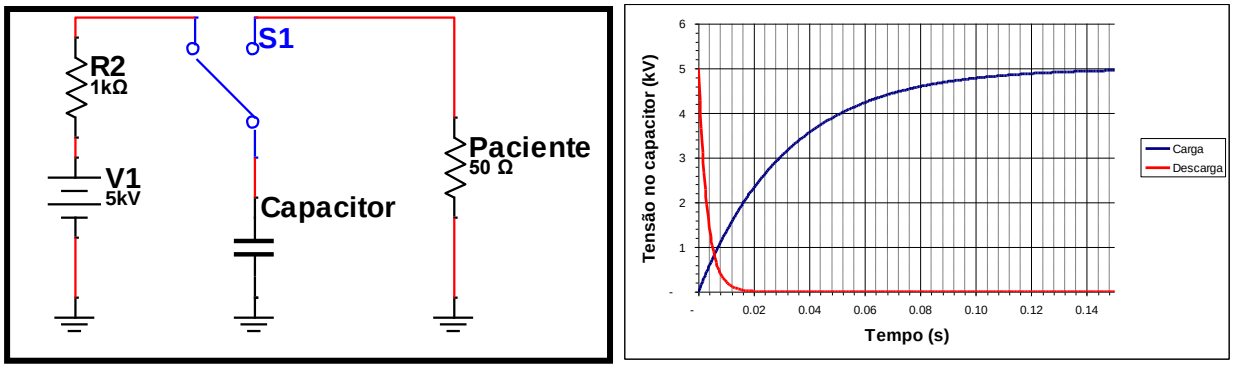


Figure 2: *Basic defibrillator circuit and capacitor voltage charge/discharge characteristics.*

3 Discussion

The problem above (Cardiac defibrillator) was applied for two different years in five different tutorial groups (group 1, 2 and 3 are from the same year and group 4 and 5 from a posterior one). Table 4 summarizes the unknown terms obtained for all groups.

One can see that group 3 did not select "medical terms". This behaviour is explained by the presence of a BSc in veterinarian medicine in the group. Her prior knowledge about those terms was accepted by the group.

Although she also answered what is a defibrillator, the group decided to maintain as a unknown term "defibrillator" due to the importance of this concept on the problem resolution.

Table 4 : *Unknown terms extracted from the example problem.*

Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
dyspnea	dyspnea	---	dyspnea	dyspnea
sudoresis	sudoresis	---	sudoresis	sudoresis
CPR	CPR	CPR	CPR	CPR
defibrillator	defibrillator	defibrillator	defibrillator	defibrillator
Transthoracic defibrillation	Transthoracic defibrillation	---	Transthoracic defibrillation	Transthoracic defibrillation
Capacitive discharge	Capacitive discharge	Capacitor	Capacitive discharge	Capacitor
Monophasic wave	Monophasic wave	Monophasic wave	Monophasic wave	Monophasic wave
electrodes	---	---	---	electrodes
Circuit symbology	Circuit symbology	Circuit symbology	Circuit symbology	

Some differences can be viewed in table 4, which is an expected result due to different group profile. The main unknown terms are common for all groups indicating that our goal was reached in presenting new and important terms. Prior knowledge can be explored by unknown terms and brainstorm activity. Tutors use their experience in situations that the students apparently do not know what the meaning of that term is by asking questions and making challenging assumptions. It is important to notice that the group heterogeneity is important to imply in a rich discussion and an interesting workflow.

Table 5 summarizes all the questions formulated by the groups. In order to analyse the data similar questions were grouped in common topics (e.g. group 1: How a defibrillator works? group 2: Explain the operation principle of a defibrillator).

It is possible to observe that some groups formulated new and different questions such as "*what are the main causes of cardiac arrest*?". Our tutors main goal is start focusing on the main problem questions but they are also instructed to allow free discussion of secondary objectives as this one.

Table 5: *Formulated questions.*

Questions	Groups	Highly expected
How a defibrillator works?	1, 2, 3, 4, 5	X
How a CPR is correctly performed?	1, 2, 3, 4, 5	
What are the types of defibrillation?	1, 2, 3, 5	X
Which capacitance value can be used to replace the defect capacitor?	1, 2, 3, 4, 5	X
If user changes the energy level, what is altered in the circuit?	1, 2, 3, 4, 5	X
How a capacitor works?	1, 2	X
Interpret and explain the schematics and both curves in figure	1, 2, 4, 5	X
Why the doctor cleaned the chest prior to apply the defibrillator?	1, 2, 3, 4, 5	
How the heart works? Why energy can make it work	3, 4	
What are the main causes of cardiac arrest?	3, 5	
What is the influence of a metal near the patient during the defibrillation process	1, 4	

Our practice shows that it is very important that each tutor work as a facilitator in the learning process. Tutors that are not specialists in the proposed theme and topics sometimes demonstrate difficult in leading the discussion on important topics rather leaving the discussion on secondary objectives.

Hypotheses vary largely from group to group. As mentioned above (Hur and Kim, 2007) learning styles and group formation leads to different outcomes, which was previously expected, because PBL problems are not intended to generate a single and unique answer. Open-ended problem contribute to develop critical thinking in students increasing their knowledge and their ability to deal with new complex situations. Each team have a prior knowledge that can be explored during the brainstorm step and during the hypotheses formulation. Tutors have some influence in hypotheses formulation controlling the direction of discussion. A variety of methods to evaluate student performance is employed in PBL method. In our course there are no grades, only criterion-referenced system (sufficient/not sufficient) to make decisions about students' progress. During each of six tutorial group meetings within a module, students are assessed by oral participation during the debate about the problem study and by an individual report (portfolio). The portfolio should be structured as follows: (1) include a brief summary of the problem, stating what the objectives are being achieved; (2) include a list enumerating the unknown terms of the problem with the description of the terms; (3) include results of the research in the literature and data that will support the solution to the questions that were developed in group during the problem analysis. It is important to separate the questions, when possible, in areas (medicine, physics, engineering, management) to highlight the interdisciplinary nature of the problem. In this point, is important that the tutor has discussed previously with students what plagiarism is and how to avoid it. Plagiarism is deemed unethical and it could be appear in report when students practice the ease of co-called 'cutting and pasting' from sources on the web (Price and Price, 2005). (4) include the evaluation of the hypotheses that were established by the group during the tutoring session deciding whether the assumptions are reasonably complete or incomplete. In the latter case, the hypothesis must be corrected presenting a reasoned justification; (5) include a short description of the learning objectives of the problem; (6) include a conceptual maps that student can be created when student synthesizes and integrate newly found information; (7) include critical summary which discusses what the problem addressed and how the student solved it and sought the information and (8) include a bibliography. The tutor should encourage students to research the answers in the books of the library and not only in web sources.

In STB sessions there is no standard pre-set to evaluate the performance of a student. Thus, the teacher is responsible for selecting the best method to be used to. Typically, students are usually assessed by tests, lists of exercises and mini-reports that describe a technical visit or even a mini-report describing an experiment that was demonstrated by the teacher. In the STI session, students are assessed by a long quiz about the main subject in the module, like electronic, for example. Quiz provides an opportunity to demonstrate what students have learned and to discover the scope and depth of their knowledge. If the student could not get the concept itself "sufficient" in the module, he will have a second chance to do a new quiz at the end of the module and, if he continues with concept of insufficient, there is final examination at the end of the year. In the SLI session, students are evaluated in practical examinations to ensure that students are able to apply skills learned during the course.

4 Conclusions

Problem based learning in PUCSP shows promising results by motivating students and giving them a direct contact with realistic situations. Our biomedical engineering course is divided in five major axis covering multidisciplinary areas.

The first step in proposing an effective problem is to have well established abilities and competencies for the axis. Second, it is important to break those abilities in small blocks which in our case we called modules. For each module a set of six week-problems is proposed by combining different topics, abilities and competencies. Then the problems can be designed with a very specific focus.

Although problem-based learning is centred in problem learning objectives it is essential to develop concise problems with different difficulty steps. Inverting problems (e.g. basic problem after a complex one) between the weeks can lead to weak progress for the students.

Even though different groups approach the problem in different ways it is important that all students reach all the proposed goals. Comparison between five groups showed that individual prior knowledge can simplify research topics (unknown terms) and induce secondary questions and hypotheses but all students know what the learning objectives are and formulate similar questions.

Acknowledgements

The authors thank all biomedical engineering staff at PUC-SP, who has contributed giving suggestions during the preparation of the problems, specially Drs Paulo Roberto Pialarissi, José Jarjura Jorge Jr and José Augusto Lopes.

Bibliography

Dukes, M. D., (2009) Comparing problem-based learning and lecture as methods to teach whole-systems design to engineering students, Thesis, Clemson University

Gill, K., (2011) The History of Biomedical Engineering, ebook

Choo, B. S. (editor)., (2003) Teaching Engineering through Problem Based Learning, Case Study, PBLE Guide,; http://www.pble.ac.uk/guide-final-2003-08-12-v11.pdf

Hung, W. (2009) The 9-step problem design process for problem-based learning: Application of the 3C3R model, Educational Research Review 4, 118

Hur, Y. and Kim, S. (2007) Different outcomes of active and reflective students in problem-based learning, Medical Teacher, 29, 18

Kramer, M.W.; Kuo, C. L.; Dailey, J. C.; *(1997).* The Impact of Brainstorming Techniques on Subsequent Group Processes, *Small Group Research, 28, 218*

Masek, A and Yamin, S. (2010). Problem based Learning Model: A collection from the Literature. Asian Social Science. 6, 8.

Price, J and Price, R. (2005). Finding the true incidence rate of plagiarism. International Education Journal, 6(4), 421-429.

PUC-SP, (2009). Projeto pedagógico do curso de engenharia biomédica

Schmidt, H.G. (1983). Problem-based learning rationale and description. Medical Education. 17, 11-16

Walsh, A.; (2005). The tutor in PBL: a novice's guide, McMaster University Health Science.

Incoming society challenges for Engineers

Maria João Barros*, Maria Margarida Machado Pires+

* Secção Regional dos Açores da Ordem dos Engenheiros. Ponta Delgada, Portugal
+ Department of Technological Sciences and Development, University of Azores, Campus of Ponta Delgada, Apartado 1422, PT-9501-801 Ponta Delgada, Portugal

Email: mbarros@uac.pt , margaridap@uac.pt,

Abstract

Our world is transforming, creating complex social challenges.To be an Engineer in this world it is not only necessary the acquisition of technical knowledge, to be an engineer it is needed much more… An engineer needs to work in a team, needs to behave at any social situation and to reveal a self image that he is as competent as educated! In this perspective, a course that promotes the teaching of ethics and good manners at any situation, from the dinner table to the meeting table, should be included in any engineering curricula and experimentally implemented. This paper presents in a detailed manner this innovative course and its expected results. This two hours weekly course will have a theoretical part and a practical component where the students will face ordinary and unusual real situations is also included. The inclusion of such subject in the curricula will promote the maintenance of the class prestige, helping engineering professionals' to conduct themselves in the society and to deal with the incoming challenges.

Keywords: ethics; good manners; engineers; society.

1 Introdução

O fato do nosso mundo estar sempre em transformação cria novos desafios para qualquer profissional, em particular para aqueles que desenvolvem o seu trabalho numa área tecnológica como os engenheiros.

Na realidade, para se ser Engenheiro não é apenas necessária a aquisição de formação técnica, para se ser um engenheiro é necessário muito mais...

Um engenheiro precisa trabalhar em equipa, precisa saber comportar-se em qualquer situação social e transmitir uma imagem de que é tão competente como educado.

Quer a cortesia quer o protocolo são necessários para dar um tom civilizado às nossas relações sociais. A cortesia e o protocolo são conceitos extraordinariamente próximos, pois a cortesia é na vida privada o que o protocolo é na vida oficial. Tratam-se de dois conceitos diferentes, mas complementares, como dois círculos concêntricos, o maior dos quais — a cortesia — englobaria o menor — o protocolo, de modo que poderá haver atos corteses que não estavam previstos no protocolo, mas não poderá haver atos protocolares que não sejam corteses (Marchesi, 1994).

A cortesia é mais difícil de definir do que o protocolo, pois baseia-se tanto em sentimentos como em tradições e costumes. No entanto, as regras que a definem devem ser sempre seguidas.

O protocolo nos atos oficiais é necessário para dar a estes a pompa e circunstância que merecem, de forma a que a cada interveniente sejam reconhecidos os privilégios merecidos. As regras do protocolo devem ser aplicadas com bom senso, apesar da sua pouca flexibilidade.

O aluno de engenharia, ao longo do seu percurso académico, desenvolve competências para resolver problemas técnicos, mas para resolver os problemas associados às relações interpessoais e à contribuição para a sociedade ele necessita de desenvolver outras competências, essenciais para o seu sucesso profissional e pessoal.

Paralelamente, ainda enquanto estudante, o futuro engenheiro deverá ficar ciente do importante papel que irá desempenhar na sociedade e das respetivas responsabilidades e, assim, perceber a necessidade de ter conhecimento e de cumprir os códigos de conduta.

Nesta perspetiva, uma disciplina cujo objetivo seja a aprendizagem da ética e da cortesia que promova a desenvoltura desejada em qualquer situação, desde a mesa de jantar até à mesa de reuniões, deve ser incluída em qualquer currículo de engenharia.

Para esta disciplina propõe-se a utilização de uma metodologia do tipo *Project Based Learning,* que recorre à resolução de problemas para a aprendizagem dos conteúdos e que permite desenvolver outras competências interdisciplinares, tais como o pensamento crítico, a investigação e a comunicação.

Este artigo apresenta a unidade curricular inovadora que se pretende implementar experimentalmente, bem como os resultados esperados.

2 Estrutura da Disciplina

A disciplina que aqui se propõe baseia-se nos princípios fundamentais que são apresentados nas secções seguintes, concretamente, ética, autoimagem e cortesia e protocolo.

A disciplina terá caráter semestral, de duas horas semanais, e será equivalente a 1,5 ECTS, com 28 horas de contato e 14 horas de trabalho autónomo.

2.1 Ética

Toda a profissão possui uma dimensão social, de utilidade comunitária.

A ética e a deontologia de uma profissão constituem em conjunto o seu respetivo código de conduta profissional, onde estão fixados os deveres e as responsabilidades requeridos por um determinado ambiente profissional. Um código de conduta profissional é um elemento indispensável para o exercício livre e responsável de qualquer profissão.

Os engenheiros como os membros de uma Ordem profissional têm os direitos e os deveres decorrentes do respetivo Estatuto e da legislação em vigor.

No exercício da atividade profissional o engenheiro tem para com a comunidade o dever de possuir uma boa preparação, de modo a desempenhar com competência as suas funções e contribuir para o progresso da engenharia e da sua melhor aplicação ao serviço da Humanidade (Decreto-Lei n.º 119/92).

O engenheiro deve pugnar pelo prestígio da profissão, usando sempre de boa-fé, lealdade e isenção, emitindo os seus pareceres profissionais com objetividade e isenção. O engenheiro só deve assinar pareceres, projetos ou outros trabalhos profissionais de que seja autor ou colaborador (Decreto-Lei n.º 119/92).

Os Deveres do engenheiro para com a entidade empregadora e para com o cliente são vários destacando-se o compromisso de contribuir para a realização dos objetivos económico-sociais das organizações em que se integra, o dever de prestar os seus serviços com diligência e pontualidade, dever de não divulgar nem utilizar segredos profissionais ou informações, salvo se, em consciência, considerar poderem estar em sério risco exigências de bem comum. Relevam-se, finalmente, os deveres recíprocos para com os colegas (Decreto-Lei n.º 119/92).

2.2 Autoimagem

Para ter maior êxito na sua profissão, o engenheiro, para além de ser competente e trabalhador, deverá sempre cuidar da sua imagem. É fundamental ter sempre em atenção a higiene, a indumentária e a postura. As impressões visuais são importantes para a conceção da imagem que se transmite.

A expressão corporal transmite algumas mensagens, pode revelar segurança, domínio da situação, agressividade. Os braços cruzados, por exemplo, revelam uma atitude defensiva ou de desacordo. Ficar em pé, com as costas retas e o queixo erguido transmite uma imagem da autoconfiança. Unir as mãos atrás das costas transmite a ideia de elegância e de autoridade, enfiá-las nos bolsos, nunca.

Numa conversa um ouvinte demonstra o seu interesse e atenção quando se inclinar ligeiramente para frente e reagir ao interlocutor com um leve aceno de cabeça ou um sorriso discreto.

Outro sinal de interesse é olhar a outra pessoa nos olhos no decorrer da conversa. Todavia, é de evitar olhar fixamente, pois provoca desconforto no interlocutor.

Quando falar em público, mostre um ar seguro, fale de forma natural e não vacile. Não interrompa os outros e aguarde pacientemente a sua vez de falar.

Uma metodologia eficaz para enfrentar as diferentes situações com as quais se pode deparar é procurar ter uma visão aprofundada de si próprio e dos seus atos, ou seja, ter um bom conhecimento de si mesmo. Com base neste conhecimento, o seu comportamento poderá ser continuamente aperfeiçoado.

2.3 Cortesia e Protocolo

Em cortesia tudo o que não é simples e natural é pretensioso e pode até tornar-se ridículo. Sem esta não se concebe a vida social civilizada, tal como não se entende a vida oficial sem protocolo.

O bom senso recomenda que se tenha em atenção as particularidades associadas a grupos, a religiões ou mesmo a nações.

Neste capítulo descrevem-se alguns códigos de conduta que definem as regras de cortesia em Portugal.

2.3.1 Pontualidade

A pontualidade demonstra o nosso respeito pelos outros. Nesse sentido, nunca se deve chegar atrasado a um evento, mas chegar antes da hora marcada poderá também causar desconforto social. Se tiver que chegar atrasado devido a alguma emergência, convém avisar e explicar o motivo.

2.3.2 Obrigações com visitantes de outras empresas ou instituições

A visita deve ser preparada cuidadosamente com a maior antecipação possível e acordando previamente com a outra parte os pontos mais importantes do programa. O visitante deve ser recebido no aeroporto ou na estação e, no final da visita, deverá ser reconduzido. Uma vez deixado no alojamento o visitante não deverá ser incomodado, enquanto o programa o permitir. No final da visita deve-se oferecer um bonito presente ou recordação.

2.3.3 O uso do telefone

Ter bons modos ao telefone pode fazer uma diferença enorme tanto na vida pessoal como na vida profissional. De seguida enumeram-se algumas situações a evitar quando se usa o telefone.

Numa ligação telefónica, deverá falar de um modo calmo e agradável.

Ao atender ao telefone, evite perguntar quem fala. Só faça esta pergunta se não conseguir identificar quem lhe ligou e se esta não se tiver identificado.

Quando realizar uma chamada não se identifique usando o título, no entanto trate o seu interlocutor pelo respetivo título, somente pelo nome quando houver algum relacionamento pessoal.

Enquanto estiver a falar ao telefone, não faça outras coisas que interfiram na comunicação. A pessoa do outro lado deve sentir que lhe está a dar a devida atenção. Não tussa, espirre nem assoe o nariz diretamente diante do telefone. Desculpe-se e afaste-se do aparelho. Se precisar deixar o aparelho por alguns instantes, pouse-o silenciosamente.

Durante uma reunião no seu gabinete, se o telefone tocar, peça licença, atenda e, ao desligar, desculpe-se pela interrupção. O telemóvel deverá estar desligado ou no modo silencioso, exceto em casos especiais. Nesses casos, avise que este está ligado e explique o motivo.

Se receber um telefonema mas precisar de algum tempo para dar uma resposta, comprometa-se a ligar, informando quando o fará. Pelo contrário, se iniciar a comunicação e a outra pessoa precisar de um tempo para dar uma resposta, pergunte quando é que pode voltar a ligar.

Quando está ao telefone e entra no gabinete alguém previamente convocado a chamada deve ser interrompida.

Quando uma comunicação é cortada, quem deve repetir a chamada é quem fez o telefonema. Esta regra só deve ser quebrada quando o outro prolonga demasiado a conversa, mesmo depois de lhe dizer que está muito ocupado ou que tem um compromisso urgente. Uma solução educada será interromper a conversa dizendo "foi um prazer receber sua chamada, mas preciso de desligar".

2.3.4 O uso do correio eletrónico e das redes sociais

Tendo em conta o aumento das relações virtuais de carácter profissional destacamos algumas regras básicas que deverão ser respeitadas.

Jamais incomodar os seus contatos com assuntos irrelevantes ou com mensagens que não sejam do foro estritamente profissional.

Numa mensagem os endereços da *mailing list* devem estar ocultos. Nunca deixe um assunto pendente, responda sempre às mensagens.

2.3.5 Apresentações, tratamento e cumprimentos

Devem sempre fazer-se as apresentações dizendo primeiro o nome da pessoa com menor categoria. Numa apresentação, se não se perceber um nome deve-se pedir que repita. No caso de se tratar de alguém muito conhecido dos meios de comunicação deve omitir-se o nome e mencionar apenas o cargo.

Quando apresentar o seu cônjuge, identifique-o como “meu marido” ou “minha mulher”, conforme o caso, e refira o nome.

Numa reunião de empresa o cliente deve ser apresentado depois dos membros da equipa. No caso de pessoas que ocupem um cargo, menciona-se primeiro o cargo e depois o nome. Se numa reunião não tiver sido previamente apresentado, apresente-se logo que surja a oportunidade, mencionando o seu nome e, caso se justifique, a afiliação.

Cabe à pessoa com mais idade ou com mais categoria tomar a iniciativa de simplificar o tratamento, para "tu".

Nunca deixe de cumprimentar sempre que chegar a uma reunião. A forma de cumprimentar revela muito a cerca da pessoa. O mais natural será cumprimentar de aperto de mão uma vez que nem sempre nos apercebemos se um beijo será bem aceite. Um homem só estende a mão a uma senhora se ela em primeira instância o fizer, bem como uma pessoa mais jovem em relação a uma pessoa mais velha. O aperto de mão deve ser firme, deve olhar-se nos olhos de forma amistosa e franca.

Não se deve permanecer sentado enquanto se cumprimenta alguém.

Só no caso em que entram no espaço pessoas conhecidas é que não será necessário levantar-se para cumprimenta-las, poderá apenas esboçar a intenção do movimento evitando assim perturbar o ambiente ou incomodar os outros elementos presentes.

2.3.6 Os convites e cartões-de-visita

Os convites devem ser respondidos imediatamente, no máximo dentro das quarenta e oito horas seguintes.

Os convites devem ser enviados com quinze dias de antecedência elucidando o convidado qual o motivo, homenagem a quem, comemoração de quê... No convite deve figurar RSFF (Responda se faz favor) na parte inferior do mesmo seguida dos contatos, telefone, fax ou correio eletrónico. A direção e/ou mapa do local do evento também deve figurar também no convite. Em situações de alguma importância dever-se-á indicar no convite o traje masculino. Enquanto convidado, em caso de dúvida dever-se-á "pecar por excesso".

O uso de cartões-de-visita, no trabalho, poderá ser uma mais-valia. Os cartões-de-visita devem fornecer várias alternativas de contato, como telefone, endereço para correspondência, correio eletrónico e endereço de página da empresa, se existir. Os cartões devem ser entregues no final da reunião ou, se for antes, à secretária da pessoa com quem irá ter a reunião. No caso de uma refeição de negócios é preferível entregar o cartão no final da refeição.

O cartão deve ser utilizado como um todo e o nome deve fazer parte da mensagem ou funcionar como uma assinatura. Só deverá assinar o cartão-de-visita se escrever apenas no verso do mesmo, tal como se ele fosse um cartão normal em branco.

2.3.7 Protocolo à mesa

Não estranhamente, o protocolo à mesa quer seja de jantar quer seja de reuniões tem muito em comum, na realidade tratam-se de situações semelhantes em que um grupo de pessoas se reúne com um objetivo comum.

Sentar só depois da pessoa de mais categoria se sentar, o mesmo se passa para começar a refeição. Mantenha uma postura ereta na cadeira. Enquanto estiver sentado, as mãos nunca devem repousar no colo.

O guardanapo deve ser colocado no colo, no caso de ser de tecido, com uma dobra longitudinal.

Se se atrapalhar com os talheres que vai usar utilize-os na sequência em que estão colocados e de fora para dentro. Só os garfos e as colheres têm permissão de ir à boca.

Os braços devem estar sempre próximos do tronco de modo a não incomodar quem se encontra ao nosso lado. Os talheres devem estar pousados no prato enquanto não os utiliza, cruzando-os sobre o prato e de modo a que os cabos nunca fiquem pousados no tampo da mesa. Este é um sinal de que ainda não terminou a refeição.

Mastigue em silêncio. Para facilitar, corte pedaços pequenos da comida e mastigue-os com a boca fechada. Também não se deve beber enquanto estiver com a boca cheia. Antes de bebericar deve limpar sempre os lábios. Não mastigue o gelo das bebidas. Nunca estique o braço para pegar em alguma coisa que esteja longe.

Deve evitar-se ajeitar o cabelo à mesa, mas pentear ou retocar a maquilhagem nunca! Diante dos outros, em momento algum use o palito de dentes ou tente limpar os dentes com a língua.

Quando terminar a refeição, não movimente o prato e deixe os talheres na posição das quatro e vinte ou das seis e meia.

Numa refeição, o anfitrião é que define se serão consumidas bebidas alcoólicas ou não. O anfitrião é quem inicia a refeição. Se for um convidado, não reclame acerca da comida nem do serviço. Coma e beba com moderação.

Enquanto estiver sentado à mesa, não desvie o olhar para as outras mesas. Concentre-se em quem está sentado na sua mesa. Se houver lugar a brinde, só se começa a beber depois deste. Uma vez feito o brinde, só pouse o copo sobre a mesa depois de beber.

Deve solicitar previamente ao chefe de mesa que a conta lhe seja entregue diretamente, no caso de a querer pagar em exclusividade.

À mesa de reuniões existe um conjunto de regras protocolares fundamentais, nomeadamente: ser direto e assertivo e não abordar temas delicados. Em caso algum perca o controlo de si próprio.

Em ambientes culturais diferentes, deve ter o cuidado de aprofundar previamente os seus conhecimentos acerca dos mesmos.

2.3.8 As prioridades

Numa passagem, a prioridade deve pertencer à pessoa com mais idade ou com mais categoria. As senhoras têm prioridade em relação aos senhores, exceto ao subir escadas.

3 Metodologia de Trabalho

A abordagem *PBL* baseia-se num projeto que envolva o interesse e a motivação dos alunos para responder a uma questão ou resolver um problema. Através do pensamento crítico, da investigação e da comunicação, o aluno aprende os princípios fundamentais que são necessários para encontrar a resposta ou a solução e adquire ensinamentos que são importantes para a sua vida.

É imperativa uma indicação objetiva clara e concisa do projeto. Ao longo do processo de investigação, estruturada em trono de questões complexas e autênticas, é elaborado um plano de projeto para orientar os alunos, que são desfiados a trabalhar em equipa formando grupos de trabalho. O desempenho é avaliado numa base individual e leva em conta a qualidade do produto obtido, a profundidade da compreensão da importância do papel do engenheiro na sociedade e a aprendizagem dos princípios fundamentais, demonstrando a relevância do cumprimento destes.

Como projeto a propor aos alunos indica-se, a título de exemplo, um projeto no qual se pretende que os estes descubram o algoritmo do sucesso de um determinado prestigiado engenheiro. Neste contexto, os alunos serão desafiados a montar uma biografia daquele profissional, contextualizando também as situações nas quais os conteúdos desta disciplina seriam relevantes ou determinantes para o sucesso.

4 Avaliação

A avaliação dos conhecimentos e competências adquiridas pelos alunos é realizada através de: um trabalho escrito e de uma apresentação oral que reflita o processo utilizado para produzir o trabalho; e a organização de um evento de natureza científica e social, como por exemplo um seminário de divulgação de trabalhos realizados no âmbito desta disciplina, seguido de um momento de confraternização e degustação.

A nota final a atribuir a cada aluno será o resultado da média ponderada dos momentos de avaliação, com os seguintes coeficientes: 35% para o trabalho escrito; 35% para a apresentação; 30% para o trabalho de organização de um evento.

5 Resultados Esperados

O maior desafio para qualquer profissional, em particular para aqueles que desenvolvem o seu trabalho numa área tecnológica como os engenheiros é, face ao atual ritmo alucinante da sua vida e à exigente evolução tecnológica, não descurar as relações interpessoais, valorizando e respeitando cada pessoa.

Para se ser Engenheiro não é apenas necessária a aquisição de formação técnica, para se ser um engenheiro é necessário ter um comportamento que se coadune com os códigos de conduta, que o valorize enquanto pessoa humana. Assim, ao trabalhar em equipa, este estará motivado para a cordialidade seguindo as regras de cortesia e de protocolo.

Adquiridos estes conhecimentos, o futuro engenheiro, mais aperfeiçoado, melhor preparado, estará certamente mais tranquilo em qualquer situação que se lhe depare e disponível para se focar nos seus objetivos profissionais.

A inclusão desta matéria nos currículos irá promover o prestígio individual e assim a recuperação do prestígio da classe.

Espera-se que este curso possa contribuir para uma nova perspetiva que conduza os Engenheiros e a sociedade a um futuro melhor.

Referências

Marchesi, M. R. (1994). O livro do protocolo. Editorial Presença.

Estatuto da Ordem dos Engenheiros (*Aprovado pelo Decreto-Lei n.º 119/92, de 30 de Junho*), Deontologia profissional, 3.ª edição, Lisboa 2002.

Amaral, Isabel (2008). Imagem e Sucesso - Guia de Protocolo para Empresas. Verbo, 8ª edição, Lisboa.

Paper Session A2

A Formação Docente para o Ensino das Ciências Naturais e da Biologia a partir de Diferentes Abordagens Educacionais

Maria Otilia José Montessanti Mathias

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo Campus Monte Alegre, 05014-901, São Paulo, Brasil

Email: momathias@pucsp.br

Abstract

We can consider that Teacher Development is a permanent field of studies and research in a society that goes through transformations in all dimensions. As I regard Teacher Development as a big challenge to be overcome, I devised this Research Project starting with the following problem: What is the relation between graduation in Science and Biology based on the educational approaches that develop learning through investigation: learning based on problems, on problem solving and projects of work and a future teaching practice that uses these approaches? This problem can be unfolded in the following questions: Is the performance of Science and Biology teachers conditioned by the models of pedagogical practices based on educational approaches experienced as students during the graduation program? Is the Development of Teachers of Science and Biology through educational approaches a necessary and enough condition for the adoption of these approaches in their pedagogical practice when they are graduated and performing as teachers? This Research Project has the following objectives: investigate the relation between Teacher Development in the courses of Science and Biology during graduation through the educational approaches that develop teaching through investigation: learning based on problem, problem solving and projects of work by the teachers of Science and Biology. That will be developed from an exploratory research with the purpose of promoting proximity to the problem to be investigated. The steps will be: bibliographic research of the field of studies, interview and questionary application to teachers selected in Elementary Education, High School and Secondary Level.

Key Words: Teacher Development, Educational Approaches, Teaching through Investigation.

1 Introdução

A formação docente apresenta-se como um grande desafio nos dias atuais. São inúmeros os fatores, divulgados largamente pelos mais diferentes veículos da mídia, que contribuem para a desvalorização da profissão e, consequentemente para a desqualificação da educação. Considerando-se a disponibilidade de acesso às informações, a função docente não se ocupa mais da transmissão dessas informações, mas de possibilitar ao aluno condições de interpretá-las, analisá-las e emitir um julgamento.

Embora os conhecimentos científicos que compõem o Ensino das Ciências Naturais e da Biologia façam parte do dia a dia do aluno, na maioria das vezes, o ensino dessas disciplinas acontece desvinculado da realidade desse aluno, não lhe permitindo estabelecer relações entre as produções científicas e seu contexto.

A partir dessas considerações, é preciso pensar numa formação docente fundamentada em abordagens educacionais que priorizem *o ensino por investigação*, viabilizando a formação de um cidadão com espírito crítico. É preciso ainda, relacionar como ocorre a formação docente na graduação e as razões que levam um (a) professor (a) a adotar em sua prática pedagógica abordagens educacionais que se fundamentam nesse ensino como, por exemplo, *aprendizagem baseada em problemas (ABP), solução de problemas e projetos de trabalho.*

Podemos considerar que *o ensino por investigação* possibilita a aproximação entre a pesquisa científica e a prática de ensino desenvolvida na sala de aula e, incentiva o docente a superar o modelo didático, tão presente ainda no ensino das Ciências Naturais e da Biologia, fundamentado na transmissão de saberes estáticos. Esse ensino promove desafios à inteligência do aluno, baseado no raciocínio, na reflexão e não apenas na memorização dos conteúdos escolares.

O ensino por investigação - das Ciências Naturais e da Biologia - desenvolvido por meio dessas abordagens educacionais possibilita ao aluno formação para que ele seja capaz de compreender os conhecimentos científicos e utilizá-los na interpretação do cotidiano, a partir de sua vivência na comunidade; seja capaz ainda, de relacionar os conhecimentos apresentados durante o curso com a sua vida e realidade.

Segundo as orientações educacionais apresentadas pelo Parâmetro Curricular do Ensino Médio – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (2000) esses conhecimentos, selecionados como conteúdos do planejamento, desenvolvidos durante as aulas devem: propiciar condições para que o aluno compreenda a vida como manifestação de sistemas organizados e integrados, em constante interação com o ambiente físico-químico; promover relações para que o aluno reconheça que tais sistemas se perpetuam por meio da

reprodução e se modificam no tempo em função do processo evolutivo, garantindo a diversidade dos organismos e estabelecendo relações dos seres vivos entre si e com o ambiente.

O processo de ensino e aprendizagem promovido por *investigação,* a partir das abordagens educacionais, *aprendizagem baseada em problemas* (*ABP), solução de problemas e projetos de trabalho* bem como das interações entre professor - aluno e aluno – aluno possibilita que o aluno caracterize a produção da ciência como uma atividade humana em constante transformação, resultante de fatores históricos, sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos, tecnológicos e não neutra; reflita também, sobre temas polêmicos que podem interferir nas condições de sua vida, como, por exemplo, transgênicos, clonagem, reprodução assistida, aquecimento global e biocombustíveis. Ao vivenciar esse processo é esperado que o aluno se perceba como organismo, sujeito aos semelhantes processos e fenômenos que os demais seres vivos; identifique-se como agente capaz de modificar o processo evolutivo, alterando a biodiversidade e as relações estabelecidas entre os seres vivos.

Para que esse processo desenvolva-se por meio dessas abordagens educacionais, e ainda fundamentando-se nas orientações educacionais apresentadas pelo PCN do Ensino Médio (2000), deve-se pautar em três eixos: a apropriação de um vocabulário básico da ciência; a compreensão do método científico; o entendimento dos resultados dos avanços da ciência e da tecnologia sobre os indivíduos e a sociedade, promovendo a alfabetização científica. Assim, defendemos que não tem sentido o ensino das Ciências Naturais e da Biologia desvinculado das discussões sobre os aspectos tecnológicos e sociais que essas ciências trazem na mudança de nossas sociedades; não tem significado a acumulação de conteúdos científicos e o alcance de objetivos meramente informativos. Essas observações são referendadas pelas ideias do Movimento Ciência Tecnologia e Sociedade, pelos pressupostos da alfabetização científica e pelos fundamentos das abordagens educacionais: *aprendizagem baseada em problemas (ABP), solução de problemas e projetos de trabalho.* Assim, experiência e teoria direcionam as opções que são aqui registradas. Por entender a formação docente como um grande desafio a ser vencido e um campo permanente de estudo e pesquisa esbocei esse projeto de pesquisa a partir do seguinte problema: qual é a relação entre a formação universitária na licenciatura em Ciências Naturais e Biologia fundamentada nas abordagens educacionais que desenvolvem *o ensino por investigação*: *aprendizagem baseada em problemas (ABP), solução de problemas e projetos de trabalho* e uma futura prática docente que se utiliza dessas abordagens? Esse problema pode ser desdobrado nas seguintes questões: a) a atuação dos (as) professores (as) de Ciências Naturais e de Biologia está condicionada aos modelos de práticas pedagógicas fundamentados em abordagens educacionais que vivenciaram como alunos, durante sua formação na graduação? b) a formação dos (as) professores (as) de Ciências Naturais e de Biologia por meio de abordagens educacionais é condição necessária e suficiente para adoção dessas abordagens em suas práticas pedagógicas quando já estiverem formados e atuando como professores (as)? Este projeto de pesquisa tem como objetivos: investigar a relação entre a formação dos (as) professores (as) nos Cursos de Ciências Naturais e de Biologia durante a graduação, por meio de abordagens educacionais que desenvolvem *o ensino por investigação*: *aprendizagem baseada em problemas (ABP), solução de problemas e projetos de trabalho* e, posteriormente, o desenvolvimento de uma prática pedagógica também fundamentada nessas abordagens por esses (as) professores (as); identificar fatores que contribuem para a adoção de abordagens educacionais que desenvolvem *o ensino por investigação: aprendizagem baseada em problemas, solução de problemas e projetos de trabalho* pelos (as) professores (as) de Ciências Naturais e de Biologia.

2 Marco Teórico

A função da educação na atualidade é viabilizar a formação de uma sociedade educada, instruída por meio dos conhecimentos acumulados, compromissada com a dimensão social e política; uma educação que vá ao encontro de seus cidadãos, envolvendo todos. A sociedade pós-moderna faz com que o conhecimento seja um instrumento privilegiado para a compreensão da realidade.

A história mostra que o processo de industrialização, que no pós-guerra foi tido como objetivo dos países emergentes, no século XXI cede lugar ao processo de desenvolvimento do conhecimento pelo qual se gera a riqueza. Ao contrário da sociedade industrial, que se caracterizou por uma organização da produção que visava produzir grandes quantidades de bens de forma padronizada, a sociedade pós-industrial se concentra na qualidade e na inovação, caracterizando a educação como fator importante no enriquecimento das nações emergentes. Isto é, essas nações utilizam a educação como fator para a melhoria da qualidade de vida de suas populações, como a consideram também dimensão determinante na valorização de sua produção.

A indústria moderna se constrói a partir da inovação sistemática promovida pelo avanço da ciência e da tecnologia; a agricultura é impulsionada pela introdução de novas tecnologias como também, absorve as influências dos conhecimentos científicos efetivados no campo da Medicina, Engenharia, Computação e

demais áreas das Ciências. Esses conhecimentos fomentam debates no campo da ciência e da reflexão filosófica de valores, solicitando da sociedade um posicionamento.

A economia pós-moderna desenvolve-se na qualificação dos conhecimentos científicos, tendo como objetivos centrais: a inovação, a criatividade e a qualidade de seus produtos. Com essas visões, a educação é o fator que desenvolve, nas crianças e nos jovens, a habilidade de ver o mundo sempre de uma forma nova, em busca de soluções novas para velhos e novos problemas. O importante é durante o processo educacional, possibilitar o desenvolvimento da capacidade de criar e inovar, e não de memorizar velhas fórmulas e / ou conceitos ainda que tenham sido eficientes no passado.

O ensino superior, por meio do ensino, da pesquisa e extensão deve viabilizar aos universitários a formação profissional considerando o futuro como um caminho de oportunidades; é preciso atribuir novo significado à função da educação, que não pode mais ser considerada uma etapa obrigatória na vida do cidadão, mas uma busca contínua no aperfeiçoamento da vida pessoal e profissional.

A universidade, como instituição produtora da ciência, como instituição educativa, encontra-se na encruzilhada entre a educação tradicional, que valorizava e ainda valoriza a memorização dos conteúdos para reproduzi-los, e a educação moderna na qual as utopias de ontem se tornaram realidades de hoje e as expectativas de uma vida melhor são a todo tempo superadas.

Nesse cenário, a formação profissional exige das universidades inovações pedagógicas com base no avanço da didática das ciências para a construção de uma nova relação entre educação e sociedade. Essa formação é a "travessia que liga educação – sociedade", sendo os conhecimentos científicos ferramentas que possibilitam aos envolvidos no processo educacional compreenderem a realidade na qual vivem, tornando-se atores do processo de melhoria da qualidade de vida.

A universidade deve viabilizar a integração do ensino com a pesquisa e ser um lócus de:

- Criação, desenvolvimento, transmissão e crítica da ciência, da técnica e da cultura;
- Preparação para o exercício de atividades profissionais que exijam a aplicação de conhecimentos e métodos científicos ou para criação artística;
- Apoio científico e técnico para o desenvolvimento cultural, social e econômico, tanto nacional como das comunidades autônomas;
- Difusão da cultura universitária. (ZABALZA, 2004, p.20)

Assim, compreendemos que a velocidade das mudanças ocorridas no fim do século XX obriga os especialistas em educação muitas vezes retomarem temas antigos em novos contextos, novas situações, adquirindo significados semelhantes.

Podemos exemplificar essa idéia por meio do movimento denominado Ciência Tecnologia Sociedade (CTS) que desde a década de sessenta orienta os currículos de ensino de Ciências em diferentes países industrializados na Europa, nos Estados Unidos, no Canadá e na Austrália, a partir da necessidade de formar o cidadão em Ciência e Tecnologia, função não alcançada pelo então ensino de Ciências tradicional.

No Brasil, esse movimento surge na década de setenta; nos anos 80 influencia a discussão sobre a inovação dos currículos de Ciências, permanecendo até os dias atuais como referência para quem quer trabalhar com o ensino e aprendizado das Ciências Naturais, de Biologia, Química e Física. Hoje, o ensino dessas áreas de conhecimento encontra desafios permanentes: educar para quê? E ainda, como desenvolver um ensino pautado nos pressupostos do movimento CTS promovendo a alfabetização científica para a formação do cidadão?

Segundo Espinoza (2010), o professor ao elaborar uma proposta de ensino deve ter em mente as seguintes questões:

Quais conhecimentos devem circular na escola?

Com que nível de formulação ou profundidade os alunos deveriam aprendê-los?

Que condições didáticas deveriam a ser consideradas ao se propor atividades de ensino que favoreçam a aprendizagem e preservem o sentido desses conhecimentos? (ESPINOZA, 2010, p.8-9)

Uma das funções da educação é a formação do cidadão. Formar é diferente de treinar, de informar. Formar não é apenas transmitir os conhecimentos; formar é superar a condição mínima do ler, do escrever e do calcular. A educação formadora constitui-se como espaço para a discussão dos problemas do país e do mundo; é a força que impulsiona a mudança; é o instrumento para a formação política.

Para viver no mundo hoje é necessário compreender e fazer uso do conhecimento dos princípios básicos da Ciência e da Tecnologia; é por meio desse conhecimento que posso entender e transformar a realidade na qual vivo. Nessa perspectiva, podemos considerar a aquisição de conhecimento como principal instrumento para a sobrevivência na sociedade.

A produção e a divulgação do conhecimento científico e tecnológico bem com sua compreensão por meio da alfabetização científica podem possibilitar a melhoria do cotidiano das pessoas, provocando também mudanças nas próprias pessoas.

Viabiliza, ainda, a participação dessas pessoas nas discussões e na tomada de decisões em relação a temas como, por exemplo, os problemas causados pelo aquecimento global, as pesquisas para a descoberta de novas vacinas, a utilização de fontes de energia alternativas, assuntos importantes que são pesquisados pela Ciência e geram avanços tecnológicos.

A alfabetização científica possibilita o contato dos alunos com a cultura científica, caracterizando esse ensino como uma atividade próxima à investigação científica, integrando as dimensões conceitual, procedimental e valorativa dos conteúdos trabalhados pelo docente no processo ensino aprendizagem.

Esse ensino deve promover o desenvolvimento da curiosidade, da criatividade e da criticidade; o gosto pelo desafio intelectual e pela descoberta; o respeito pela verdade, pela razão e pela ética.

Na sociedade pós-moderna o que diferencia um país rico de um país pobre, segundo a UNESCO (2000), é a capacidade de produzir ou não conhecimento científico. O grande desafio que se coloca é como disponibilizar os benefícios produzidos pela Ciência e pela Tecnologia para todos, considerando-os como fatores geradores de qualidade de vida. No século passado, era fundamental a alfabetização (saber ler e escrever) e o letramento (viver na condição de quem sabe ler e escrever, realizando práticas sociais que usam a escrita). Neste século, devemos incluir como meta educacional a alfabetização e o letramento científico, isto é, ler, compreender e expressar opiniões sobre Ciência e Tecnologia, participando da cultura científica.

Presenciamos nos últimos anos, a promoção de congressos, seminários e encontros realizados por instituições e organizações nacionais e internacionais, com o objetivo de discutir diferentes estratégias que viabilizem o acesso da população aos conhecimentos científicos e tecnológicos. Muitos documentos foram produzidos a partir desses eventos. Nessa direção, a UNESCO (1997) propôs que a produção científica dos países deve direcionar-se para a concretização de quatro grandes objetivos: ciência para conhecimento; ciência para desenvolvimento; ciência na sociedade e para a sociedade e ciência para a paz. Para que a alfabetização científica possa ser realizada por meio do ensino das Ciências Naturais e da Biologia, bem como das demais áreas, há necessidade de uma reorientação do processo ensino e aprendizagem, superando o reducionismo conceitual e a memorização dos nomes científicos, elementos ainda presentes nas práticas pedagógicas no ensino das Ciências Naturais e da Biologia, caracterizando segundo BSCS (1993) apenas o estágio nominal da alfabetização científica.

Nessa perspectiva, consideramos que o ensino por investigação por meio das abordagens educacionais aprendizagem baseada em problemas (ABP), solução de problemas e projetos de trabalho possibilitam a reorientação do processo ensino aprendizagem.

A aprendizagem baseada em problemas (ABP) nasce ao final dos anos 60 quando um grupo de professores inovadores da Universidade de McMaster, Canadá, decide realizar uma reforma na educação médica por meio de um novo currículo fundamentado no estudo de "problemas concretos e situações reais como pontos de partida para os processos de aprendizagem, o que, além de ser estimulante, contribui para o desenvolvimento da responsabilidade social e fornece uma formação sólida para o exercício profissional". (ARAUJO e SASTRE, 2009, p.9)

Os fundamentos teóricos que estruturam a ABP são os estudos do filósofo John Dewey (1859 -1952) e do psicólogo Jerome Bruner (1915), considerados como pioneiros da aprendizagem por meio de problemas. O pensar filosófico educacional de Dewey apresenta três conceitos essenciais: a educação como reconstrução da experiência, a educação como crescimento e a educação como motivação.

Os estudos de Bruner e as pesquisas atuais na área da psicologia cognitiva permitem conceituar a aprendizagem baseada em problemas como uma abordagem educacional construtiva, colaborativa e contextual, formulada sobre uma considerável fundamentação empírica.

Em estudos recentes realizados por Araujo e Sastre (2009), a aprendizagem baseada em problemas demonstrou que pode ser desenvolvida em diversos contextos acadêmicos, caracterizando diferentes enfoques do processo ensino e aprendizagem. Apesar de apresentar-se com diferentes variações no ensino universitário em instituições nacionais e internacionais, seus pontos positivos consolidaram-se cada vez mais, identificando-se como uma abordagem educacional inovadora.

Segundo Enemark e Kjaersdam (2009), são eles:

[....] favorece a integração entre a universidade e empresa, entre o ensino e pesquisa, entre a pesquisa e empresa; favorece soluções interdisciplinares, requer conceitos mais atuais e atualiza professores; favorece a criatividade e a inovação; favorece o aprendizado eficaz; favorece as habilidades de comunicação, de desenvolver projetos, cria um entorno social dentro e fora da universidade.

(ENEMARK, KJAERSDAM, 2009, p. 18-19)

A solução de problemas e projetos de trabalho consideram o processo de ensino e aprendizagem a partir de uma abordagem investigativa e criativa; princípios, conceitos, definições são estudados no contexto de uma situação concreta, isto é, por meio de problemas reais. Há motivação intrínseca, pois, o aluno identifica a relevância do assunto a ser estudado, desenvolvendo habilidades para aprender novos conhecimentos, com autonomia, estudo individual e no grupo.

Essas abordagens educacionais possibilitam desenvolver no aluno o potencial intelectual, a capacidade de análise, de julgamento e avaliação crítica, o raciocínio crítico, habilidades necessárias no profissional da sociedade atual.

Assim, entendo que é possível provocar uma reorientação do processo de ensino e aprendizagem por meio dessas abordagens educacionais, aqui sucintamente apresentadas, defendendo ainda que, a interação entre ensino, pesquisa e formação profissional possibilita o êxito de um sistema educacional e poderá provocar mudanças na sociedade

3 Procedimentos Metodológicos

Este estudo se desenvolverá a partir de pesquisa exploratória com o objetivo de promover maior aproximação com o problema a ser investigado. As etapas serão: levantamento bibliográfico proporcionando conhecimento mais profundo da área de estudo; entrevista e aplicação de questionário com os (as) docentes selecionados e da Educação Básica, Ensino Fundamental II e Ensino Médio.

Lembro que:

> [...] o conhecimento científico se fez e se faz por meio de uma grande variedade de procedimentos e a criatividade do pesquisador em inventar maneiras de bem realizar seus estudos tem que ser muito grande. A pesquisa não é, de modo algum, na prática, uma reprodução fria de regras que vemos em alguns manuais. O próprio comportamento do pesquisador em seu trabalho é-lhe peculiar e característico.
>
> (GATTI, 2002: p. 11)

Opção pelos participantes da pesquisa

A população será delimitada no grupo de docentes do Ensino de Ciências e de Biologia oriundos de Universidades públicas e privadas, que atuam na Educação Básica, da rede pública e particular, no município de Sorocaba, localização da Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde, da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo- PUC/SP.

Opção pelos instrumentos de coleta

Para realizar a coleta de dados junto aos docentes, será utilizado como instrumento o questionário composto por questões fechadas, com várias alternativas, e questões abertas. Serão realizadas também, entrevistas com os (as) docentes que trabalham no Ensino de Ciências e de Biologia. Consideramos que a entrevista é uma situação relacional muito rica, estruturando-se a partir da interação entre entrevistado (a) e pesquisadora, possibilitando não só o esclarecimento às questões colocadas pela pesquisa, como também a vivência de sentimentos e emoções. Esses sentimentos e emoções numa entrevista bem conduzida são pano de fundo para o fornecimento das informações que poderão responder com maior profundidade ao problema de pesquisa: qual é a relação entre a formação universitária na licenciatura em Ciências e Biologia fundamentada nas abordagens educacionais que desenvolvem *o ensino por investigação*: *aprendizagem baseada em problemas (ABP), solução de problemas e projetos de trabalho* e uma futura prática docente que se utiliza dessas abordagens?

4 Considerações finais

Considerando que a formação docente apresenta-se como um grande desafio nos dias atuais e ainda, é um campo de estudo e pesquisa permanente inserido numa sociedade que sofre transformações em todas as dimensões, ouvir o professor e conhecer como ele estrutura sua prática pedagógica neste contexto de mudanças é fundamental para a obtenção da eficiência do processo ensino e aprendizagem, na direção de uma concepção de educação histórica crítica. Esta pesquisa encontra-se na etapa de coleta de dados, motivo pelo qual não apresentamos neste artigo a análise e interpretação.

Referências Bibliográficas

ARAUJO, U.F.; SASTRE, G. (orgs.) *Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior.* São Paulo: Summus, 2009.

BRASIL. Secretaria de Ensino Médio. Parâmetros curriculares nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEM, 2000.

DELORS, J. (org.) *Educação: um tesouro a descobrir.* 2. ed. São Paulo: Editora Cortez; Brasília, DF: MEC: UNESCO, 1999.

ENEMARK, S.; KJAERSDAM, K. *A ABP na teoria e na prática: a experiência de Aalborg na inovação do projeto no ensino universitário.* In ARAUJO, U. F.; SASTRE, G. (orgs.) *Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior.* São Paulo: Summus, 2009.

ESPINOZA, A. M. *Ciências na escola: novas perspectivas para a formação dos alunos.* Trad. Camila Bogéa. São Paulo: Ática, 2010.

GATTI, B. A. *A construção da pesquisa em educação no Brasil.* Brasília: Plano Editora, 2002. (Série Pesquisa em educação v. 1)

ZABALZA, M.A. *O ensino universitário: seu cenário e seus protagonistas.* Trad. Ernani Rosa. Porto Alegre: ArtMed, 2004.

Curriculum by Projects: Impacts for an Innovation in Higher Education and Engineering Education

Elize Keller-Franco*, Marcos Tarciso Masetto*+

* Centro Universitário Adventista de São Paulo,
*+Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Email: elize.franco@unasp.edu.br, mmasetto@gmail.com

Abstract

This paper brings to reflect the results of a qualitative approach research aimed to examine the feasibility of a curriculum by projects constitutes an innovation in superior education. The theoretical study of curriculum and projects gave rise to the analytical categories. The field research took place at the Federal University of Paraná Coast campus, an institution that has developed an alternative curriculum organization and a pedagogical proposal based on projects. The data collected from interviews, observation and document analysis have led to empirical categories. The triangulation of the analytical and empirical categories brought the potential indicators for innovative curriculum by projects to be able to articulate a set of elements identified as relevant to a new practice in Superior Education. From the results of the research discusses the potential of the curriculum by projects to create new scenarios in the teaching of engineering.

Key-words: Projects. Curriculum. Higher Education

1 Introdução

As mudanças ocorridas na sociedade contemporânea tem indagado a formação oferecida na Educação Superior. Zabalza (2002) aponta que as instituições universitárias não vêm atendendo de modo eficaz a formação geral, constituída de conhecimentos, habilidades e atitudes relevantes para a formação científica e cultural do aluno, nem a formação profissional que integra as capacidades técnicas da ocupação aos valores éticos e humanísticos exigidos pela sociedade atual, impondo uma revisão nas suas formas de organização, finalidades e práticas.

O conjunto das novas referências sociais e pedagógicas capazes de alterar o modelo tradicional de formação expressas no marco legislatório do Conselho Nacional de Educação através das Diretrizes Curriculares dos cursos de graduação e nas bibliografias referentes a educação superior, Masetto (2003, 2004, 2011) entre outras, apontam para abordagens integradas do conhecimento, referenciais epistemológicos que valorizam a construção do conhecimento a partir de problematizações sociais e profissionais concretas, indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão, relações dialógicas no processo ensino-aprendizagem e avaliação, valorização das dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos objetivos e conteúdos de aprendizagem, enfim, para a formação integral da pessoa humana.

Temos, portanto como desafio investigar desenhos curriculares que ajudem a concretizar tais expectativas.

Neste trabalho apresentamos uma pesquisa que teve como objetivo analisar a possibilidade de uma organização curricular por projetos se constituir em uma proposta inovadora para a educação superior e com base nos resultados, discute-se seu potencial para projetar práticas inovadoras no ensino de engenharia.

2 Sentido e origem da aprendizagem baseada em projetos

Para Boutinet (2002), assiste-se a uma proliferação de expressões e siglas para designar o recurso ao projeto no campo da educação, sem que haja questionamento e clareza suficiente sobre os significados e usos que lhe são associados. Tal diversidade nos remete à necessidade de revisar a fundamentação e o significado de projeto enquanto intervenção metodológica a serviço do processo ensino-aprendizagem, para que possamos refletir sobre suas implicações para uma organização curricular por projetos.

O trabalho com projetos não é novo na educação. Podemos situá-lo como uma prática pedagógica que obteve reconhecimento em diferentes momentos e movimentos educacionais. Sua origem nos reporta a John Dewey (1859 - 1952) e W.H. Kilpatrick (1871-1965).

Dewey faz uma denúncia ao estado de compartimentalização enfrentado pela escola mediante a multiplicação de matérias, cada qual sobrecarregada de fragmentos desconexos, distanciados da vida real e que deveriam ser assimilados pela repetição. Propõe como alternativa as "ocupações construtivas" que foram ganhando espaço e tornaram-se conhecidas como projetos. Kilpatrick deu prosseguimento às idéias de Dewey.

A busca dos fundamentos conceituais da metodologia de projetos nos leva a corrente filosófica do pragmatismo norte-americano e a teoria educacional progressivista. O pragmatismo concebe o mundo em constante transformação. Enfatiza o conhecimento fundamentado na experiência e defende que o ser humano tem uma mente ativa e exploratória. O trabalho com projetos é um dos métodos favoritos dos pragmatistas. Dewey é um dos principais representantes dessa corrente filosófica.

A teoria educacional que recebeu forte influência do pensamento filosófico pragmático foi o progressivismo. Conseqüentemente, esta teoria educacional defende princípios, do ponto de vista epistemológico, com relação ao papel do aluno e do professor, à metodologia e ao currículo, muito próximos do posicionamento pragmático. William Kilpatrick está entre os educadores mais empenhados em aplicar a teoria educacional progressivista, daí o fato de ser ele considerado um dos precursores do método de projetos.

Segundo Hernandez (1998), os projetos em sua primeira versão caracterizavam-se pela idéia de partir de uma situação problemática, vincular a aprendizagem ao mundo exterior e oferecer uma alternativa à fragmentação das matérias.

A teoria educacional progressivista perdeu sua influência em meados da década de 1950, conseqüentemente os projetos que gozavam de prestígio nessa abordagem educacional também perderam sua influência. Hernández (1998) aponta ainda a racionalidade tecnológica que se configurou como ideologia dominante após a Segunda Guerra, como responsável pelo congelamento do uso de projetos.

Para esse autor, os projetos voltaram a despertar interesse a partir da metade dos anos 60 do século XX, ficando conhecidos de forma mais usual pelo nome de "trabalho por temas". As idéias de Piaget sobre o desenvolvimento da inteligência e sua relação com a aprendizagem de conceitos despertaram a indagação sobre que conceitos aprender e quais os critérios para selecioná-los. Bruner propôs a noção de conceitos-chave, que orientariam a organização de eixos conceituais, com o mesmo significado de grandes temas, ou temas aglutinadores. Os projetos ou o trabalho por temas constituíram uma alternativa para abordar essa proposta na sala de aula. A proposta de Bruner desperta a noção de um currículo interdisciplinar, já que várias disciplinas têm conceitos-chave em comum.

Nos anos 90, a metodologia de projetos é revalorizada, pois coincide com as propostas curriculares atuais que buscam levar o aluno a pensar criticamente, a dar significado à informação ao aplicá-la para planejar ações, resolver problemas, criar novos materiais e idéias, envolvendo-se ativamente na aprendizagem. "Numa proposta relativamente recente, a utilização de projetos num processo pedagógico aparece com o sentido de proposição de uma prática pedagógica crítica, reflexiva e problematizadora." (BEHRENS, 2004:167).

3 Trabalho com projetos como ancoragem para um paradigma curricular alternativo na educação superior

Resgatada a origem e as características do trabalho com projetos buscou-se localizá-lo enquanto teoria curricular. O diálogo entre o objeto de estudo e o referencial teórico permitiu situar o currículo por projetos num movimento cuja origem se situa na linha filosófica do pragmatismo e na tendência pedagógica progressivista de Dewey e Kilpatrick, evoluindo na atualidade para uma tendência curricular crítica, organizando-se sob as pressuposições do código curricular integrado.

As teorias críticas surgem no início da década de setenta como uma reação à concepção curricular tradicional, de ênfase tecnicista, burocrática e administrativa, inspirada nos modelos de administração taylorista. A abordagem curricular crítica desloca a ênfase centrada nos aspectos técnicos de como organizar e elaborar o currículo limitado ao âmbito pedagógico, ampliando a análise para uma perspectiva sociológica em suas determinações e conexões com as estruturas econômicas e sociais mais amplas e com as relações de poder.

O currículo integrado tornou-se conhecido a partir de Basil Bersntein. No currículo integrado as fronteiras entre as áreas do conhecimento são menos nítidas. A organização do conhecimento se dá a partir de uma idéia central relacionadora, em vez de disciplinas isoladas. A abordagem curricular integrada não subestima o papel das disciplinas, mas propõe novas relações para além da dominante organização disciplinar. Conforme Beane, na integração curricular "o conhecimento proveniente das disciplinas reposiciona-se no contexto do tema, questões e nas atividades em causa". (BEANE, 2003:106). Para Santomé (1998) uma das modalidades mais clássicas de integração curricular se dá por meio do trabalho com projetos.

Localizado dentro de um marco teórico conceitual, à medida que fomos avançando na pesquisa exploratória as categorias analíticas constituídas do conjunto de elementos inovadores viabilizados em um currículo por projetos foram emergindo.

A pesquisa de campo teve como cenário a Universidade Federal do Paraná, Setor Litoral, instituição sediada no Brasil que vem desenvolvendo uma organização curricular alternativa e uma proposta pedagógica fundamentada em projetos. Os dados coletados a partir de entrevistas, observação e análise documental deram origem às categorias empíricas. O quadro abaixo sintetiza e permite uma análise comparativa entre as categorias analíticas e empíricas. Os indicadores de um currículo organizado por projetos propostos nas categorias e subcategorias analíticas se repetiram nas categorias e subcategorias empíricas, alguns de forma mais evidente outros de forma mais silenciada (setas mais claras). Novos indicadores emergiram na pesquisa de campo vindo a ampliar as categorias inicialmente propostas, como, por exemplo, a autonomia, antecedentes culturais e a parceria com a comunidade e instituições sociais e governamentais, não previstas inicialmente nas categorias analíticas.

Quadro 1 – Elementos viabilizados em um currículo por projetos.

Categorias	Subcategorias Analíticas	Subcategorias Empíricas
Dimensão Didático / Pedagógica	Indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão	Indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão
	Relação entre teoria e prática	Relação entre teoria e prática
	Metodologia ensino-aprendizagem fundamentada em projetos	Metodologia ensino-aprendizagem fundamentada em projetos
	Interdisciplinaridade	Interdisciplinaridade
	Avalição Formativa	Avalição Formativa
	Conteúdos conceituais procedimentais e atitudinais.	Conteúdos conceituais procedimentais e atitudinais
	Múltiplos domínios de espaços, tempos e tecnologias	Múltiplos domínios de espaços, tempos e tecnologias
	Referenciais epistemológicos que valorizam a construção do conhecimento a partir de problematizações sociais concretas	Referenciais epistemológicos que valorizam a construção do conhecimento a partir de problematizações sociais concretas
	Abertura para a comunidade/sociedade como ambiente de problematização e aprendizagem	Abertura para a comunidade/sociedade como ambiente de problematização e aprendizagem
	Relação de parceria entre professor e aluno	Relação de parceria entre professor e aluno
		Autonomia
Dimensão Estrutural / Organizacional	Plano de visão	Plano de visão
	Plano de ação	Plano de ação
	Organização curricular por eixos, módulos ou temas	Organização curricular por eixos, módulos ou temas
Dimensão Político / Cultural	Formação docente	Formação docente
	Planejamento e gestão participativa	Planejamento e gestão participativa
	Perfil docente	Perfil docente
	Perfil discente	Perfil discente
	Avaliação e acompanhamento da inovação	Avaliação e acompanhamento da inovação
		Antecedentes culturais
		Parceria com a comunidade e outras instituições sociais e governamentais

Uma descrição e análise mais detalhada sobre os elementos inovadores do currículo por projetos podem ser encontrados em Keller-Franco (2008).

3.1 Desenho de uma organização curricular por projetos

São ainda pouco freqüentes na literatura e na prática orientações para o desenho de um currículo por projetos. Na concepção que defendemos, os projetos não são uma parte do currículo, mas, todo o currículo se desenvolve em torno dos projetos. Tal organização exige uma mudança de paradigma. Moesby (2004) ressalta que liberar as disciplinas e organizar o processo ensino-aprendizagem em torno dos projetos é o processo de mudança mais difícil na ressignificação curricular, sendo que muitas instituições jamais alcançarão esse nível.

Apresentamos a seguir diferentes níveis de implementação do trabalho com projetos até se constituir em um novo paradigma curricular, tendo como base os níveis propostos por Moesby (2004) preservadas algumas adaptações de autoria nossa.

Um primeiro nível refere-se ao uso do projeto enquanto metodologia. Essa utilização independe de uma decisão institucional, cada professor, nos limites da sua disciplina utiliza o trabalho com projetos. A nova prática é encaixada no modelo tradicional de currículo. Essa abordagem traz como vantagem uma participação mais ativa do aluno na construção do conhecimento, mas, por outro lado, pode sobrecarregá-los se vários professores resolverem aplicá-la.

Em um nível crescente, duas ou mais disciplinas se unem para trabalhar um projeto comum. Este estágio pede a colaboração entre os docentes e as disciplinas. Não se percebe alteração na organização tradicional do trabalho escolar, mas, uma cultura colaborativa está em processo de criação. A inovação começa a sair do nível individual para adentrar no nível grupo/ sistemas. Nesse estágio começa a haver um desconforto com o currículo disciplinar. Áreas que partilham conceitos se encontram em semestres diferentes, dificultando a integração.

O terceiro estágio já representa uma mudança curricular, mas em nível muito simples. O projeto recebe um espaço formal no currículo, constituindo-se num componente curricular, embora a concepção de currículo que o orienta ainda seja o paradigma curricular dominante disciplinar-técnico-linear.

No próximo estágio, o projeto é o foco e não os conteúdos disciplinares. Os conteúdos disciplinares entram para alimentar os projetos. O currículo é repensado para priorizar o projeto e mais tarde são escolhidas as disciplinas que favoreçam o alcance dos projetos e a performance dos alunos. Essa mudança já atinge o nível institucional e representa uma mudança curricular significativa, o projeto é o centro do currículo e não as disciplinas. Neste nível a instituição passa por uma mudança considerável na forma de abordar e administrar o processo ensino - aprendizagem. Pode se dizer que é um período de transição em direção a um novo paradigma curricular.

No quinto nível as disciplinas deixam de existir, o currículo se estrutura por eixos compostos pelos projetos, pelos fundamentos teóricos práticos e pelos conteúdos sócio-culturais. Estes últimos entendidos como questões relevantes extraídas da realidade dos envolvidos, tendo em vista levá-los a tomar consciência da sua realidade e a agir para transformá-la. Na medida do possível os eixos mantêm comunicação. Poderíamos dizer que esse nível contempla duas alterações básicas para a desconstrução do paradigma curricular vigente: a estrutura curricular disciplinar e a noção de conhecimento distanciado dos contextos sociais. Professores e alunos precisam desenvolver uma nova cultura para trabalhar nessa proposta e a instituição necessita de uma compreensão mais abrangente da organização e utilização do conhecimento.

No último e mais alto nível, na condição de um novo paradigma, o currículo se estrutura em torno de projetos que integram áreas de conhecimento que mantêm semelhanças importantes no que diz respeito a conteúdos, conceitos, procedimentos, métodos de pesquisa, etc. Os projetos organizam-se sob o guarda-chuva de um grande tema ou eixos temáticos que delimitam e direcionam o foco para o qual deve convergir a formação em suas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais. A organização e desenvolvimento de um currículo por projetos não elimina a existência de conhecimentos disciplinares, mas reposiciona-os, reúne-os novamente, rompendo com as fronteiras disciplinares e com a compartimentalização do conhecimento ao integrar saberes e conceitos-chave de diferentes recortes disciplinares e ampliá-los a partir da consideração e da inclusão de conteúdos do mundo vivencial.

Esse último nível é compatível com a concepção de currículo por projetos que vimos defendendo aqui. Os projetos não são uma parte do currículo, mas, todo o currículo se desenvolve em torno dos projetos. Tal organização curricular exige uma mudança de paradigma. Por alterar as estruturas de base da educação, por mexer com paradigmas solidificados e arraigados, esse nível de inovação curricular impacta não somente sobre toda instituição educacional, como também sobre os variados segmentos da sociedade que abrigam expectativas sobre a educação sob uma visão regida pela lógica utilitarista, própria de um sistema capitalista, cuja ideologia educacional propõe uma formação que se restringe ao desempenho de uma ocupação.

A construção de um desenho curricular integrado, especialmente o currículo por projetos, requer uma série de condições. Anterior a elaboração da arquitetura curricular, é preciso refletir sobre as razões que orientaram a opção por essa modalidade de currículo, tendo a clareza que mais do que um arranjo técnico, trata-se de uma filosofia curricular. Faz-se oportuno o alerta de que a compreensão clara e completa de um paradigma ou de uma proposta educacional nos permite analisá-la criticamente, assumi-la integralmente, fazer determinadas adaptações, ou mesmo propor outra que, em nosso modo de ver, melhor responde às concepções, expectativas e preocupações educacionais que temos. No caso de aceitarmos o paradigma temos competência para implementá-lo corretamente. (MASETTO, 2004b:186).

4 Potencialidades do currículo por projetos para o ensino de engenharia

Intensifica-se hoje na educação em engenharia um movimento por novas abordagens. Tal demanda está presente na produção bibliográfica da área, nos congressos nacionais e internacionais, nos anseios de boa parte dos docentes e discentes, bem como no marco legislatório que orienta esses cursos.

O perfil proposto para os Engenheiros pressiona a uma revisão dos modelos curriculares. As Diretrizes Curriculares (CNE/CES, 2002) que orientam a organização curricular dos cursos de Engenharia no Brasil propõe em seu Art. 3.º como perfil do formando egresso/profissional o engenheiro:

> (...) com uma formação generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais com visão ética e humanista, em atenção às demandas da sociedade.

No entanto, um panorama dos cursos de Engenharia revela que são escassas as organizações curriculares que viabilizem o perfil proposto. A maioria dos currículos segue o paradigma tradicional, organizado por disciplinas de cunho científico e técnico, sem comunicação entre elas, afastadas dos contextos reais, com distanciamento entre teoria e prática, falta de formação em humanidades e escassas oportunidades de trabalho cooperativo.

Os dados da pesquisa que aqui apresentamos apontando a viabilidade da organização curricular por projetos se constituir em uma inovação no Ensino Superior ao ser capaz de alavancar um conjunto de pontos considerados essenciais para uma inovação, traz repercussões potencializadoras para o ensino de Engenharia.

Um dos desdobramentos significativos do currículo por projetos para uma inovação na educação em engenharia está em favorecer uma abordagem interdisciplinar do conhecimento. Os currículos tradicionais, organizados em disciplinas estanques, não dão conta da formação multidisciplinar exigida dos engenheiros para participar na solução dos problemas complexos da vida profissional. "O novo engenheiro deve ser capaz de propor soluções que sejam não apenas tecnicamente corretas, ele deve ter a ambição de considerar os problemas em sua totalidade, em sua inserção numa cadeia de causas e efeitos de múltiplas dimensões" (Parecer CNE/CES n.º 1.362). Para tal, o referido parecer sugere novas formas de estruturar os cursos. "Ao lado da tradicional estrutura de disciplinas organizadas através de grade curricular, abre-se a possibilidade da implantação de experiências inovadoras de organização curricular". O currículo por projetos, enquanto uma das modalidades mais clássicas de integração curricular (SANTOMÉ, 1998) constitui-se numa via por excelência para promoção da formação interdisciplinar.

Superação da dicotomia teoria-prática e entre ciências básicas e profissionalizantes são outros pontos que destacamos. Pesquisa realizada por Bringhenti (1993) com egressos da Escola politécnica da Universidade de São Paulo revela que o aluno vê muito pouco de engenharia no início da formação, as disciplinas são abordadas de forma muito teórica, os professores das matérias básicas não falam a linguagem dos engenheiros, o aluno recebe poucos esclarecimentos e não vê utilidade desses conteúdos na continuidade do curso. A superação da dicotomia formação básica e profissionalizante viabilizada mediante o currículo por projetos conforme resultados alcançados na pesquisa que realizamos, favorece ao aluno de engenharia conhecer e experimentar diferentes áreas de trabalho desde o início da formação, facilitando a descoberta de interesses e aptidões e evitando a evasão tão comum nesses cursos. O contato imediato do aluno com a prática profissional contribui também para despertar para as exigências da ocupação e as possibilidades de satisfazê-la estimulando a atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas conforme proposto nas Diretrizes Curriculares e tornando o aprendizado muito mais significativo. O trabalho com projetos tem como pressuposto a construção do conhecimento, valorizando uma prática pedagógica que parte da realidade e que retorna a essa mesma realidade mediante procedimentos que levam a observar, problematizar, buscar, selecionar e analisar informações, elaborar propostas de intervenção, reconstruir e

produzir conhecimento, em um movimento que integra teoria e prática, ciências básicas e profissionalizantes, aumentando a chances da obtenção de uma sólida formação acadêmica associada a uma larga experiência profissional.

Outro ponto relevante que se constatou no currículo por projetos, bastante ausente nos currículos convencionais e que desenvolve atributos profissionais desejáveis aos engenheiros é a promoção simultânea de conhecimentos, habilidades e atitudes. Moraes (1999) defende que os profissionais da engenharia devem possuir conhecimentos de ciência, tecnologia, computação, administração, impactos ambientais e sociais da tecnologia, dentre outros. Habilidades para a solução de problemas, desenvolvimento de projetos, trabalho em equipe, comunicação, avaliação de pares e auto-avaliação. Atitudes tais como ética, responsabilidade, iniciativa, flexibilidade, empreendedorismo e motivação para aprender com autonomia e ao longo da vida. O currículo por projetos atende à formação proposta por Moraes. Ao pretender uma formação preparatória para compreensão do mundo no qual temos de viver e para a proposição de soluções criativas para os problemas que a realidade apresenta, o currículo por projetos, exige conteúdos mais amplos e complexos do que os restritos ao currículo acadêmico.

De acordo com Moura e Barbosa (2006: 218, 219) "A proposta do ensino através de projetos representa uma forma importante de considerar todos os elementos da formação integral do ser humano. [...] Além disso, o processo favorece não apenas a aprendizagem de conceitos, mas ainda de procedimentos e atitudes em relação ao conhecimento e ao trabalho cooperativo".

Apresentam-se ainda como importantes desdobramentos do currículo por projetos favoráveis a uma nova abordagem no ensino de engenharia referenciais epistemológicos que valorizam a construção do conhecimento a partir de problematizações sociais concretas, abertura para a comunidade/sociedade como ambiente de problematização e aprendizagem, bem como, múltiplos domínios dos tempos e espaços e tecnologias. A qualidade que a profissionalidade em engenharia busca hoje exige uma pró-atividade que lhes permitam participar nos processos produtivos considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais com visão ética e humanística em atendimento às demandas da sociedade conforme o perfil apontado nas Diretrizes Curriculares do Conselho Nacional de Educação. No entanto a formação em engenharia tem ficado muito restrita a esfera da universidade. A aproximação com contextos profissionais autênticos costuma ser reservada para os estágios nos anos finais do curso e aprendizagens adquiridas nesses espaços dificilmente retornam para problematizações e reflexões nos momentos convencionais das aulas. Além do mais a ampliação dos espaços de aprendizagem mediante os estágios costumam ficar muito restritas ao setor produtivo. Em uma organização curricular por projetos ampliam-se consideravelmente os espaços incluindo-se também a comunidade, a realidade local e a sociedade mais ampla, levando o aluno a interagir com os contextos da realidade na busca de sólidas e sustentáveis soluções para as necessidades e problemas coletivos, favorecendo o exercício da profissão com compromisso social. Esse contato com a realidade social e profissional se dá desde o início do curso favorecida pela organização curricular por projetos, pois conforme Leite, Malpique e Santos (2001:57) "os projetos caracterizam-se como uma forma de articulação dos saberes escolares e dos saberes sociais".

O estágio nos cursos de Engenharia também poderia assumir o formato de projetos. O estágio ao mesmo tempo em que integra prática e teoria, colabora para que o aprendiz viva o ambiente, o cenário, os personagens, os grupos, os companheiros, o ambiente físico, os problemas e questões do dia a dia de sua profissão. Se assumimos a proposta de organizar os estágios no formato de projetos, define-se uma situação concreta que exige o encaminhamento de um problema de forma concreta e com intervenção na realidade. O projeto assume o processo e o produto: o diagnóstico do problema, a importância dos fundamentos teóricos para uma tomada de decisão, levantamento de hipóteses para a solução, por vezes trabalhos de laboratórios, maquetes, equacionamento das informações, análises de consequências das soluções possíveis, escolha de uma elas, justificativa teórica para a escolha feita, por fim, a aplicação da solução escolhida ao problema escolhido em seu contexto real e análise dos resultados obtidos. Necessita-se de criatividade, imaginação e fundamentação para encaminhar e realizar o projeto.

Os aspectos levantados sobre a relevância de uma organização curricular por projetos para os cursos de Engenharia a partir da pesquisa realizada não se esgotam, outros mais poderiam ser destacados como um movimento na direção de mudanças substanciais para o ensino de engenharia, tais como avaliação formativa, um novo contrato na relação e papéis de professores e alunos. Vale considerar o trabalho com projetos adquire pertinência especial na área de engenharia já que esse é um campo profissional que se ocupa centralmente do processo de projetos. As diretrizes para os cursos de Engenharia fazem mensão recorrente ao desenvolvimento de competências e habilidades de trabalhar com projetos: (...) II) Projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados/ III) conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos; IV) planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia; XII) avaliar a viabilidade econômica de projetos em engenharia(...). (Art. 4º, Resolução Nº 11/2002). Tais orientações chamam atenção

para o fato das graduações oferecerem atividades que pouca aplicação tem fora das instituições de ensino, enquanto na vida pós-escolar estarão de alguma forma envolvidos com projetos.

No Brasil ainda são pouco comuns experiências com a abordagem de projetos enquanto metodologia ou paradigma curricular. Em âmbito internacional o trabalho com projetos vem se firmando como uma das mais importantes inovações no campo da educação em engenharia. A obra organizada por Campos, Dirani, Mandique (2011) apresenta experiências concretas de vários países da Europa. Algumas dessas experiências já vêm sendo avaliadas e os resultados encontrados nas práticas com os diferentes níveis de utilização da abordagem de projetos revelam resultados semelhantes aos pontos inovadores que levantamos em nossa pesquisa sobre o currículo por projetos.

A combinação do trabalho com projetos na educação com os fundamentos da formação para projetos na engenharia tem o potencial de contribuir para a criação de novos cenários e panoramas de formação mais profissionais e eficazes para responder às novas condições e necessidades da sociedade onde vão exercer sua profissão e para conquistar uma melhor qualidade de vida. Trata-se de formar uma profissional competente, bem como um cidadão crítico, sujeito histórico, criativo, com iniciativa para problematizar e transformar os contextos e as relações nos quais está inserido.

O currículo por projetos apresenta-se como uma iniciativa inovadora na educação superior e no ensino de engenharia, mas, não oculta desafios. Conforme nos lembra Castanho (2000, p.90) "é relativamente fácil introduzir mudanças superficiais que não ameacem as estruturas existentes. Desafiar e mudar as estruturas profundas do ensino constituem o grande desafio". Na busca de caminhos possíveis, e, ao mesmo tempo comprometidos para alavancar e alterar estruturas enraizadas do ensino, não podem ser desconsiderados aspectos tais como: apoio institucional, clima organizacional, processo de planejamento participativo, formação de professores, flexibilidade do programa e dos atores para correções e construções emergentes no processo, comunicação aberta com os envolvidos como alunos, pais e comunidade, bem como, os fatores macro estruturais e seus determinantes sociopolíticos, econômicos e culturais, como por exemplo as regulações externas que se avolumam no Ensino Superior, dentre tantos outros.

No entanto, tais dificuldades podem ser superadas pelo planejamento cuidadoso incluindo um plano de visão e de ação bem fundamentado e pelo valor adicional do paradigma curricular integrado sobre o paradigma tradicional para responder aos desafios da atualidade.

5 Conclusão

Do estudo realizado depreende-se que o currículo por projetos descortina-se como um arranjo superador da lógica disciplinar-fragmentária e abstracionista, ao se orientar na lógica da integração dos conhecimentos a partir de situações concretas extraídas da realidade em toda a sua complexidade.

A articulação do modelo curricular proposto por Keller-Franco (2008) com a análise das perspectivas propostas para o ensino de engenharia, sugere a viabilidade de uma organização curricular por projetos para projetar práticas inovadoras no ensino de Engenharia com a devida consideração das particularidades dessa área e dos contextos regionais, educacionais e institucionais.

Referências

BEANE, A. J. Integração curricular: a essência de uma escola democrática. **Currículo sem fronteiras,** v.3, n.2, p.91-110, jul./dez. 2003.

CAMPOS, L. C.; DIRANI, E.A.T; MANRIQUE, A. L. (orgs). **Educação em Engenharia**: Novas Abordagens. São Paulo: Educ, 2011.

CASTANHO, M. E. Professores e inovações**.** In: CASTANHO & CASTANHO (Orgs.). **O que há de novo na educação superior:** do projeto pedagógico à prática transformadora. Campinas: Papirus, 2000.

BEHRENS, M. A. A interconexão da metodologia de projetos com utilização de recursos informacionais num paradigma da complexidade**.** In: **ENDIPE**, 2004, Curitiba: Anais do ENDIPE, 2004, 2 v.

BOUTINET, J. P. **Antropologia do projeto.** Porto Alegre: Artmed, 2002.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia.** Resolução CNE/CES n. 11, de 11 de março de 2002.

BRINGHENTI, I. O ensino na Escola Politécnica da USP: fundamentos para o ensino de Engenharia. São Paulo: EPUSP, 1993.

HERNADEZ, F. **Transgressão e mudança na educação:** os projetos de trabalho. Porto Alegre: Artmed, 1998.

KELLER- FRANCO. **Currículo por projetos: inovação do ensinar e aprender na educação superior.** Dissertação (mestrado em Educação:currículo) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2008.

LEITE, E.; MALPIQUE, M.; SANTOS, M. R. **Trabalho de projecto:** aprender por projectos centrados em problemas**.** 4. ed. Porto: Afrontamento, 2001.

MASETTO, M. T. Inovação na educação superior**. Interface**, v.8, n.14, p.197-202, set.2003-fev.2004.

_____. **Competência pedagógica do professor universitário.** 2. ed. São Paulo: Summus, 2003b.

_____. PBL na Educação? In: **ENDIPE** 2004, Curitiba: Anais do ENDIPE, 2004b, 2 v.

_____.Inovação Curricular no Ensino Superior. **e-curriculum,** vol.7, nº 2, 2011. Retirado em Abril 20, 2011 de http:/www.pucsp.br/ecurriculum.

MORAES,M.C. O Perfil do engenheiro dos novos tempos e as novas pautas educacionais. IN: VON LINSINGEN, I. et al, (orgs). **Formação do engenheiro**: desafios da atuação docente, tendências curriculares e questões contemporâneas da educação tecnológica. Florianopolis: EDUFSC, 1999.

MOESBY, E. Reflections on making a change towards projects oriented and problem- based learning. **World Transactions on Engineering and Technology Education,** Aalborg, Dinamarca, vol.3, n.2, 2004.

MOURA, D. G.; BARBOSA, E. F. **Trabalhando com projetos:** planejamento e gestão de projetos educacionais. Petrópolis: Vozes, 2006.

SANTOMÉ, J. T. **Globalização e interdisciplinaridade:** o currículo integrado. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

ZABALZA, M. A. **O ensino universitário:** seu cenário e seus protagonistas. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Tutoria na Graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG: inovações na prática docente

Eneida P. Santos[*]; Oriane M. Neto[+]; Eduardo F. Mortimer[**]; Jaime A. Ramirez[+]; Ricardo C. Takahashi[***]; Dário Moura[++]

*Programa de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Campus Pampulha, 31270-010, Belo Horizonte (BH), Minas Gerais (MG), Brasil
[+]Departamento de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia, UFMG, Campus Pampulha, 31270-010, BH, MG, Brasil
[**] Departamento de Métodos e Técnicas de Ensino – DMTE, Faculdade de Educação, UFMG, Campus Pampulha, 31270-010, BH, MG, Brasil
[***]Departamento de Matemática, Instituto de Ciências Exatas, UFMG, Campus Pampulha, 31270-010, BH, MG, Brasil
[++]Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, UFMG, Campus Pampulha, 31270-010, BH, MG, Brasil

Email: eneidapsv@yahoo.com.br; oriane@dee.ufmg.br; mortimer@ufmg.br ; jramirez@ufmg.br ; taka@mat.ufmg.br ; dbmoura@me.com

Abstract

Since 2010 the Federal University of Minas Gerais offers a degree in Systems Engineering. Scheduled for 6 years, its graduates are expected to appropriate knowledge, skills and attitudes, which will enable them to develop technological products of high complexity and aggregation of knowledge in different areas of engineering, involving integration of sub-systems of different natures. The training in both technical and scientific skills and humanities knowledge should be performed simultaneously, in an integrated fashion. For this purpose, the students are divided in tutorial groups which are supervised by teachers. The teacher / tutor should discuss academic, technical and scientific, ethical, issues, among others. A qualitative and participant case study is presented here, assuming the teaching activity as a decisive element in the educational process. With reference on the socio-historical perspective and on the Ergology, this study looked to the situated action of the faculty when mentoring - a vital activity that is not explained only through the analysis of work organization, tasks, procedures -, and which is capable of producing innovative knowledge.

Keywords: Degree in Systems Engineering, complex systems, problem-based learning, mentoring/teaching, technics/humanities integration.

Resumo

Desde 2010, a Universidade Federal de Minas Gerais (REUNI/MEC), oferece a Graduação em Engenharia de Sistemas. Previsto para 6 anos, pretende que seus egressos, apropriando-se de saberes, habilidades e atitudes, desenvolvam produtos tecnológicos de elevada complexidade e agregação de saberes das áreas das engenharias, envolvendo integração de sub-sistemas de naturezas distintas. Para integrada e simultânea formação técnico-científica e das humanidades, nele é previsto acompanhamento tutorial dos alunos, em grupos, por docentes do curso. Aí, dentre atribuições, o docente tutor deverá discutir questões da formação acadêmica, técnicas e científicas, éticas, etc.. Um qualitativo e participante estudo de caso será apresentado aqui, concebendo a docência como elemento decisivo no processo educativo. Com referenciais da perspectiva sócio-histórica e da Ergologia, nele atentou-se para a ação situada do docente na tutoria. Atividade vital não explicada somente através da análise da organização do trabalho, das tarefas, dos procedimentos; capaz de produzir inovadores saberes.

Palavras-chave: graduação em Engenharia de Sistemas, sistemas complexos, aprendizagem baseada em problemas, tutoria/docente, integração tecnológico-científico/humanidades.

1 Mundo Contemporâneo: Novas Demandas

1.1 Contexto econômico e social brasileiro

Em 2012, o Brasil assumiu a sexta posição no ranking da economia mundial, com reflexos positivos na renda média do brasileiro e estabilidade econômica. Neste cenário promissor, contudo, especialistas alertam para a necessidade das indústrias brasileiras fortalecerem a sua competitividade econômica e comercial, demandando para isto maior investimento no setor de infraestrutura de todo o país. No plano nacional, as respostas a tal demanda deverão ocorrer sintonizadas com o contexto mundial contemporâneo de mudanças de paradigmas tecnológicos ocorridas a partir de meados do século XX e aceleradas intensamente na virada para o século XXI (Porter *apud* Neto et al., 2011). Com um panorama industrial apresentando-se, então, de modo muito diferente daquele de meados do século XX, nele as corporações industriais trabalham com o lançamento constante de novos produtos que, sempre que possível, incorporam novas tecnologias. Incorporação tecnológica que objetiva agregar valor às transações comerciais do país ou região visando, dentre fatores, o acúmulo de riqueza (Samuelson *apud* Neto et al., 2011a). Em nova conjuntura sócio-econômica e política interna e externa, o Brasil encontra-se com o relevante desafio de se tornar uma

sociedade baseada em uma grande classe média, com produção de alto valor agregado e investimentos significativos em infraestrutura, em substituição a uma sociedade baseada principalmente em *commodities*. Exigência de alteração de perfil de sociedade que pressupõe urgente melhoria da qualidade da sua mão-de-obra (Brito Cruz, 2010).

Em relação ao quadro dos profissionais brasileiros, no campo das Engenharias, há uma necessidade de aumento do contingente e de melhor formação dos engenheiros. Nas universidades públicas, por exemplo, do conjunto dos cursos de engenharia funcionando em todo o país e abrangendo todas as especialidades, constata-se a evasão em torno de 41%. Então, se nos últimos 15 anos, a expansão foi principalmente quantitativa dos cursos de engenharia, estudiosos apontam que uma estratégia para a ampliação também qualitativa destes poderá ser a mudança de foco nos cursos com a implementação do estudo de metodologias de projeto (Almeida *apud* Oliveira, 2011; Pacheco, 2010).

1.2 No mundo do trabalho: saber lidar com sistemas complexos

Desde a década de 90, com o aprofundamento da globalização das atividades capitalistas e busca de competitividade, no campo do trabalho (com consequências para o da educação), as noções estruturantes do modelo das competências para gerenciamento das pessoas tornam-se a: flexibilidade; transferibilidade; polivalência; empregabilidade (Deluiz, 2001). Com os progressos recentes da automação na indústria de processos contínuos, as indústrias baseadas em processos discretos (mecânica, eletro-eletrônica) adquirem características até então consideradas exclusivas das indústrias de propriedade: diminuição do trabalho direto ou imediato; sistemas técnicos com certa capacidade de autoregulação; sistemas informatizados de programação; gestão e controle interligados e em fluxo contínuo. O trabalho humano guarda, então, em caráter de exclusividade, funções que (longe de constituírem-se apenas em um último reduto inacessível aos sistemas técnicos informatizados ou automatizados, como um resíduo ainda não automatizável) passam a desempenhar um papel essencial na racionalização desses processos intensivos em tecnologia. Na medida em que os atos maquinais do corpo e do espírito são objetivados em um sistema técnico, ou seja, que o controle do processo baseado no tratamento de informações passa a ser incorporado ao dispositivo técnico, a atividade humana de natureza subjetiva adquire maior relevância. Dentre as atividades cita-se: a interpretação do sentido e significado de eventos singulares e imprevistos que interrompem o fluxo do processo; a gestão de interrelações complexas; a definição de estratégias globais e sua atualização com a tomada de decisão em tempo real, atribuindo valores e critérios de eficácia do sistema; a melhoria contínua a partir da aprendizagem com erros e falhas cada vez mais raros e complexos, dificilmente redutíveis a modelos matemáticos ou estatísticos (Lima, 2011a).

Nesse mundo de automação flexível, como acima exposto, a exigência de qualificação dos trabalhadores é crescente. Também, o trabalho: assume caráter mais intelectualizado, menos prescritivo, exigindo a mobilização de competências que envolvem domínios cognitivos mais complexos e que vão além da dimensão técnica; os saberes em ação (o saber-fazer e o saber-ser), da inteligência prática dos trabalhadores tornam-se valorizados, independente de títulos ou diplomas; estimula-se a polivalência do trabalhador (para lidar com diferentes processos e equipamentos, para assumir diferentes funções e para tornar-se multiqualificado); amplia-se a possibilidade de construção de competências coletivas a partir do trabalho em equipe, maior comunicação, participação e autonomia para o planejamento, execução e controle dos processos produtivos (Deluiz, 2001). Tem-se assim que, na atualidade, do trabalhador, com domínio de saberes técnico-instrumentais, é exigido uma atitude social, crítica - um saber fazer com o aprendido em contextos educativos (Deluiz, 2001).

1.3 Processo de enculturação na graduação

Dessa caracterização do mundo contemporâneo (com elevado desperdício de recursos, ineficiência, depredação da natureza, obsolescência planejada, desemprego, problemas de saúde e risco de acidentes), algumas questões são levantadas. Uma delas é o quanto os centros de formação estão em condições de qualificar profissionais para os novos tempos. Neste sentido, quais ações estes centros devem propor para que os engenheiros: obtenham uma formação crítica e prática necessária para ampliação da sensibilidade para com a realidade de seu tempo com suas complexas questões sociais; venham a melhor conhecer o lugar que ocupam e a tecnologia a qual operam? Entende-se que para essa formação de consciência social do engenheiro para além, então, da simples consciência dos males produzidos pela tecnologia, é necessário que ele aprenda na escola quanto as implicações e as dimensões sociais e éticas imanentes às práticas diretamente produtivas (Lima, 2011a). Para enfrentamento inovador dessas questões, a literatura ressalta o papel relevante da metodologia de projetos (PBL ou ABP) (Neto et al., 2011b). Tal metodologia, capaz de promover uma proposta educativa de "enculturação" (Lave, 2011), sustenta-se em princípios tais como o de que: o conhecimento, dependente da experiência e da prática, é da ordem das habilidades sociais; a apropriação e/ou desenvolvimento de uma habilidade experimental se dá a partir da convivência de

praticantes; o domínio de dada habilidade ocorre de modo invisível na sua 'transferência' e naqueles que a possuem (Collins, 2011).

Diante dessa demanda de formação profissional de engenheiros no país, com financiamento do REUNI (Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais, do MEC), a partir de 2010, a UFMG passou a oferecer a primeira graduação em Engenharia de Sistemas (GES/UFMG), no Brasil. Noturno, previsto para seis anos e em processo de implementação, em seu projeto político pedagógico (PPP), o curso apresenta iniciativas próprias à metodologia de projetos como é o caso da *tutoria docente* e os *laboratórios de projetos e o multidisciplinar* (Neto et al., 2011a; 2011b).

Acompanhando este curso desde implementação inicial (2009/2010), um dos autores deste artigo, do campo da Educação (e da Psicologia), propôs trabalho de intervenção e de pesquisa pós-doutoral (PDJ-CNPq/período 2012-2013) nesta graduação. Exploratório, qualitativo, propositivo/participante, ele fundamenta-se, em linhas gerais, na perspectiva sócio-histórica (Vigotski, 2001) e, em termos metodológicos, na Ergologia (Lima, 2011b; Schwartz, 2005). Essa intervenção e pesquisa do campo da Educação tem como pressuposto de que o trabalho docente é complexo, exige qualificação específica, sendo ainda principalmente obtida na prática. Dentre objetivos dessa, foi proposto o acompanhamento do processo de implementação da *tutoria docente*. Principalmente com atenção à *atividade docente*, na tutoria, tal trabalho se dispõe a, inicialmente, verificar as possibilidades e os limites dessa prática. Atividade aqui concebida como não apreendida a partir somente da análise da organização do trabalho, das tarefas, dos procedimentos e concebida como via de produção de inovadores saberes. Após, pretende-se oferecer sugestões de ações (do campo da Educação) que contribuam para enfrentamento dos limites identificados na primeira fase diagnóstica da tutoria.

Com tal trabalho, a expectativa é de que ele contribua para a permanência do maior número dos estudantes admitidos, nesta graduação, caracterizados por diversidade de perfil entre eles (experiência técnica ou não; variedade de condição sócio-econômica; diferenças na formação pregressa, em termos de nível de excelência no ensino). Isto em momento, no Brasil, de expansão do acesso à escola pública, no ensino superior, aos vários setores da sociedade. Também o trabalho/pesquisa visa contribuir para que a distância entre a proposição de um PPP inovador e a sua realização se mantenha reduzida. Neste caso, principalmente em relação a duas inovações que o caracterizam. Uma delas que é o interesse de formação científico-tecnológica (principal) acontecer de modo integrado e simultâneo com a das humanidades (complementar). A outra que é a implementação e permanência, como planejado, dos ambientes de Tutoria e dos Laboratórios (de Projetos e o Multidisciplinar). Tal interesse (de haver reduzida distância entre o planejado e o efetivado) justifica-se considerando o alerta dado por estudiosos de que um currículo apresenta-se como *documento situado entre* a declaração de princípios gerais e sua tradução operacional, entre a teoria educativa e a prática pedagógica, entre o planejamento e a ação e entre o que se prescreve e o que sucede realmente na sala de aula (Carvalho & Vannucchi, 1996).

A partir do tema em debate neste congresso, *do papel da tutoria na metodologia de projetos*, no caso específico deste artigo, como estudo de caso, serão apresentados dados preliminares de referido processo de implementação da tutoria docente na graduação acima citada. O artigo, que resulta de análise e discussão destes dados pelos seus autores, focaliza a atividade docente. Nele também se contou com referenciais teóricos e metodológicos acima especificados para o trabalho pós-doutoral, dentre eles, a metodologia de projetos ou ABP. Os dados obtidos e aqui analisados foram coletados a partir da gravação de conversas formais e informais da pesquisadora com docentes e coordenação do GES/UFMG. Após, então a coleta, sistematização e tratamento dos dados, nesta pesquisa qualitativa, realizou-se novas conversas com alguns dos docentes tutores, segundo orientações da metodologia da análise do trabalho (Lima, 2011b), verificando com eles a pertinência de avaliação feita inicialmente.

Finalmente, em relação ao conteúdo exposto em cada uma das seções seguintes, alguns esclarecimentos. Na próxima seção, pretende-se caracterizar em linhas gerais a metodologia de projetos e o papel docente (conceito e algumas de suas especificidades). Na outra seção, serão apresentados dados próprios à graduação da Engenharia de Sistemas da UFMG e, na última seção, algumas considerações finais.

2 Processo de Formação na Escola

2.1 A docência na aprendizagem baseada em problemas (ABP)

Na aprendizagem baseada em problemas / ABP (ou Project Led Education/PLE ou Project Based Learning/PBL), os estudantes são incentivados à explorarem questões significativas e de preocupação real para dado campo de saber, visando o engajamento pessoal, profissional do egresso na vida. Tal proposta educativa pressupõe que, no decorrer dos anos, o sujeito se apropria de saberes que tem acesso, a partir de

trabalho ativo de elaboração ou de interpretação, em contexto de interação com outros, por exemplo, seus pares e docentes. A ABP concebe a aprendizagem como situada em dado contexto sócio-histórico, político-econômico, cultural, tendo maior êxito quando se utiliza tarefas autênticas, ancoradas em situações cotidianas. Nesta perspectiva, o aprendizado resulta de um percurso no âmbito do qual os estudantes constroem um produto. Este produto pode ser algo: tangível (tal como um modelo/protótipo, um sistema ou um robô); computadorizado (tais como software, uma apresentação ou um produto multimédia); escrito (tal como um relatório, uma avaliação resumo ou um resumo dos resultados experimentais). Também este produto deve responder a uma pergunta, resolver um problema e atender às exigências ou necessidades estabelecidas pelo instrutor do curso ou identificadas pelos estudantes (Frank, 2005).

Na ABP, o currículo de maneira geral é composto por: (a) módulos, onde acontecem os encontros dos grupos tutoriais durante o semestre em sequência, porém, com conteúdos independentes; (b) desenvolvimento de habilidades e atitudes através de laboratórios especializados; (c) atividade de integração, propondo temas para discussões, orientações sobre conduta, ética e outros, com objetivo de sociabilização do estudante. As propostas tradicionais de ensino privilegiam os processos de análise ou de desmontagem dos conteúdos em seus componentes, buscando-se manter as interligações. No caso da ABP, desenvolvendo uma ampla perspectiva sobre concepção e desenvolvimento de sistemas, os processos de síntese são privilegiados. A síntese entendida como a conexão de componentes ou sub-sistemas em todo um sistema. Tal síntese, apresenta-se como a combinação, arranjo, organização e montagem de elementos e peças com a finalidade de (buscar) configurar um sistema que não existia anteriormente.

Ainda a respeito da ABP, de preferência, as hipóteses sobre as possíveis explicações do problema são elaboradas pelos estudantes antes de seu estudo, como uma forma de estimulá-los a partir dos saberes que já dispõem de suas experiências anteriores. Após, os estudantes são incentivados a estudar e discutir entre os colegas o problema, de preferência contando com a presença docente. Posteriormente, este conteúdo pode ser submetido à rediscussão no grupo tutorial (grupo menor de estudantes com um docente/tutor), quando os estudos individuais e coletivo já foram feitos. Neste processo, além da literatura especializada, outros docentes especialistas podem ser consultados. Após, então, os estudantes estarão preparados para processos avaliativos com base nos objetivos e conhecimentos específicos definidos no projeto da instituição (Pereira *apud* Neto et al., 2011b).

Como alguns dos aspectos positivos dessa metodologia pode-se afirmar que o contexto de projeto de aprendizagem, de modo geral, aumenta a motivação para estudar e ajuda os estudantes a desenvolverem habilidades de aprendizagem de longo prazo. Além disto, ela contribui para: os estudantes desenvolverem a compreensão mais aprofundada e integrada de conteúdo e processo; a promoção da responsabilidade; a aprendizagem com maior autonomia; o envolvimento ativo dos estudantes em vários tipos de tarefas, atendendo a demandas de aprendizagem de muitos estudantes diferentes. O ambiente de ABP também pode: promover o desenvolvimento, por exemplo, de habilidades de inquérito, habilidades de resolução de problemas e habilidades de informações; oferecer várias maneiras para que os estudantes participem e demonstrem o seu conhecimento, combinando ou não com os vários estilos de aprendizagem dos alunos. Em alguns estudos, uma correlação positiva foi encontrada entre a auto-estima e o sucesso dos estudantes ao receberem uma avaliação positiva (Batalha *apud* Frank, 2005). Na ABP, portanto, a tendência será de não submissão irrestrita dos problemas/da prática à teoria. De modo inverso, a tendência será de se recorrer à teoria, explorando os seus detalhes, as suas nuances, para abordagem e/ou ampliação de entendimento de determinada situação prática.

2.2 Docência na ABP – conceito e a prática da transmissão

Neste artigo, a *tutoria* em questão refere-se ao trabalho realizado pelo docente do próprio curso com um grupo reduzido de estudantes de cada turma. Diferente de situações de sala de aula em que o docente se dirige para uma turma de dado período letivo, nessa prática, o docente poderá apresentar aos estudantes (de turma subdividida) conteúdos sistematizados de determinada área de saber e/ou promover a revisão (enfatizando aqueles mais demandados pelos estudantes ou aqueles que o docente considera mais importante para eles aprenderem). Visando apropriação crítica de certos conteúdos pelos estudantes, o docente poderá então: incentivar o estudo e uso destes; promover debates, conversações entre eles a tal respeito. Na condução de processo educativo, demanda-se, portanto, dos docentes/tutores que: promovam a motivação; assegurem a gestão das diferentes fases do ABP (promovendo as diferentes sequências do processo de análise e de progresso do grupo para a identificação de objetivos de aprendizagem); animem (estimulem o grupo a buscar o "porquê" e o "como" de eventos, analisando-os em detalhes); avaliem periodicamente o processo (acompanhando os progressos de cada um de seus estudantes para fornecer feedback durante a unidade de avaliação formativa e no final da unidade). Assim, além de domínio de conteúdo específico da área de formação (escolar e profissional) do docente, a proposta educativa da ABP requer dele noções do saber pedagógico.

Ainda a respeito da docência, um dos seus aspectos de interesse no trabalho/pesquisa aqui citado consiste na *"atividade da transmissão"*. Avalia-se que na ABP, que conta com relevante contribuição da perspectiva sócio-histórica (Vigotski, 2001) e em consonância também com o proposto pela Ergologia (cf. Schwartz, 2005), tal atividade é colocada em questão, no sentido de entender que não se restringe à repetição do prescrito pela instituição de ensino. Assim, a cada experiência de transmissão - de leis, em se tratando de informações referentes ao "mundo físico" e de normas, em se tratando do "mundo humano" - no fazer diário docente, estará em jogo também um trabalho de interpretação do prescrito, portanto, de renormalização, em se tratando das normas. Então, no caso da transmissão referente ao meio físico, ela se dá considerando leis. E, no caso da ordem das coisas humanas, ela sustenta-se através de normas.

O ato da transmissão na prática educativa apresenta-se como um paradoxo, na medida em que uma civilização só existe porque elementos constantes, identificantes, se transmitem, não obstante o desaparecimento dos seres que nela vivem de geração em geração. Ao mesmo tempo, uma civilização está na história, marca a história, é história. Portanto, simultaneamente, o ato de transmitir (nas oficinas, nos escritórios, nos serviços) tende à estabilidade e à fabricação de história (de fatos inéditos). Portanto, como uma dinâmica paradoxal constitutiva de toda civilização humana, transmitir implica o transporte, a transferência de materiais, de patrimônios sociais de um lugar ou de um tempo para outro com a preocupação de conservar sua identidade ou sua mensagem. Neste caso da ordem das coisas humanas, a transmissão está presente nos atos cotidianos, implicando sempre em escolhas, em arbitragens, em um horizonte de valores. Estes atos (regidos, então, pelas normas) tecem o mundo de cada um, a relação deste com a cultura, com o viver juntos, com a história. É assim que, em nenhum caso, transmitir irá significar um processo repetitivo de reprodução de maneira idêntica. No caso da prática docente, tal paradoxo "civilizacional" da transmissão, a operar independente de qualquer esforço consciente, é chamado de o "transmitir genérico", por oposição ao "transmitir profissional". Ocasião em que tal ato representará o trânsito de elementos de experiência e de saber (educação, formação) (Schwartz, 2005).

Nessa perspectiva, em nenhum dos níveis em que a transmissão se desenvolve, haverá uma neutralidade que envolve o desenrolar de uma lei natural. Em termos "societais", isto reenvia a todos, coletivamente, a responsabilidade de criadores do social. No caso dos educadores, em que o projeto de transmitir é explícito, isso conduz a escolhas visíveis ou ocultas, a renormalizações, como acima dito, a partir das quais resultarão todos os "conteúdos" a serem transmitidos. Para Schwartz (2005), em qualquer grau, fazer o ofício implica sempre em se colocar uma questão recorrente: *o que significa fazer dado ofício?* Como algo que não se deixa ver totalmente, a dimensão do ofício e o *savoir-faire* aí presente, como é o caso da docência, exigirá astúcia de quem a exerce. É graças a ela e componentes como a inteligência e a experiência que se resolve os problemas colocados por determinada tarefa e que se descobre novas respostas só mais tarde vistas como verdadeiras inovações técnicas (Odonne *apud* Schwartz, 2005). Quanto ao *como se transmite* no contexto da sala de aula, Durrive (*apud* Schwartz, 2005) utiliza dois termos, balizamento e ancoragem. Então, mesmo quando cada um se situar num polo onde o conteúdo do transmitir é pouco variável, como é o caso da lei da queda dos corpos, mesmo quando o objeto do dever transmitir escapa às complexidades da atividade humana, a questão do como tal ato ocorre permanece profundamente submetida a escolhas.

Finalmente, pode-se afirmar que o tutor docente realiza a sua prática: considerando que o aprendizado é concebido como anterior ao desenvolvimento do sujeito; assumindo o papel de mediação da relação do sujeito com a realidade ("o mundo da linguagem"), responsabilizando-se pela condução inventiva, provocativa, propositiva do processo educativo. Para a promoção então da aprendizagem, recomenda-se que o docente (na sua convivência com o estudante, disponibilizando sistematicamente conteúdos que este ainda não sabe ou promovendo a revisão destes), periodicamente, incentive sistematizações de tais conteúdos - através da escrita, de desenhos, de jogos, de esquemas, da fala, etc.. Também, recomenda-se que, sempre que possível, o docente tutor promova o trabalho cooperativo - a discussão coletiva, o diálogo - com (ou por vezes sem) objetivos definidos. Assim deve agir ciente de que o processo educativo implica em que as dimensões afetivas, sociais, éticas e cognitivas interpenetram-se e completam-se, resultando no aprimoramento intelectual, sócio-afetivo de todos neste processo. Também o docente deve estar ciente de que através de sua atuação poderá contribuir para: o aprimoramento da visão estética e ética do estudante; a elaboração por este de maior autonomia e auto-estima; a convivência solidária entre os colegas e a comunidade na qual o estudante se insere; a ampliação, no estudante, do compromisso com a sua vida nela incluída atenção ao social (Giusta *apud* Santos, 2008).

3 Graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG – em Curso

3.1 Caracterização em linhas gerais

A Engenharia de Sistemas apresenta-se como uma especialidade da Engenharia que surge ligada a novo paradigma tecnológico e industrial. Ela visa a transformação do projeto de novos produtos de alta agregação tecnológica-científica em um tipo de produto de uma cadeia produtiva (Kossiakoff & Sweet, 2003). A proposta de criação da Graduação em Engenharia de Sistemas, na UFMG, foi feita por um grupo de professores do Departamento de Engenharia Elétrica, da Escola de Engenharia da UFMG (DEE/UFMG), vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da UFMG (PPGEE/UFMG), pertencentes às linhas de pesquisa Otimização, Inteligência Computacional e Eletromagnetismo Computacional. Para a formação sistemática de engenheiros com preparo científico e tecnológico na área de engenharia de sistemas, o curso conta também com a presença de professores de outras áreas da engenharia e áreas afins.

Com turmas regulares desde o primeiro semestre de 2010, em termos de habilidades, nele prevê-se que os seus egressos poderão: conceber, especificar e projetar dispositivos, aparatos e equipamentos de elevada complexidade, particularmente aqueles que envolvam a integração de sub-sistemas de naturezas distintas. Como atuação profissional, eles poderão: trabalhar em setores industriais e de serviços, responsabilizando-se pela integração do projeto dos novos produtos; atuar em empresas de engenharia e de informática, desenvolvendo sistemas de suporte a projetos. Quanto às competências, o curso visa qualificar os seus egressos para atendimento em diversos campos. *No setor industrial*, estes poderão: executar projetos de engenharia básica visando a instalação ou reorganização dos setores de engenharia de novos produtos; desenvolver novos produtos tecnológicos de elevada complexidade e elevada agregação de conhecimentos das áreas das engenharias; participar de treinamento de recursos humanos, no que concerne às equipes encarregadas da produção dos sistemas projetados pelo engenheiro de sistemas. *Como pesquisador ou docente*, o egresso poderá trabalhar em centros de pesquisa governamentais ou de empresas ou em instituições de ensino superior. *Numa terceira vertente*, o engenheiro de sistemas poderá trabalhar ou atuar: na integração de sistemas de transportes, de tráfego aéreo, ferroviários e navais; nos sistemas de defesa, da segurança pública; no mercado financeiro; escoamento de produção em alta escala; no controle de epidemias; nos sistemas de gestão em saúde e educação; na integração da engenharia com a biologia, a medicina e todas as áreas de saúde; nas redes sociais e suas integrações; na integração entre energia e meio ambiente, etc. (Neto et al., 2011a) Duas inovações no currículo, em sintonia com a proposta de metodologia de projetos aqui merecem destaque: os laboratórios de projetos e o laboratório multidisciplinar e a tutoria.

3.1.1 Laboratórios

Como parte da formação dos estudantes, é previsto que os Laboratórios de Projetos e o Laboratório Multidisciplinar aconteçam entre o quinto e o nono período, em todos os semestres a partir então de 2012. Neles, os estudantes se dividirão em grupos para desenvolvimento de atividades de síntese de conhecimentos, sob a supervisão dos docentes e de monitores de pós-graduação. Esses Laboratórios se distinguem das disciplinas convencionais por serem orientados para o desenvolvimento de projetos, integrando conteúdos apresentados em disciplinas anteriores e trabalhando as habilidades ligadas à especificação, projeto, validação, testes e análise de sistemas. Também, neles são previstos debates sobre questões políticas, econômicas, éticas, filosóficas, envolvendo a ciência, a tecnologia e o 'fazer' da engenharia (Neto et al., 2011a).

3.1.2 Tutoria docente

No currículo é estabelecido que docentes do curso, atuando como tutores, deverão acompanhar os estudantes, em pequenos subgrupos. No decorrer da GES/UFMG, cada um deles, deverá promover reuniões regulares com o grupo sob a sua responsabilidade e discutir com os estudantes as questões levantadas por eles de ordem acadêmica, da formação, questões técnicas e científicas e da integração dos percursos de humanidades com o percurso técnico científico (Neto et al., 2011a). Prevista para efetivação em contexto distinto daquele dos laboratórios, a tutoria tem como um dos objetivos contribuir para a consolidação positiva da performance do estudante, seja nos laboratórios, seja no curso como um todo. Para cada turma, prevê-se que a tutoria docente aconteça em dois momentos distintos e estratégicos do curso. O primeiro momento, a acontecer nos primeiros períodos letivos, visa incentivar a integração do estudante à dinâmica do curso, por exemplo, no que se refere aos conteúdos trabalhados em cada disciplina (ambientes do curso), exigências curriculares, convivência com os pares e docentes. O segundo momento, a acontecer no período de elaboração do TCC1 (envolvendo abordagem de aspectos das humanidades) e do TCC2 (envolvendo abordagem de aspectos científicos e tecnológicos), próximo ao oitavo período letivo.

3.2 Aprendizagem, em exercício, de prática inovadora

Neste processo de implementação do curso e de suas inovações (como é o caso da tutoria e dos laboratórios), os professores (aprendendo fazendo) vêm lidando e propondo estratégias novas para enfrentamento dos desafios do percurso. Sobre a disposição para inovar na prática pedagógica, por exemplo, eles acolheram o desafio de não contarem exatamente com a própria experiência – obtida quando estudantes e como conceituados professores. Experiências vividas principalmente em propostas metodológicas de estilo tradicional, em que as habilidades e atitudes não eram (ou são) consideradas como aspectos a serem obtidos concomitante à apropriação de conteúdos teóricos próprios ao curso. Sintonizados com os novos tempos acima caracterizado (novo tipo de alunos, com diversidade de qualidade de formação pregressa; as novas exigências do perfil do profissional a formar; novas demandas sócio-econômicas, sócio-políticas, etc.), também os referidos docentes se propuseram a encaminhar tal proposta educativa em um contexto de universidade em que o campo da pesquisa mantém-se com maior relevância para valorização dos programas de curso do que o campo do ensino (Chaves, 2009).

É assim, então, que os docentes de referida graduação encontram-se com os desafios acima expostos ao tomarem a ABP como referência para condução desse processo político pedagógico. Além das incertezas próprias à prática docente eles convivem com situação de pressão (de efeito propositivo), por exemplo: pela necessidade de ampliação de experiência pessoal/profissional em metodologia de projetos; pelas exigências institucionais, como já dito, de cumprimento de produção como pesquisadores (que muito demanda em tempo, em estudos, por exemplo); pelas dificuldades com a própria posição tradicional assumida pelos estudantes, de espera do professor de condução do processo. Sabendo da necessidade de fortalecimento (e/ou o sucesso) do proposto no projeto político pedagógico (cf. Neto et al., 2011a) e as inovações nele introduzidas (como acima citadas), que buscam em síntese promover a integração dos percursos científico-tecnológico e o das humanidades, os docentes/tutores (como dito, já reconhecidos pelos anos de prática), admitem-se, em síntese, em situação de aprendizes da própria prática. Neste momento, de necessidade de ações (seja deles, seja de colaboradores de áreas das humanidades) para fazer desse projeto político pedagógico uma experiência consolidada, é mantida a atenção de que a possibilidade de transmissão bem sucedida implica em iniciativas de renormalização (Schwartz, 2005), pelo tutor/docente, e de reinvenção, pelo aluno, daquilo que lhe foi transmitido (Miller, 2003).

4 Considerações Finais

Na GES/UFMG, em que se espera dos estudantes apropriação de competências que ultrapassem, então, a aplicação de saberes aprendidos exclusivamente a partir do estudo com seus professores, a tutoria é entendida como um dos recursos estratégicos pelos docentes para tal conquista. Neste tipo de prática, os docentes tutores podem, por exemplo, identificar o grau de entendimento, pelos estudantes, dos conteúdos estudados em cada disciplina; incentivar os estudantes a estudarem aspectos específicos do conteúdo estudado, em função da manifestação dos interesses individuais ou de pequenos grupos. Também, em tal prática, o docente pode melhor identificar e/ou acompanhar as características dos estudantes, em termos: de como estudam; de como gerenciam o tempo; de quais questões/problemas pessoais estão interferindo negativamente na performance de cada estudante; do que, para cada estudante, pode ser de interesse visando a formação profissional. Como situação educativa ainda incipiente em processos de formação na graduação e mantida entre o formal e o informal, a tutoria apresenta-se, também, como experiência estratégica para cada docente (com seu estilo e interesses profissionais) qualificar estudantes em áreas novas ou carentes de novos profissionais. Em seu PPP, essa graduação propõe um conjunto de mecanismos para promoção da interdisciplinaridade (entre as áreas científico-tecnológicas e entre elas e as das humanidades). Avalia-se que essa prática da tutoria docente neste curso, inovadora em seus propósitos e modo de se efetivar, poderá garantir a multiplicação de ações neste sentido. Algo relevante para que sejam multiplicadas as possibilidades de realização de formação neste curso, com consequências frutuosas para a sociedade.

Referências

BRITO CRUZ, C.H. (2010) A formação de engenheiros no Brasil: desafio ao crescimento e à inovação. Carta IEDI, Rio de Janeiro, n.424. Disponível em: http://www.coe.ufrj.br/~richard/EEE200/Engenharia%20no%20Brasil.pdf . Acesso: 23 Nov 2011.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa e VANNUCCHI, Andréa. (1996) O currículo de física: inovações e tendências nos anos noventa. In: Investigações em ensino de ciências, vol. 1, n.o 1. UFRGS: Porto Alegre.

CHAVES, Tânia A. (2009) A expressividade do professor universitário em situação experimental e de interação em sala de aula. Tese de Doutorado em Educação, Belo Horizonte: FAE-UFMG.

COLL, César. (2010) Enseñar y aprender en el siglo XXI: el sentido de los aprendizagens escolares. En: R. A. Marchesi, J. C. Tedesco & C. Coll (coord.), Reformas educativas y calidad de la educación. Madrid: OEI-Santillana. URL: http://www.psyed.edu.es/prodGrintie/articulos/CC_2010_PensamientoIberoamericano.pdf . Acesso em: 3 de março de 2012.

COLLINS, Harry. (2011) Mudando a ordem. Replicação e indução na prática científica. Belo Horizonte: Fabrefactum Ed. Série Ciência, tecnologia e sociedade.

DELUIZ, N. (2001) O modelo das competências profissionais no mundo do trabalho e na educação: implicações para o currículo. Bol. Téc. Senac, v.27, n.3. Disponível em: http://www.senac.br/informativo/BTS/index.asp . Acesso: 25 Out. 2010.

FRANK, Moti. (2005) A Systems Approach for Developing Technological Literacy. Digital Library and Archives. Journal of technology education. Vol. 17, n. 1, Fall. Available in: http://scholar.lib.vt.edu/ejournals/JTE/v17n1/frank.html . Acess: 3 Fev 2012.

KOSSIAKOFF, Alexander and SWEET, William N. (2003) Systems Engineering: principles and practice. A John Wiley & Sons, Inc., Publication.

LAVE, Jean (2011) Apprenticeship in critical ethnographic practice. Chicago: University of Chicago press Books.

LIMA, Francisco de Paula Antunes. (2011a) Ergonomia das novas tecnologias: saber prático e objetivação do conhecimento. Belo Horizonte/MG - UFMG: Departamento de Engenharia de Produção. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART044.pdf . Acesso: 10 Mai.

LIMA, Francisco de Paula Antunes. (2011b). Fundamentos teóricos da metodologia e prática de análise ergonômica do trabalho. Belo Horizonte (notas de aula).

MILLER, Jacques-Alain. (2003) A "formação" do analista. Em: Opção Lacaniana n. 37, setembro, pp. 5-34.

NETO, Oriane M. et al. (2011a) Curso de graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG – relato de experiência em processo. In: ANAIS do 39 COBENGE – Formação continuada e internacionalização, Blumenau, 3 a 6 de Out, 2011.

NETO, Oriane M. et al. (2011b) Curso de graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG e aprendizagem baseada em projetos – relações possíveis. In: CAMPOS, L. C.; DIRANI, E. A. T.; MANRIQUE, A. L.. (Org.). Educação em Engenharia: novas abordagens. 1 ed. São Paulo: EDUC, 2011, v. 1, p.

OLIVEIRA, Vanderli Fava de. (2011) Falta de engenheiros pode comprometer crescimento. Entrevista. 31 de agosto. Disponível em: http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/falta-de-engenheiros-pode-comprometer-crescimento/. Acesso: 16 Nov 2011.

PACHECO, Carlos Américo. (2010) A formação de engenheiros no Brasil: desafio ao crescimento e à inovação. In: Instituto de estudos para o desenvolvimento industrial. 16 jul. Disponível em: www.iedi.org.br/admin_ori/pdf/20100723_engenharia.pdf . Acesso: 2 Mar 2012.

SANTOS, Eneida Pereira dos. (2008) Gil Amâncio & Encontros: processos educativos, cultura negra, intervenção de mestre e convivência. Tese de Doutorado em Educação, Belo Horizonte: FAE-UFMG.

SCHWARTZ, Yves. (2005) Transmissão e ensino: do mecânico ao pedagógico. Pro–Posições, v. 16, n. 3 (48), p. 229–44, set./dez.

VIGOTSKI, Lev. (2001) A construção do pensamento e da linguagem. São Paulo: Editora Martins Fontes.

FORPEC – Grupo de Pesquisa Formação de Professores e Paradigmas Curriculares: contribuições para a inovação no Ensino Superior

Cristina Zukowsky-Tavares Carvalho[*+], Thiago Schulze[+], Martha Maria Prata - Linhares[*+]

[*] Centro Universitário Adventista de SP (UNASP), Pontifícia Universidade Católica (PUC/SP) , Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)
[+]Membros do Grupo de Pesquisa Formação de Professores e Paradigmas Curriculares (FORPEC), PUC, São Paulo, Brasil

Email: cristina.tavares@unasp.edu.br, thiagoschulze@hotmail.com, martha.prata@gmail.com

Abstract

The Teacher Development and Curricular Paradigm Research Group (FORPEC), a Brazilian research group fitted into the Post-Graduate Course in Education, Curriculum of the Pontific Catholic University of São Paulo, is made up by invited researchers and students taking Master or Doctorate degrees in the same programme. Thinking about aspects of curricular change in Higher Education, we discuss the centrality of the teacher development process as the mainstay of an innovative curricular construction. Investigation carried out in the practical and theoretical field in institutions which are in their initial, or even already consolidated process of curricular innovations, has brought to the fore the fact that the selection process and pedagogic development of university teachers imposes itself ,not as a set of specific and loose initiatives to which some teachers adhere to individually, but as a system. This system becomes institutionally established ,and all teachers and managers are part of it while they are professionals in education and partners of this innovation concerning the design and management processes of education ,teaching and assessment in universities.

Keywords: Higher education; curricular innovations; teacher education..

1 Introdução

Impulsionados por transformações ocorridas na sociedade e no mundo do trabalho e na própria concepção de ser humano e de educação, o Grupo de Pesquisa Formação de Professores e Paradigmas Curriculares – FORPEC verifica o esforço das instituições de Educação Superior em dar uma resposta a essas novas demandas do mundo do trabalho e da sociedade como um todo, mediante a construção e a oferta de propostas curriculares que procuram se estruturar de uma maneira inovadora, de modo a buscar uma sintonia entre o que se oferece enquanto curso de Educação Superior e o que se torna relevante para os aprendizes que os procuram.

1.1 Breve trajetória de Pesquisas do Grupo

O Grupo de Pesquisa Formação de Professores e Paradigmas Curriculares, criado em agosto de 2005, está inserido no Programa de Pós-Graduação em Educação Currículo da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – CED-PUCSP, Brasil. É coordenado pelo Prof. Dr. Marcos Masetto e composto por pesquisadores convidados e alunos mestrandos ou doutorandos do mesmo programa. Reúnem-se presencialmente uma vez ao mês para o alinhamento e validação das pesquisas realizadas colaborativamente a distância e para socialização dos resultados. Esse estudo permite que sejam elaborados referenciais que permitem o levantamento e identificação de currículos inovadores. No momento seguinte são selecionados os projetos a serem investigados por meio de estudos documentais, análises de publicações que abordam a temática inovação, currículo e formação de professores, entrevistas com os mentores e gestores dos currículos, visitas aos campi, e principalmente diálogos com os professores. Tendo o domínio do projeto o grupo focaliza a pesquisa nos professores participantes do currículo inovador com a perspectiva de localizar necessidades e propor ações de formação docente específica.

Apesar de concentrar a maior parte de suas pesquisas no território brasileiro, o grupo de pesquisa é capaz de afirmar logo de início que tais transformações e a busca por novas propostas ocorrem em diferentes cursos, desde os mais tradicionais do ponto de vista da ciência, como é o caso de cursos na área de Medicina, das próprias Engenharias e Direito, até os novos cursos decorrentes da demanda por profissionais em áreas emergentes, como o Turismo, e a Fisioterapia. Há de se afirmar inicialmente também que, após 7 anos de pesquisas e buscas por propostas curriculares inovadoras em Educação Superior, existem diferentes maneiras de se construir e estruturar uma inovação curricular duradoura, que leve a cabo os objetivos que se propõe atingir.

Alguns cursos procuram uma integração maior entre as aulas ministradas na universidade e a atuação profissional dos aprendizes nas organizações, como é o caso de cursos de Engenharia nos quais o aluno

passa parte do curso em sala de aula e parte do semestre realizando estágios nas empresas, e no momento seguinte retorna à universidade já com as competências adquiridas ao longo deste período em que passou nas organizações. Outros cursos procuram estruturar sua proposta visando uma integração maior com a comunidade a qual pertencem. É o caso das propostas curriculares por projetos, que buscam identificar nas regiões em que a instituição de Educação Superior está inserida, quais são as principais demandas e problemáticas, e a partir daí, construir uma proposta curricular que objetive os alunos não somente conhecerem possíveis soluções, mas efetivamente agir e colaborar para a solução de tais problemáticas, numa ênfase mais aprofundada à extensão universitária. Também é possível observar propostas curriculares que buscam se estruturar a partir de inovações já em marcha em outros contextos como é o caso dos *Problem Based Learning* – PBL.

Por outro lado, ao longo desta trajetória de estudos, o grupo também percebeu o esforço de diversas Instituições e cursos se auto-proclamarem inovadores, quando o que oferecem apenas são medidas pontuais e isoladas em determinado aspecto do curso, como uma proposta de trabalho interdisciplinar, uma oferta de estágio diferenciada, uma disciplina cujo docente possui uma atuação destacada ou até mesmo mudanças pontuais ligadas às Tecnologias de Informação e Comunicação –TICs, como a inserção de computadores portáteis nas salas de aula. Enfim, atualizações ou modismos isolados, que até podem ser considerados significativos do ponto de vista da aprendizagem, mas que comparados aos esforços realizados por cursos e instituições que efetivamente levaram à cabo uma inovação curricular, pouco contribuem para este novo cenário.

Neste ponto identificamos a relevância de cada investigação sobre a formação de professores em novos paradigmas curriculares e sua contribuição científica no debate do conjunto expandido de pesquisas apresentadas na Revista Portuguesa de Educação, e, nesse contexto o Grupo Formação de Professores e Paradigmas Curriculares – FORPEC – do Programa de Pós Graduação em Educação: Currículo da PUC/SP tem como intenção central:

> Pesquisar como em vários projetos inovadores de ensino superior, realizados ou em andamento em diferentes áreas de formação de profissionais, se trabalhou com a preparação dos docentes para a compreensão destes projetos inovadores e conseqüente planejamento e implementação de uma prática pedagógica diferenciada (MASETTO, 2005).

1.2 Características Básicas de Projetos Inovadores para o FORPEC

Neste sentido, o grupo de pesquisa toma por base a procura por cursos que, conforme especificado por Masetto (2003) envolvem um conjunto de alterações que afetam eixos constitutivos da organização do ensino universitário, e não apenas mudanças pontuais e desconexas. Isso implica afirmar que uma inovação curricular envolverá transformações nos princípios epistemológicos do curso, na metodologia utilizada, nos objetivos de ensino e aprendizagem, na forma de avaliação, na organização curricular, que não necessariamente será composta por disciplinas, na gestão do curso em seus diversos níveis. E também, há um elemento a ser destacado nesta trajetória de estudos, que apareceu como intrínseco a todas as propostas curriculares inovadoras que continuam em marcha e alcançaram seus objetivos de construção, implantação e operacionalização. Este diz respeito à necessidade de um processo de formação docente coerente e integrado à inovação que se deseja implantar.

Por isso, o grupo de pesquisa se concentra e discute neste artigo, não somente a importância e a centralidade do papel da formação de professores em todas as inovações curriculares investigadas, mas sobretudo destaca quais elementos constituem um processo de formação docente voltado para a inovação, bem como integrar os docentes na construção e operacionalização da inovação curricular. Assim como enfatizado anteriormente, podemos observar que não existe uma única maneira, um único caminho para a formação docente voltada à inovação, mas que alguns aspectos ligados à formação docente foram identificados em todas as propostas estudadas. Tais aspectos foram considerados **"**chave**"** para os professores e demais colaboradores da instituição, como coordenadores, diretores e demais participantes da proposta, para o sucesso da mesma.

2 Desenvolvimento

2.1 A Formação de Professores como principal eixo de projetos inovadores

A universidade na contemporaneidade precisa reconhecer a necessidade de alterar sua condição de instituição inabalável fundamentada na compreensão das alterações da relação com o conhecimento e a

sociedade, ocorridas no final do século XXI. A universidade encontra-se em transformação reconhecendo que a docência na lógica tradicional não possibilita as relações necessárias para um ensino centrado na aprendizagem do estudante universitário. Há questões de profissionalidade docente e de novos papéis requeridos para os professores na configuração e no desenvolvimento do currículo, já que para o exercício da docência é preciso muito mais que o conhecimento restrito de uma área disciplinar (Leite & Ramos, 2010).

A constituição da educação brasileira é marcada de maneira significativa pelas raízes portuguesas que, por sua vez, recebeu fortes traços da concepção napoleônica na estruturação da educação superior. As escolas profissionais, origem de grande parte das universidades brasileiras, repercutiram na configuração da docência e da prática pedagógica até em nossos dias, com uma configuração do processo de ensinar e aprender em que o aluno, em geral, é considerado como receptor de conhecimentos acumulados pela humanidade e transmitidos por seus professores. Dessa forma Cunha (2010) destaca em suas pesquisas que quando esses docentes são questionados sobre a origem de sua forma de trabalhar em classe no Ensino Superior informam que são representações de modelos já vividos ou inspirados em antigos professores que eles testam na prática reforçando suas percepções e crenças sobre o que fazem. E se não há a intenção "*de negar os saberes profissionais adquiridos na prática, é também incompreensível o exercício de uma atividade alicerçada exclusivamente neles, especialmente no âmbito acadêmico, que procura se distanciar do senso comum*" (Cunha, 2010, p.70).

É nesse âmbito da relevância de programas de formação docente, planejados e estruturados com foco na qualidade da aprendizagem no Ensino Superior e mais especificamente em processos inovadores, que Esteves (2010) afirma que:

> A formação pedagógica dos docentes universitários impõe-se, não como conjunto de iniciativas pontuais e avulsas a que alguns docentes (geralmente uma minoria) aderem a título individual, mas como um sistema, consagrado institucionalmente, de que todos os docentes participem como pensamos ser de seu direito e de seu dever , enquanto profissionais do ensino. A pedagogia universitária não pode continuar a ocupar um lugar marginal nas preocupações dos docentes em relação a outras preocupações que tem sido até hoje mais fortes e determinantes na construção dos percursos de carreiras individuais (Esteves, 2010, p.60).

Ao considerar a importância de produções sobre inovações curriculares na educação superior a UNICAMP realizou em 2010 o I Seminário "Inovações em Atividades Curriculares: experiências na Unicamp" para mapear as atividades inovadoras no trabalho formativo do estudante universitário que se processavam no campus e muitas vezes mantinham-se apenas no conhecimento da própria unidade. Dentre os 49 trabalhos analisados envolvendo 130 docentes das diferentes unidades de graduação e pós graduação fez-se o levantamento de alguns elementos constitutivos das experiências inovadoras encontrando-se entre eles a atuação do professor com seu papel deslocando-se de funções decisórias para as de observação, mediação e orientação do processo de aprendizagem; de executor de propostas, para o de pesquisador e analista das situações de sala de aula. Ainda destacou-se o fortalecimento de parcerias com outros profissionais externos à instituição, atuando como tutores ou supervisores, principalmente nos estágios.

Pensando em aspectos de mudança curricular no Ensino Superior, discutimos a centralidade do processo de formação de professores como viga mestra de uma construção curricular inovadora. Investigações já realizadas no âmbito prático e teórico em Instituições em processo inicial ou já consolidado de vivência de inovações curriculares têm evidenciado que o processo de seleção e formação pedagógica dos docentes universitários impõe-se, não como conjunto de iniciativas pontuais e avulsas a que alguns docentes aderem a título individual, mas como um sistema, consagrado institucionalmente, de que todos os docentes e gestores participem como pensamos ser de seu direito e de seu dever, enquanto profissionais do ensino e parceiros da inovação no que diz respeito aos processos de concepção e gestão da educação, do ensino e da avaliação na universidade. Constatamos que inovações curriculares no Ensino Superior não se sustentam sem o investimento da instituição como um todo em um projeto estruturado de formação docente. Nessa direção o docente não pode continuar a ocupar o papel de executor de propostas, mas de construtor, pesquisador e analista das situações de sala de aula. Ainda destacou-se em nossos estudos o suporte e fortalecimento de parcerias com outros profissionais da educação engajados em estudos, e implementação de processos de inovação universitária.

Sobre o referencial teórico, podemos também destacar duas situações que justificaram a busca do grupo por publicações e pesquisas que abordaram a temática currículo, inovação e formação de professores. A primeira, esteve ligada ao fato de que, nos primeiros anos de sua existência, sobretudo entre 2005 e 2008, o grupo necessitava identificar quais elementos entendia como relevantes para a implantação de uma proposta curricular inovadora. Além disso, o grupo, para desenvolver suas pesquisas nos diferentes projetos

inovadores, entendeu que necessitava de uma base teórica comum, pois mesmo respeitadas as devidas contextualizações pois tratava-se de cursos distintos, esta base teórica serviu para se identificar pontos semelhantes entre as diferentes propostas sobre inovação e currículo, além de atribuir maior rigor e método às análises realizadas.

Os principais autores que influenciaram o grupo ao longo dos cinco anos de existência foram: Behrens (2006), Canário (2006), Carbonell (2002), Cebrian (2006), Claxton (2005), Fullan & Hargreaves (2000), Garcia (1999), Hargreaves (2000, 2004), Hernandez (2000), Imbernón (1998, 2000, 2010), Masetto (2004,2005, 2006, 2008, 2010), Mizukami & Reali (2002), Perrenoud (2001, 2002), Pozo (2002), Tardif (2002,2003), Thurler (2001), Schulze, Pessate & Zukowsky-Tavares (2005).

Realizando uma investigação apoiada em uma meta análise das dissertações e teses defendidas na área de educação nos anos 1990 e 2000 que tratam do tema formação de professores a pesquisadora Marli André constatou que enquanto nos anos 1990 o foco dos estudos relacionados à formação de professores se concentrava na formação inicial (76% das pesquisas) avaliando principalmente os cursos de licenciatura e pedagogia. A redução atual do número de pesquisas que investiga a formação inicial está provavelmente em consonância com as políticas do Banco Mundial que ao examinar os recursos empregados nos últimos 25 anos consideraram que a formação inicial *"não é uma avenida promissora para investimentos"*. Nos anos 2000 a temática priorizada foi a da identidade e profissionalidade docente (41%). "*O foco agora* está no professor, busca-se conhecer suas opiniões, representações, saberes e práticas. Parece haver uma intenção de dar voz ao professor e de maior aproximação à sua prática" (André, 2009, p.44).

Nas pesquisas teóricas e análises desenvolvidas pelo FORPEC em diferentes instituições do Ensino Superior temos observado a necessidade de considerar alguns pressupostos constituintes para a consecução de um projeto inovador no Ensino Superior no que se refere aos papéis e vivências de docentes e alunos inseridos nesse processo como:

a) **Professor -**

Perfil :

- Profissional da educação
- Intelectual crítico, imbuído do princípio de construção conjunta do conhecimento
- Engajado com o currículo
- Planejador e mediador de situações de aprendizagem numa abordagem mais ativa, parceiro de alunos e de colegas

Formação:

- Necessidade de formação para um grupo de educadores engajados num projeto inovador:
- Ao início – sensibilização (para constituir o grupo, necessidades que exigiram o projeto, perspectivas do projeto, relações interpessoais, acordos, compromissos e primeiro planejamento de trabalho em conjunto.

E também formação continuada:

- Em encontros e reuniões frequentes
- Para acompanhar as atividades de desenvolvimento do projeto
- Para trocar idéias, experiências, sugestões, práticas pedagógicas, refletir sobre sua ação educativa, aprofundamento de questões teóricas, conhecer novas propostas
- Tomar a prática pedagógica como base epistemológica para reconstrução da identidade pessoal e profissional do educador
- Em colaboração mútua, os professores podem recriar os conhecimentos necessários para uma prática educativa inclusiva e solidária

b) **Aluno -**

Participante ativo e co-responsável pelo seu processo de aprendizagem, avaliação e auxílio à consecução e reformulação do projeto como um todo também

Participante e ativo nas aulas por meio de pesquisas, debates, estudos, produção intelectual individual e coletiva, práticas intencionais e consistentes desde o início do curso.

Um projeto inovador em si não é obra de uma única pessoa, mas do resultado de um grupo de participantes. O compromisso da Instituição e da gestão educacional que assume o projeto inovador e lhe oferece apoio, infra estrutura, e condições de trabalho adequadas ao projeto é essencial ao seu desenvolvimento.

O novo projeto concebe dessa forma um professor que assume uma postura profissional diferenciada e expandida, extrapolando a visão de um docente pelo prisma do ensino jurídico tradicional de tal forma a

perseguir novas metas de aprendizagem agora previstas e que começam a repercutir na vida dos estudantes como nos assegura o pesquisador Marcos Tarciso Masetto (2010):

> Quando os alunos percebem que as aulas lhes permitem estudar, discutir e encontrar pistas e/ ou encaminhamentos para problemas e questões que existem na sua vida real e na vida dos demais homens que constituem seu grupo social, quando eles encontram nos seus estudos a realidade e sentem que podem sair da sala de aula e voltar àquela mesma realidade com "mãos cheias" de dados novos, contribuições significativas para os problemas que são vividos "fora das paredes da sala de aula", este espaço começa a ser um espaço de vida e, por isso mesmo, assume um interesse peculiar para o grupo (Masetto, 2010, p.38).

3 Conclusão

Ao concluir a breve reflexão articulada nesse artigo pelo "FORPEC" podemos nos perguntar com relação a um projeto Inovador no Ensino Superior, algumas questões que em nossa percepção não podem ser silenciadas:

- Como os professores foram selecionados?
- Passaram por algum processo de formação? Esporádico ou contínuo?
- Quais as condições, os recursos e os instrumentos oferecidos como apoio a professores durante sua prática?
- Quais as condições, os recursos e os instrumentos oferecidos como apoio a professores durante sua prática?
- Quais atividades foram desenvolvidas e quais os resultados?
- Quais as maiores dificuldades encontradas? Como foram trabalhadas? Quais os resultados obtidos?
- Quem está no dia a dia acompanhando os professores?

Constatamos que inovações curriculares no Ensino Superior não se sustentam sem o investimento da instituição como um todo em um projeto estruturado de formação docente. Propomos como princípios norteadores da formação docente a análise fundamentada das próprias práticas e construção da autonomia profissional e curricular, de modo a se estabelecer uma integração entre a reflexão e ação na construção e operacionalização de um currículo inovador no Ensino Superior. Nessa direção o docente não pode continuar a ocupar o papel de executor de propostas, mas de construtor, pesquisador e analista das situações de sala de aula. Ainda destacou-se em nossos estudos o suporte e fortalecimento de parcerias com outros profissionais da educação engajados em estudos, e implementação de processos de inovação universitária.

Referências

André, M. E. D. A. (2009). A produção acadêmica sobre formação docente: um estudo comparativo das dissertações e teses dos anos 1990 e 2000. Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores. Autêntica, v. 1, n.1, p. 41-56, ago./dez. 2009.

Behrens Marilda A. (2006). O paradigma da complexidade o ensino por problematização na área de saúde. In: Marilda Aparecida Behrens, Maria Lourdes Gisi (Org.). Educação em enfermagem novos olhares sobre o processo de formação. 1ed. Curitiba: Champagnat, v.1, p.13-46. (2006),

Canário, Rui. (2006). A Escola tem futuro? Das promessas às incertezas- Porto Alegre, Art Med.

Carbonell, Jaume. (2002). A aventura de inovar – A mudança na escola – Porto alegre, ArtMed.

Cebrian, Marilda Aparecida.(2006). O paradigma da complexidade o ensino por problematização na área de saúde. In: Marilda Aparecida Behrens, Maria Lourdes Gisi (Org.). Educação em enfermagem novos olhares sobre o processo de formação. 1ed. Curitiba: Champagnat, v.1, p.13-46.

Claxton,Guy. (2005) . O desafio de aprender ao longo da vida, Porto Alegre, ArtMed.

Cunha, M. I. (2010). Impasses Contemporâneos para a Pedagogia Universitária no Brasil. In:LEITE, Carlinda (Org.) Sentidos da Pedagogia no Ensino Superior. Porto, Portugal, Edição CIIE/ Livpsic.

Esteves, M. (2010). Sentidos da Inovação Pedagógica no Ensino Superior. In: LEITE, Carlinda (Org.) Sentidos da Pedagogia no Ensino Superior. Porto, Portugal: Edição CIIE/ Livpsic.

Fullan & Hargreaves, A. (2000). A Escola como organização aprendente. 2ª Edição, ARTMED.

Garcia C. Marcelo(1999). Formação de Professores para uma Mudança Educativa. Portugal, Porto Editora. Grupo de Pesquisa Formação de Professores e Paradigmas Curriculares – FORPEC.
Hargreaves Andy; EARL, Lorna;RYAN, Jim.(2001). Educação para a mudança. Porto Alegre, Artmed.
_____ . (2004). O Ensino na sociedade do conhecimento – Educação na era da inseguraça – Porto Alegre, Artmed.
Hernandez Fernando.(2000). Aprendendo com as inovações nas escolas. Artmed Editora, Porto Alegre
Imbernón, Francisco. (1998). La Formación y el Desarrollo Profesional del Profesorado. Barcelona, Editorial Grão, 4ªEd.
_____ . (Org.). (2000) . A Educação no século XXI. Porto Alegre, ArtMed.
_____ . (2010). Formação Docente e Profissional – formar-se para a mudança e a incerteza. São Paulo: Cortez Editora.
Leite, C.; Ramos, K. (2010). Questões da Formação Pedagógica – Didática na sua relação com a Profissionalidade Docente Universitária: alguns pontos para debate. In: LEITE, Carlinda (Org.) Sentidos da Pedagogia no Ensino Superior. Porto, Portugal, Edição CIIE/ Livpsic.
Masetto, Marcos T. . (2004). Inovação na educação superior - Revista Interface, v.8,n.14 , Fundação UNI/ Unesp, Botucatu.
_____. (2004). PBL na Educação? – XII Endipe *in* Romanowsky *et alii* (orgs) – Conhecimento Local e Conhecimento Universal: diversidade, mídias e tecnologias na educação, livro 2, p. 181-191 – Curitiba: Champagnat.
_____ . (2005). Formação de Professores e Paradigmas Curriculares. 2005. Projeto de Pesquisa. Programa de Pós-Graduação em Educação: Currículo, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo.
_____ .(2006). Um paradigma interdisciplinar para a formação do cirurgião dentista- in Educação Odontológica – Carvalho, Antonio e Kriger, Leo – São Paulo, Artes Médicas.
_____ .(2008).Resgate do espaço dos cursos de especialização, conhecidos como pos graduação lato sensu, para a formação pedagógica de professores do ensino superior- XIV Endipe – in Traversini, Clarice ET alii (Orgs.) - Trajetórias e processos de ensinar e aprender: praticas e didáticas, Livro 2 , p.391- 406 – Porto Alegre, EDIPUCRS.
_____ .(2010). O Professor na Hora da Verdade – A Prática Docente no Ensino Superior. São Paulo, Editora Avercamp.
Mizukami, Maria da Graça & Reali, Aline M. M.R. (2002). Aprendizagem profissional da docência , Edufscar, São Paulo.
Perrenoud et alii (Orgs.). (2001). Formando professores profissionais. Quais estratégias, quais competências. Porto Alegre, ArtMed.
_____ . (2002). A prática reflexiva do ofício de professor : profissionalização e razão pedagógica , Porto Alegre, ArtMed
Pozo, Juan Ignácio.(2002). Aprendizes e Mestres, A Nova Cultura da Aprendizagem Artmed, P.Alegre.
ZUKOWSKY-TAVARES, Cristina ; Leonir Pessate Alves ; Thiago Rodrigues Schulze . Paradigma curricular para formação de docentes: princípio de provisoriedade. Revista e-Curriculum (PUCSP), v. 1, p. 3, 2006.
TARDIF, Maurice. (2002).. Saberes Docentes e Formação Profissional. Petrópolis.Vozes.
_____ . (2002). O Trabalho Docente. Petrópolis. Vozes.2003
THURLER, Mônica Gather. (2001). . Inovar no interior da escola, Porto Alegre,ArtMed.

Escola Avançada Marcelo Damy: aprendizagem por projetos para alunos e professores de Ensino Médio

Marisa Almeida Cavalcante[*], Cristiane Rodrigues C. Tavolaro[*]

[*]Departamento de Física da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo/Grupo de Pesquisa em Ensino de Física – GoPEF (http://www.pucsp.br/gopef/)

Email: marisac@pucsp.br , cris@pucsp.br

Abstract

This work presents an account of pedagogic practice experienced in the Junior Scientific Initiation program linked to School of Science and Technology Marcelo Damy PUC / SP. This School, established by the Department of Physics at PUC / SP, is aimed mainly at students and teachers from public school and aim to develop resources and educational methods using the laptops and / or PCs as a tool for learning in science laboratories. In this program, students and teachers attending the university area, participate in various activities such as workshops taught by professors and students of the university, lectures by researchers from different areas; present work at scientific meetings and, under the supervision of researchers from PUC / SP develop projects that meet the demands of the school community, with a view Living Labs. This work presents an account of this process and also a summary of the projects developed as well as educational resources already produced and are available on the web.

Keywords: Junior Scientific Initiation, teaching resources, learning projects.

Resumo

Neste trabalho apresentamos um relato de prática pedagógica vivenciada no programa de Iniciação Científica Junior vinculado a Escola de Ciência e Tecnologia Marcelo Damy da PUC/SP. Esta Escola, criada pelo departamento de Física da PUC/SP, é destinada a estudantes e professores preferencialmente da rede pública e têm como objetivo desenvolver recursos e métodos utilizando os laptops educacionais e/ou PCs como instrumento de aprendizado em laboratórios de Ciências. Neste programa, estudantes e professores frequentam o espaço universitário, participam de diversas atividades tais como oficinas ministradas por professores e estudantes da universidade; palestras com pesquisadores de diferentes áreas; apresentam trabalhos em eventos científicos e, sob a supervisão de pesquisadores da PUC/SP desenvolvem projetos que atendam à demanda da comunidade escolar, numa perspectiva Living Labs. Neste trabalho apresentamos um relato deste processo e também um resumo dos projetos desenvolvidos bem como os recursos didáticos já produzidos e que se encontram disponíveis na web.

Palavras-chave: Iniciação Cientifica Junior, laptops educacionais, recursos didáticos,aprendizagem por projetos.

1 Objetivos

A Escola de Ciência e Tecnologia Marcelo Damy da PUC/SP, destinada a estudantes da rede pública de ensino, foi criada com a perspectiva de garantir aos estudantes de Ensino Médio uma formação científica mais ampla, que lhes possibilitem realizar atividades experimentais valendo-se de recursos tecnológicos atuais, que sejam críticos e criativos e que saibam pensar, refletir, trabalhar em grupo e tomar decisões [Bachelar,1996].

O professor da rede pública exerce papel fundamental neste programa tendo em vista que lhe cabe a tarefa de orientação, definindo ao lado de seus orientandos o conteúdo e os recursos didáticos que serão desenvolvidos com o uso com laptops e/ou PCs e implantados em suas escolas de origem. Tal conduta, assegura a este programa um compromisso social de relevância junto à comunidade escolar. Assim, o programa de Iniciação Científica Junior da PUC/SP está fundamentado numa metodologia voltada para co-desenvolvimento de pesquisa e inovação baseado na participação da comunidade escolar.

2 Justificativa

Alguns aspectos importantes justificam a natureza deste programa, como segue:

- O século XX foi marcado por uma grande revolução tecnológica e apesar de um maior acesso da população leiga a instrumentos eletrônicos sofisticados, o simples manuseio desta tecnologia, não os capacita a compreendê-los.
- As grandes transições econômicas, políticas e sociais marcantes ocorridas no século XX vem exigindo cada vez mais profissionais com capacidade de realizar diagnósticos, de solucionar

problemas, de tomar decisões, enfrentar situações de mudanças. É preciso agilidade, habilidades teóricas e práticas.

- Pesquisas realizadas pelo Programa Internacional de avaliação de estudantes (Pisa), conduzidas pela UNESCO, aponta uma questão muito preocupante: dos 43 países estudados, o Brasil assume o 42º lugar no ranking das suas aptidões e conhecimento científico para tarefas relevantes em sua vida futura.
- Uma rejeição de boa parte dos jovens, sobretudo as do sexo feminino, para com as carreiras da área de exatas. Convém salientar que este é um fenômeno mundial constatado em países da Europa e nos EUA.

Este programa foi criado, portanto, na tentativa de possibilitar não apenas um maior domínio de recursos tecnológicos existentes, mas permitir a elaboração de experimentos em Ciências que busquem "como funcionam as coisas". Exemplos tais como o funcionamento de controles remoto, forno de micro-ondas, carregadores de bateria sem fio, transmissão wireless, são apenas alguns dos diferentes tópicos que foram tratados nos projetos desenvolvidos neste programa. De outro lado um programa como este permite que muitos estudantes descubram suas habilidades para a área de exatas, contribuindo para um aumento do interesse para esta área de conhecimento.

Outro aspecto muito importante é que os projetos piloto com o uso dos ClassmatePCs em desenvolvimento no Brasil estão sendo aplicados em sua grande maioria no Ensino Fundamental, no entanto, há muito que se fazer na pesquisa e desenvolvimento de instrumentos pedagógicos direcionados ao ensino e aprendizagem de Ciências e particularmente para alunos de Ensino Médio e mais ainda quando se trata em aplicações na área de Ensino de Física. Entendemos que este é um ponto muito relevante e que sem dúvida seus resultados poderão representar uma nova contribuição nesta área de conhecimento.

3 Fundamentos Teóricos

Como já esperado para programas desta natureza, adotamos uma metodologia de aprendizagem por projetos, ou seja, passamos de um modelo instrucionista de ensino para uma pedagogia centrada na aprendizagem do aluno.

> *"A prática pedagógica por meio do desenvolvimento de projetos é uma forma de conceber educação que envolve o aluno, o professor, os recursos disponíveis, inclusive as novas tecnologias, e todas as interações que se estabelecem nesse ambiente, denominado ambiente de aprendizagem. Este ambiente é criado para promover a interação entre todos os seus elementos, propiciar o desenvolvimento da autonomia do aluno e a construção de conhecimentos de distintas áreas do saber, por meio da busca de informações significativas para a compreensão, representação e resolução de uma situação-problema. Fundamenta-se nas idéias piagetianas sobre desenvolvimento e aprendizagem, inter-relacionadas com outros pensadores dentre os quais destacamos Dewey, Freire e Vygotsky." [Almeida, (1999)]*

De outro lado observa-se uma crescente busca das escolas, por novas metodologias, que além de romper com as fronteiras da fragmentação do saber, transcendam o "conteudismo", sejam mais inovadoras e que retirem a condição de passividade do estudante e a supremacia intocável do professor, como "detentor do conhecimento".

> "*As metodologias tradicionais têm sido pouco eficientes para ajudar o aluno a aprender a pensar, refletir e criar com autonomia soluções para os problemas que enfrenta. Os alunos acumulam saberes, mas não conseguem aplicar seus conhecimentos em situações reais do dia-a-dia. Encontra-se, no trabalho com projetos, uma proposta de educação voltada para a formação de competências, que pretende que a aprendizagem não se torne passiva, verbal e teórica, mas que tenha a participação ativa dos alunos. [Oliveira, 2006]*

Com os projetos de aprendizagem (PAs), ao contrário do que acontece nas aulas tradicionais, são os alunos e professores que escolhem os temas a serem estudados, com base em suas necessidades e motivações, e os assuntos são trabalhados de maneira interdisciplinar. A ideia é permitir que os estudantes tornem-se autores de seu conhecimento, passando de receptores a agentes no processo de aprendizagem. Os professores, por sua vez, substituem o papel de transmissores de informações pelo de orientadores e parceiros dos aprendizes. Ou seja, o projeto proposto adota uma orientação construcionista, em que o aluno é o agente no processo de aprendizagem, em que;

> "*....A construção do conhecimento está baseada na realização de uma ação concreta que resulta em um produto palpável, desenvolvido com o uso do computador, que seja de*

> *interesse de quem o produz. A esse termo frequentemente se associa o adjetivo contextualizado, na perspectiva de destacar que tal produto - seja um texto, uma imagem, um mapa conceitual, uma apresentação em slides - deve ter vínculo com a realidade da pessoa ou com o local onde será produzido e utilizado".[Papert, 2008]*

A aprendizagem por Projetos (AAP) traz consigo uma nova cultura de aprendizado e não se efetivará nas escolas de maneira impositiva através de leis e diretrizes. É preciso vencer desafios e romper paradigmas.

> *"Quando falamos em "aprendizagem por projetos" estamos necessariamente nos referindo à formulação de questões pelo autor do projeto, pelo sujeito que vai construir conhecimento. Partimos do princípio de que o aluno nunca é uma tábula rasa, isto é, partimos do princípio de que ele já pensava antes. E é a partir de seu conhecimento prévio, que o aprendiz vai se movimentar, interagir com o desconhecido, ou com novas situações, para se apropriar do conhecimento específico – seja nas ciências, nas artes, na cultura tradicional ou na cultura em transformação. Um projeto para aprender vai ser gerado pelos conflitos, pelas perturbações nesse sistema de significações, que constituem o conhecimento particular do aprendiz". [Fagundes, 1999]*

Foi, portanto, considerando a necessidade de apropriação desta nova cultura pelo professor e pelos estudantes das escolas de nível médio e fundamental, que criamos a Escola de Ciência e Tecnologia Marcelo Damy que consiste em um espaço de interação aluno-professor e pesquisador e que;

> *... "envolve um processo de construção, participação, cooperação e articulação, que propicia a superação de dicotomias estabelecidas pelo paradigma dominante da ciência e as inter-relaciona em uma totalidade provisória perpassada pelas noções de valor humano, solidariedade, respeito mútuo, tolerância e formação da cidadania, que caracteriza o paradigma educacional emergente (Moraes, 1997).*

Os projetos desenvolvidos na Escola Damy, não só contribuem na formação dos estudantes e professores, mas permitem também prepará-los para a implantação gradativa desta metodologia na escola.

A escola precisa buscar métodos educacionais que atenda a esta nova forma de aprendizado e uma das práticas que tem se mostrado muito promissora é a metodologia de aprendizagem por projetos (APP). O desenvolvimento de projetos gera um processo de aprendizagem participativo e colaborativo. Através do enfrentamento de problemas aproximamos o estudante de situações reais e diversificadas e que lhe atribui à responsabilidade de gerir o seu próprio conhecimento, assegurando-lhe autonomia e ao mesmo tempo um maior comprometimento social.

No entanto, para que esta nova forma de aprendizagem possa ser absorvida pelo sistema educacional é necessário enfrentar vários desafios. O primeiro deles é compreender que um currículo não se resume exclusivamente a uma grade curricular, representa na verdade algo muito mais significativo na formação dos nossos jovens (Almeida & Junior,1999).

As disciplinas e os seus conteúdos deveriam, portanto atender as necessidades deste currículo mais amplo, procurando dar sentido e articulação às múltiplas experiências que os alunos têm na escola e trazem consigo.

No entanto, na prática vivemos aprisionados à uma estrutura rígida estabelecida por disciplinas desconectadas entre si e do mundo dos jovens e que funcionam na grande maioria como verdadeiros sorvedouros da nossa criatividade e estimulo.

A pedagogia por projetos procura reverter este processo já que ela possibilita criar um ambiente de interações entre professores, alunos e recursos tecnológicos para a solução de um problema de interesse comum.

Nesta perspectiva o papel do professor não é apenas de um mero transmissor de informações, mas de provocador de situações de aprendizagem que possibilitem a troca e o enfrentamento de novos desafios. Esta nova postura traz ao professor, num primeiro momento, insegurança e inquietudes. Não é fácil mudar, sair de uma condição de suposto equilíbrio, e abrir espaço para novas práticas, com incertezas e muitas questões sem respostas.

> *Mudar e difícil, mas possível (*Freire, 1996)

A mudança, apesar de possível, não é um caminho fácil e simples. Não basta trazer as teorias e textos aos professores é preciso levá-los para este novo ambiente, desafiador e intrigante característico da Aprendizagem por Projetos (APP).

4 Metodologia

Os estudantes e professores da Escola Damy convivem no espaço universitário, participando de oficinas, palestras eventos científicos, tais como simpósios e encontros, e ao longo do ano desenvolvem projetos que devem ser implantados em suas escolas de origem. Estes projetos consistem em atividades experimentais que utilizam o computador como instrumento de medida. Utilizamos tanto a entrada de microfone para aquisição de dados (Cavalcante, 2002, 2008 e 2009; Magno,2002; Aguiar, 2001; Haag, 2001) quanto o micro-controlador Arduino. O Arduino é uma plataforma de software e hardware open-source muito difundida na web e de baixo custo, mas ainda com pequenas contribuições no ensino e aprendizagem de Ciências (Bezerra, 2009 ; Vilar 2007; Souza,2011 e Cavalcante, 2011). Para os dois sistemas a coleta se processa com sensores de baixo custo e através de softwares disponíveis livremente na web.

Portanto os recursos didáticos que visam utilizar os laptops educacionais e/ou PCs em laboratórios de Física são desenvolvidos com material de fácil acesso, e sistemas de código aberto ou versões freewares de softwares e, podem ser reproduzidos e implantados em qualquer escola. Todos os projetos de Iniciação seguem as seguintes etapas para o seu desenvolvimento:

1. Oficina de capacitação para o uso de novas tecnologias e sistemas de automação. Nestas oficinas os estudantes e professores aprendem como gerenciar um projeto utilizando os recursos disponíveis na web além de ter noções de programação C++ para uso do micro-controlador Arduino. Com esses subsídios os estudantes e professores idealizam os seus projetos.
2. Após a concepção do projeto, os estudantes estudam todo o processo físico associado ao experimento proposto.
3. Cada equipe cria um blog para o acompanhamento do projeto e divulgação do material produzido.
4. Ao professor, além da orientação dos seus estudantes caberá a tarefa de montar um plano de aula relativo ao experimento proposto.
5. Aos estudantes cabe a tarefa de elaborar todo o material de apoio para que outros professores possam reproduzir o experimento em suas aulas. Este material compreende vídeos, links com sites correlacionados ao tema, simulações, arquivos de dados e um relatório com dados, cálculos, teoria e conclusão.Tudo devidamente disponibilizado nos blogs de cada equipe.

4.1 Equipes e temas desenvolvidos

Em 2009 e 2010 demos ênfase à placa de som e os projetos foram desenvolvidos com auxilio e parceria da Intel. A tabela 1 mostra as equipes e os temas estudados bem como o endereço do blog criado para divulgação e acompanhamento do material produzido de cada projeto.

Tabela 1: Descrição do tema e endereço do blog criado pela equipe (turma de 2010).

Equipe 1	Circuitos Elétricos no Ensino Fundamental Blog do Projeto: http://hcnuniverse.blogspot.com/ Plano de aula: http://picjrintelpucsp.blogspot.com/2010/12/circuitos-eletricos-no-ensino.html
Equipe 2	Lançamento Horizontal no Ensino Fundamental Blog do Projeto: http://picintel-profjulio-fundamental2010.blogspot.com/ plano de aula http://picjrintelpucsp.blogspot.com/2010/12/lancamento-horizontal-no-ensino.html
Equipe 3	Cinética Química Plano de aula: http://picjrintelpucsp.blogspot.com/2010/12/cinetica-quimica-roteiro-de-atividades.html
Equipe 4	Magnetismo no Ensino Fundamental Blog do Projeto: http://picintelproforivaldo.blogspot.com Plano de aula: http://picjrintelpucsp.blogspot.com/2010/12/magnetismo-no-ensino-fundamental.html
Equipe 5	Transmissão de sinais sem fio para o Ensino Fundamental Blog do Projeto:http://picintelproforivaldo.blogspot.com plano de aula: http://picjrintelpucsp.blogspot.com/2010/12/transmissao-de-sinais-em-fio-no-ensino.html
Equipe 6	Gravidade no Ensino Fundamental Blog do Projeto: http://quedaegravidade.blogspot.com/ Plano de aula: http://picjrintelpucsp.blogspot.com/2010/12/gravidade-no-ensino-fundamental-roteiro.html

Equipe 7	Uso do Tracker no Ensino Fundamental Blog do projeto: http://quedaegravidade.blogspot.com/ Plano de aula: http://picjrintelpucsp.blogspot.com/2010/12/uso-do-tracker-no-ensino-fundamental.html
Equipe 8	Energia Potencial no Ensino Fundamental Blog do Projeto: http://picjr-agua-e-vida.blogspot.com/ Plano de aula: http://picjrintelpucsp.blogspot.com/2010/12/energia-potencial-no-ensino-fundamental.html
Equipe 9	Que haja Luz Blog da equipe: http://virafacilconteudo.blogspot.com/ Plano de aula: http://picjrintelpucsp.blogspot.com/2010/12/roteiro-de-atividades-que-haja-luz.html
Equipe 10	Que movimento é este? Blog do Projeto:http://virafacilconteudo.blogspot.com/ Plano de aula: http://picjrintelpucsp.blogspot.com/2010/12/roteiro-de-atividades-que-movimento-e.html

Em 2011 alguns estudantes vinculados a Escola Damy foram contemplados com bolsa de Iniciação Científica PIBIC-EM do CNPq. A relação dos bolsistas e projetos encontra-se na tabela 2. Importante salientar que todos os projetos utilizaram o micro-controlador Arduino no tema proposto. A tabela 2 mostra os temas desenvolvidos.

Tabela 2: Relação dos projetos desenvolvidos em 2011 com auxilio bolsa de Iniciação Científica de EM do CNPq.

Bolsista	Nome da Escola	Prof. orientador de Ensino Médio	Título do projeto do estudante	Orientador da PUC/SP
1	Escola Estadual Padre Anchieta	Professor 1	Análise de elementos através de espectros	Cristiane Tavolaro
2	Escola Estadual Padre Anchieta	Professor 1	Uso do Tracker para análise de espectros	Cristiane Tavolaro
3	Escola Estadual Padre Anchieta	Professor 1	Espectroscopia no EnsinoMédio	Cristiane Tavolaro
4	Escola Estadual Padre Anchieta	Professor 1	Compreendendo o átomo através de espectros	Cristiane Tavolaro
5	Escola Estadual Jorge Duprat Figueiredo	Professor 2	Montagens didáticas para o Ensino de Física Moderna no Ensino Médio	Cristiane Tavolaro
6	E.E. Padre Simon Switzar	Professor 3	Estudando a Indução Magnética e a geração de Energia	Cristiane Tavolaro
7	E.E. Padre SImonSwitzar	Professor 3	EnergiaEólica	Cristiane Tavolaro
8	E.E Padre Simon Switzar	Professor 3	Fonte de EnergiaAlternativa	Marisa Cavalcante
9	E.E. Padre Simon Switzar	Professor 3	Montagens didáticas para o Ensino de eletromagnetismo no Ensino Médio	Marisa Cavalcante
10	E.E. Padre Simon Switzar	Professor 3	Computação Física através do Arduino	Marisa Cavalcante
11	E.E.JoãoNascifChalupp	Professor 4	Propriedades e características de ondas Mecânicas e sua interação com diferentes meios	Marisa Cavalcante
12	E.E.JoãoNascifChalupp	Professor 5	Estudo de ressonância e Ondas Estacionárias	Marisa Cavalcante
13	Colégio Dom Pedro I	Professor 6	Automação através do Arduino	Marisa Cavalcante
14	Colégio Dom Pedro I	Professor 6	Estudo de ultrassom e aplicações	Marisa Cavalcante
15	Colégio Dom Pedro I	Professor 6	Projeto e desenvolvimento de experimentos para a determinação da velocidade do som	Marisa Cavalcante

4.2 Estratégia de trabalho

Vamos exemplificar aqui o trabalho desenvolvido pela equipe 5, Transmissão de sinais sem fio para o Ensino Fundamental. A equipe formada por três estudantes do 3º ano do Ensino Médio, juntamente com seu professor de física, estavam intrigados com o princípio de funcionamento do controle remoto. O assunto escolhido pelo professor é pertinente à série: momento em que se estuda eletromagnetismo. Mas é importante ressaltar que o professor também não conhecia o assunto com profundidade. Após as pesquisas iniciais sobre o assunto na internet, o grupo percebeu a inexistência de material didático sobre esse assunto,

isto é, textos, experimentos ou vídeos explicativos numa linguagem acessível ao estudante do ensino básico. Estava aí parte do desafio: desenvolver estes recursos didáticos!

Mas o maior desafio consistia em criar um experimento de baixo custo que permitisse esclarecer o funcionamento do controle remoto utilizando o Classmate PC da Intel Corporation: condição estabelecida pela parceria com a Intel. Ou seja, o desafio do grupo consistia em desenvolver um Objeto de Aprendizagem: Hipertexto com links para os vídeos explicativos dos experimentos, roteiro do experimento com resultados analisados e plano de aula com sequência didática.

O grupo estabeleceu um cronograma de atividades com objetivos bem definidos e passou a publicar no blog os resultados obtidos nas reuniões semanais de duas horas e meia de duração, realizadas no Laboratório de Física da PUC/SP sob a nossa supervisão. Todos os procedimentos para a elaboração, montagem e execução do experimento foram gravados em vídeo e publicados no blog. Os vídeos foram utilizados posteriormente para nortear a elaboração do roteiro do experimento.

A fase de montagem e execução do experimento exigiu grande dedicação por parte dos estudantes e também do professor pois desconheciam os componentes básicos dos controles remotos: emissores infravermelhos e seus respectivos sensores. Mais ainda: desconheciam técnicas de soldagem de circuitos eletrônicos! Foram horas e horas de soldagem, dedos chamuscados, testes fracassados, redimensionamento dos circuitos, novos testes e etc. E a comunicação do circuito montado com o computador? Mais semanas para aprender como fazer a leitura do sinal obtido no sensor de infravermelho com o software de análise escolhido e mais que isso, interpretar o resultado, isto é, entender o que este sinal representa e qual sua função ao chegar no dispositivo receptor, tal como uma TV, cujo canal de sintonia é alterado com um toque no botão do controle remoto!

Todos os procedimentos de análise dos resultados foram gravados e disponibilizados no blog, de modo que qualquer outro estudante pode acessar e analisar.

Seguida à fase de execução do experimento, estava a fase de construção do hipertexto. Desafio menor? Ao contrário! As dificuldades para redigir um texto ficaram evidentes e a grande preocupação era com a linguagem acessível ao ensino fundamental. Resolvemos parte desta dificuldade ao proporcionar aos estudantes a possibilidade de expor o trabalho em forma de seminários para os outros grupos e também em eventos tais como a Semana Acadêmica da Universidade e o evento PUC Portas Abertas. Nestes eventos os estudantes tiveram a oportunidade de ampliar seu vocabulário científico e as estratégias de exposição.

O plano de aula elaborado pela equipe (ver link na tabela 1 - equipe 5) sofreu várias reformulações até atingir o objetivo final: está bem contextualizado, mostra o "passo a passo" da montagem e execução do experimento de modo que possa ser reproduzido nas escolas da rede pública e possui roteiro de análise dos resultados.

5 Ganhos Pedagógicos

Observamos no decorrer de cada projeto os seguintes ganhos pedagógicos:

- Valorização do trabalho colaborativo e em equipe.
- Melhora significativa no desenvolvimento de habilidades de comunicação e expressão, tendo em vista que se efetua a publicação do material da web em forma escrita e vídeo.
- Maior desempenho das habilidades manuais e criatividade, já que os estudantes tiveram que buscar soluções que atendessem as exigências de cada projeto.
- Socialização do conhecimento, tendo em vista que a construção de conhecimento se dá a partir de uma ação concreta que resulta em um produto real e efetivo com o uso de computadores para atender a uma demanda da comunidade.
- Contribuição na formação continuada dos professores que convivem com os estudantes e pesquisadores da Universidade estabelecendo um elo efetivo e continuo entre o saber científico e o pedagógico propiciando-lhes um maior domínio da metodologia de aprendizagem por projetos (APP).

6 Considerações Finais e Conclusão

Apesar do uso crescente das tecnologias de informação no dia a dia das pessoas, ainda a sua inserção definitiva nas escolas de Ensino Médio da rede pública ainda é muito discreta, parte pelo despreparo dos professores no domínio desta tecnologia e parte pela resistência imposta pelo próprio sistema educacional

que apresenta uma característica linear, compartimentada e pouco criativa que se contrapõe a este "novo estilo de aprendizado" que hoje vivenciamos baseado na interação, participação e colaboração.

Foi com esta preocupação que nasceu a Escola Damy. Uma das nossas metas foi promover a criação de um ambiente em que o professor pudesse participar e vivenciar a APP, com grupos menores e sob a supervisão de pesquisadores da Universidade.

Acreditamos que o programa aqui descrito, além de contribuir para a integração de mídias e tecnologias ao currículo da Escola Pública, também agrega um valor social importante, tendo em vista que possibilita aos alunos de uma classe social menos privilegiada a oportunidade de desenvolver habilidades e competências fundamentais para o seu desenvolvimento profissional garantindo-lhes uma antecipação de sua formação acadêmica. Neste programa estabelecemos um vinculo importante entre a Universidade e a Escola Pública em que é possível contribuir com a formação continuada dos professores e simultaneamente com a formação científica dos estudantes que juntos aprendem a dominar uma nova tecnologia e potencializá-la para o desenvolvimento de recursos didáticos direcionados à realidade e as necessidades da comunidade escolar.

Para finalizar gostaríamos de citar uma frase de Paulo Freire;

> *"A alegria não chega apenas no encontro do achado, mas faz parte do processo da busca. E ensinar e aprender não pode dar-se fora da procura, fora da boniteza e da alegria."*

Esta frase sintetiza o que ocorre na Escola Damy, onde o aprendizado se transforma em uma brincadeira de criança, com direito a curiosidade e indagações e que nos faz sentir a boniteza e a alegria de se construir juntos o conhecimento.

Referências

Almeida, M.B.B; (1999) "Projeto: uma nova cultura de aprendizagem" Biblioteca do CECIERJ disponível emhttp://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/educacao/0030.html Acesso em 10/02/2012.

Almeida, F.J. & Júnior, F. M. J (1999). "Aprendendo por Projetos" Coleção Informática para a mudança na Educação do Ministerio da Educação, Secretaria de Ensino a Distancia - Brasilia -DF disponível emhttp://www.escola2000.net/futura/textos-proinfo/livro04-Fernando%20Almeida%20e%20Fernando%20Fonseca.pdf (acesso em 02/2012).

Aguiar C.E & Laudares, F (2001). 'Aquisição de Dados usando Logo e a Porta de Jogos do PC'. Revista Brasileira de Ensino de Física, **23**, 4, 371-379

Bachelar, G. (1996) A formação do espírito científico. Rio de Janeiro, Editora Contraponto.

Bezerra JR. A. G.; Merkle, L. E; De Souza, E. S.;. Spolaore, L. S; Ricetti, R.; Giménez –Lugo, G. A. E Saavedra N. C. Filho (2009)"TecnologiaslivreseEnsinodeFísica: umaexperiênciana UTFP"; XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física - Vitória - ES -(2009)

Braga, M. M, Peixoto, M.C. L., Bogutchi, T.F. (2000) "A Demanda por vagas no ensino superior: analise dos vestibulares da UFMG da década de 90" 23ª reunião Anual da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação ; Caxambu; disponível emhttp://www.anped.org.br/reunioes/23/textos/1110T.PDF (acesso em 26/09/2012)

Camargo, F. B. & Lacerda, R. P. (2007) "A Intervenção do Professor nos Projetos de Aprendizagem: O quê, para quê e como perguntar?" Secretaria Municipal de Educação de Salvador, Bahia, disponível emhttp://www.smec.salvador.ba.gov.br/site/documentos/espaco-virtual/espaco-praxis-pedagogicas/GEST%C3%83O/a%20intervencao%20do%20professor....pdf (acesso em 02/2012)

Cavalcante,M. A.; Silva,E.; Prado,R. E.,; Haag,R .(2002)."O Estudo de Colisões através do Som".Revista Brasileira de Ensino de Física **24**, 2, 150-157.

Cavalcante, M. A; Bonizzia, A. E Gomes, L. C. P.(2008) "Aquisição de dados em laboratórios de física; um método simples, fácil e de baixo custo: experimentos em mecânica"; Revista Brasileira de Ensino de Física, 30, 2, 2501.

Cavalcante, M. A; Bonizzia, A. E Gomes, L. C. P. (2009); "O ensino e aprendizagem de física no Século XXI: sistemas de aquisição de dados nas escolas brasileiras, uma possibilidade real" Revista Brasileira de Ensino de Física, 31, 4, 4501.

Cavalcante,M. A.; Tavolaro,C. R. C. E Molisani,E. (2011) "Física com Arduino para Iniciantes", Revista Brasileira de Ensino de Física 33, 4, 4503.

Fagundes, L. C. et al.(1999) Aprendizes do futuro: as inovações começaram. Cadernos Informática para a Mudança em Educação. MEC/ SEED/ ProInfo- Brasilia- DF

Freire, P., (1996). Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa.São Paulo: Paz e Terra

Haag. R., (2001). "Utilizando a Placa de Som do Micro PC no Laboratório Didático de Física." Revista Brasileira de Ensino de Física, **23**, 2, 176-183

Magno C. W. E Montarroyos, E. (2002) **"**Decodificando o Controle Remoto com a Placa de Som do PC**".** Revista Brasileira de Ensino de Física, **24**, 4, 497- 499

Moraes, M. C. (1997) O Paradigma Educacional Emergente. Campinas, Papirus.

Oliveira, C. L. (2006)- Significado e contribuições da afetividade, no contexto da Metodologia de Projetos, na Educação Básica, dissertação de mestrado - CEFET-MG, Belo Horizonte-MG.

Papert,S. (2008). A Máquina das Crianças, repensando a escola na era da informática. Artmed editora S.A; Porto Alegre. RS. Brasil.

Souza, A. R.; Paixão, A. C.; Uzêda, Diego D.; Dias, Marco A.; Duarte, S.; Amorim H. S. (2011)**;** A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC Revista Brasileira de Ensino de Física*,* **33**, 1, 1702.

Uso de mapas conceituais para a gestão de projetos e difusão científica

Dora Werneck de Almeida Menezes[*], Ely Antonio Tadeu Dirani[+]

[*] Curso de Engenharia de Produção, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, R. Marquês de Paranaguá, 111, 01303-050 São Paulo-SP, Brasil
[+] Departamento de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, R. Marquês de Paranaguá, 111, 01303-050 São Paulo-SP, Brasil

Email: dorawerneck@hotmail.com, dirani@pucsp.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia de gestão do conhecimento, através da utilização de mapas conceituais, desenvolvida num projeto de iniciação científica do curso de Engenharia de Produção da PUC-SP. O foco são os trabalhos desenvolvidos pela rede de pesquisa INEO, Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica, que envolve grupos de pesquisadores de diferentes universidades de nove estados brasileiros. O INEO é responsável pelo desenvolvimento de trabalhos sobre dispositivos eletrônicos e opto-eletrônicos de materiais sintéticos, biossistemas e biossensores, e também pela difusão científica. Considerando a complexidade dos temas envolvidos, torna-se necessária uma ferramenta que permita a visualização completa do projeto para possibilitar a sua gestão, com o reconhecimento claro dos objetivos a serem alcançados. O uso dos mapas conceituais facilita a organização, bem como a divulgação e/ou difusão dos resultados científicos obtidos. A divulgação científica, neste projeto, pretende ser utilizada como uma ferramenta de motivação para o ensino de ciências e matemática em escolas do ensino fundamental e médio. Apresentar os conceitos básicos de ciências e matemática e relacioná-los aos avanços das pesquisas científicas e desenvolvimento tecnológico é uma estratégia para estes estudantes se interessarem por carreiras das áreas de Engenharia e Ciências Exatas. Este é um objetivo secundário do projeto, já que o Brasil que está demandando uma quantidade de recursos humanos superior à capacidade da sua formação pelas universidades. Serão apresentados mapas conceituais sobre determinados tópicos do projeto INEO, exemplificando a estratégia que se pretende adotar. Os mapas conceituais são uma estratégia facilitadora da aprendizagem, através da maior integração, reconciliação e diferenciação de conceitos, que se mostra capaz de apontar significados relacionados sobre um determinado assunto. Keywords: mapas conceituais, gestão do conhecimento, difusão científica.

1 Introdução

Este artigo tem como objetivo, apresentar uma metodologia de gestão do conhecimento, utilizando os recursos dos mapas conceituais, desenvolvida em um projeto de iniciação científica do curso de Engenharia de Produção da PUC-SP.

Para conduzir este projeto, foram tomados como base os trabalhos da rede de pesquisa do INEO, Instituto Nacional de Eletrônica Orgânica, o qual possui grupos de pesquisadores de nove estados brasileiros, e que desenvolvem dispositivos eletrônicos e opto-eletrônicos de materiais sintéticos, biossistemas e biossensores, além de serem responsáveis por pesquisas relacionadas a difusão científica.

Sendo a difusão científica um tópico denso, e sabendo da dificuldade de gerir os assuntos envolvidos, surgiu a necessidade do uso de uma ferramenta que auxiliasse a visualização e gestão do projeto do INEO, possibilitando uma rápida e clara absorção do que está sendo eleito como objetivo. Assim, foi escolhido o software CMap Tools para, através do desenvolvimento de tais mapas conceituais, fazer a gestão e difusão do conhecimento.

2 Motivação

O emprego dos mapas conceituais facilita a armazenagem e divulgação dos resultados científicos, já que atualmente, com este vasto fluxo de informações, há muitas dificuldades para consolidar os dados que são produzidos e trabalhados. Um resultado secundário, mas não menos importante, é o de buscar, através do envolvimento de escolas do ensino fundamental e médio, que utilizam os conteúdos das pesquisas do INEO como contexto para atividades de ciências e matemática, ampliar a motivação dos estudantes a procurarem, futuramente, carreiras das áreas de ciências exatas e tecnologia. Esta preocupação vem aumentando devido à crise de escassez de mão de obra especializada, notadamente nas áreas de engenharia, que age como um freio limitando o crescimento e investimento do país.

Este apagão de mão de obra qualificada tem como um dos principais fatores a metodologia abordada no ensino fundamental e médio de colégios públicos e particulares. Alguns estudos confirmam essa defasagem, como no caso do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (PISA), onde os estudantes brasileiros apresentaram a 53ª colocação entre os 65 países pesquisados pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Este ranking é baseado principalmente na compreensão de leitura em matemática e ciências, critérios fundamentais para enfrentar os desafios do futuro.

Além disso, de acordo com Ausubel (1978), correlacionar diferentes assuntos do cotidiano com problemas práticos em sala de aula pode contribuir para que os alunos estudem de forma mais dinâmica, estabelecendo relações entre os mais diversos conceitos, estimulando a aprendizagem significativa, contextualizando e interagindo com as matérias estudadas, ao contrário do atual quadro do sistema educacional. No quadro atual, assuntos relacionados à matemática e ciências não são abordados devidamente e não incentivam os estudantes a se interessarem por estes temas, segundo Kênio Erithon Cavalcante Lima (2006).

Assim, caso os jovens, desde cedo, tivessem um melhor preparo em ciências e matemática, possivelmente se interessariam mais pelas carreiras das áreas tecnológicas e de ciências exatas. É preciso estimular conhecimento para que isso seja revertido em produtos e logicamente, receita para o país. Osvaldo Sordi (2010)

Neste caso, a divulgação científica abordada neste artigo, se apresenta como uma ferramenta de motivação para o ensino de ciências e matemática em escolas do ensino fundamental e médio, pois através dos mapas conceituais, seria possível a apresentação dos conceitos básicos de ciências e matemática.

3 Apresentação da Metodologia

Através das pesquisas realizadas para este trabalho, verificou-se que um dos softwares mais conhecidos para a criação e a difusão de mapas conceituais é o CmapTools. Este programa permite que grupos ou até mesmo que uma única pessoa crie seus mapas conceituais particulares, com o intuito de se desenvolver ou partilhar o seu conhecimento, para ordenar, avaliar, revisar um conhecimento adquirido.

O *Concept Map Software (Cmap®)* foi criado pelo Institute for Human and Machine Cognition (IHMC), da Universidade de *West Florida*, e ele possibilita criar, formatar e editar mapas conceituais. Esta é uma das ferramentas de incentivo dos projetos de aprendizagem significativa, quando usadas em suas potencialidades.

Neste contexto, existem os mais diversos tipos de mapas conceituais, como os citados a seguir:

1. Modelo Teia de Aranha: Como uma teia, baseia-se em um conceito gerador que irradia os demais conceitos ao redor dele.
2. Modelo Fluxograma – Utilizado para apresentar um passo-a-passo, apresentando as informações de maneira linear.
3. Modelo Hierárquico – os conceitos são apresentados através de uma ordem descendente de importância.

Serão apresentados, na sequência, alguns exemplos dos mapas conceituais citados:

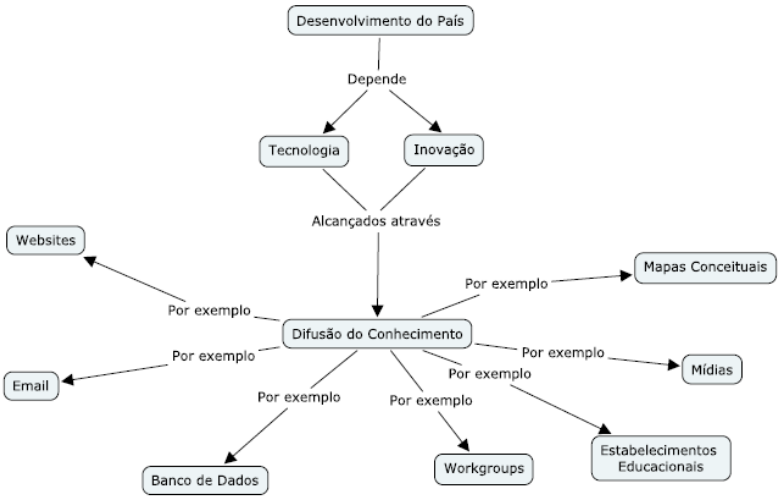


Fig. 1 – Mapa centralizado na difusão do conhecimento e seus respectivos meios de propagação.

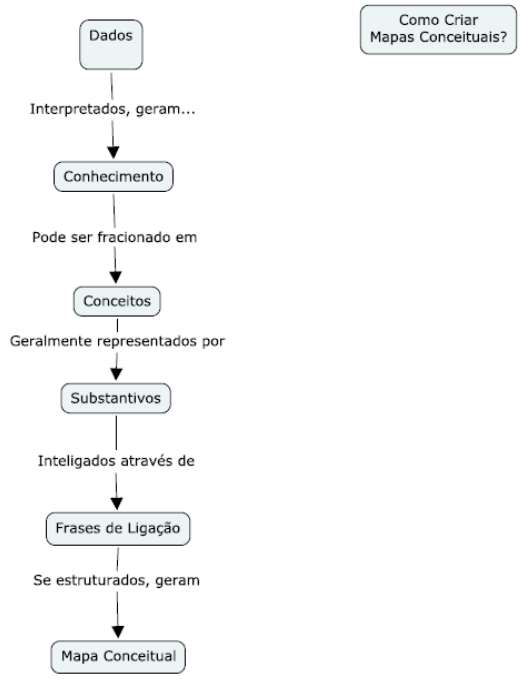


Figura 2 – Mapa exemplificando como criar mapas conceituais.

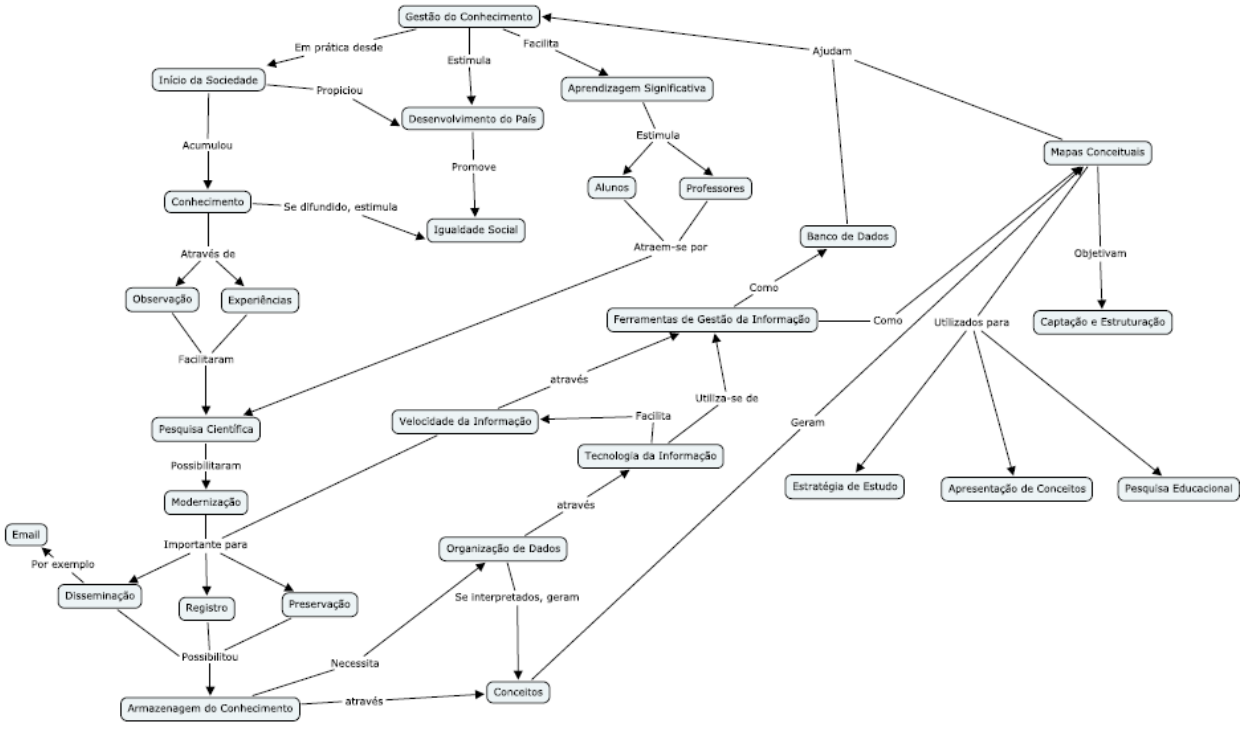


Figura 3 – Mapa sobre gestão do conhecimento, exemplificando melhor as ligações lógicas entre os mais diversos conceitos.

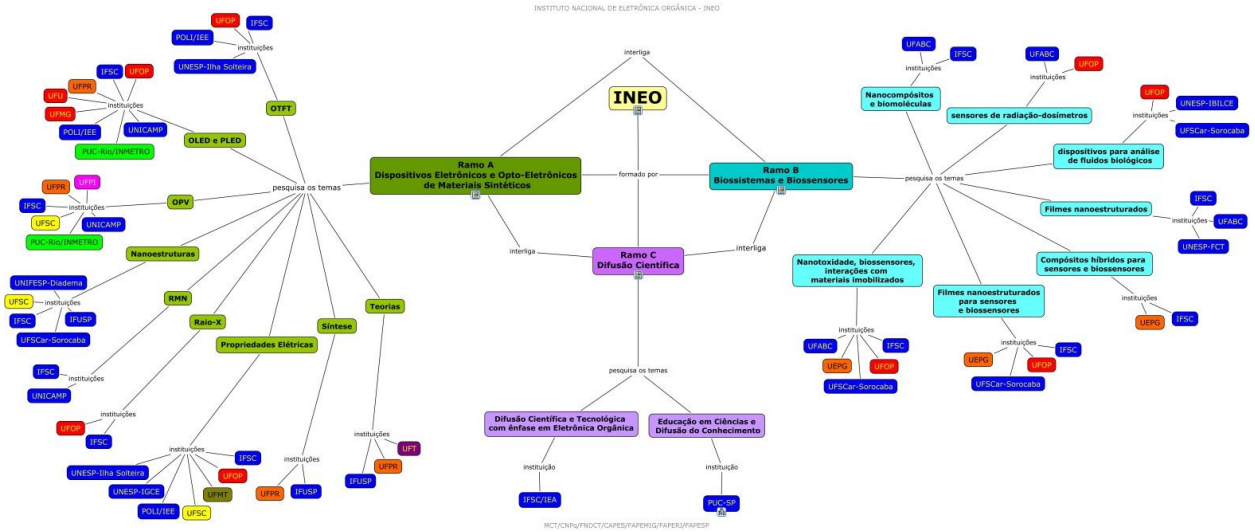


Figura 4 – Mapa conceitual do INEO mostrando a distribuição dos temas de pesquisa por instituição de pesquisa.

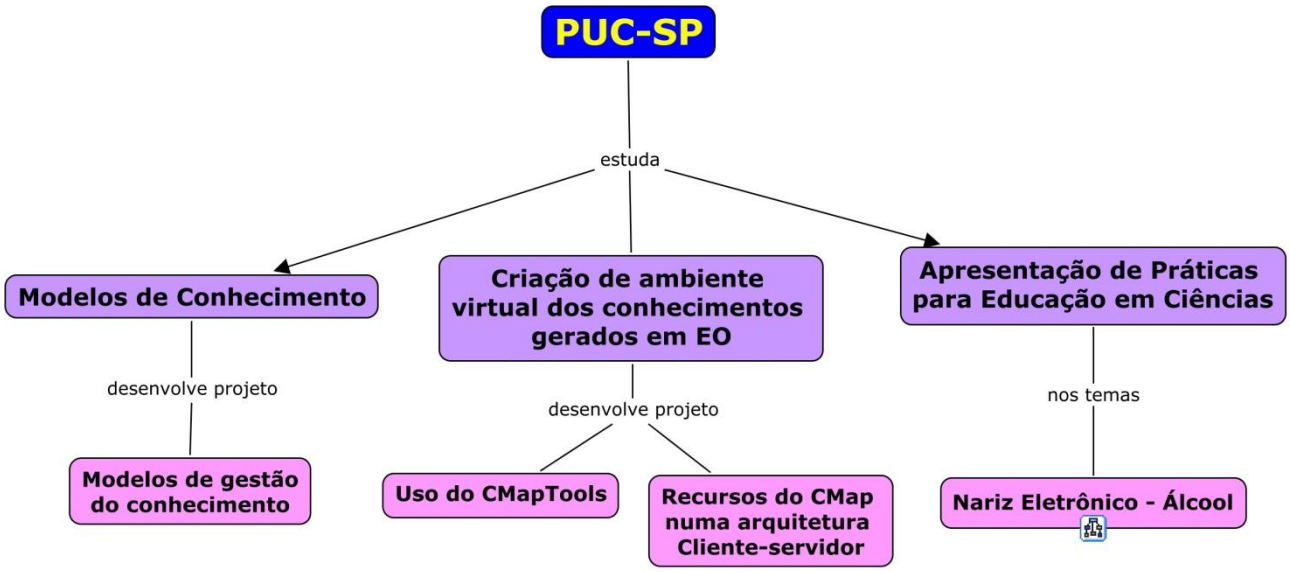


Figura 5 – Mapa conceitual das atividades do grupo da PUC-SP no projeto INEO.

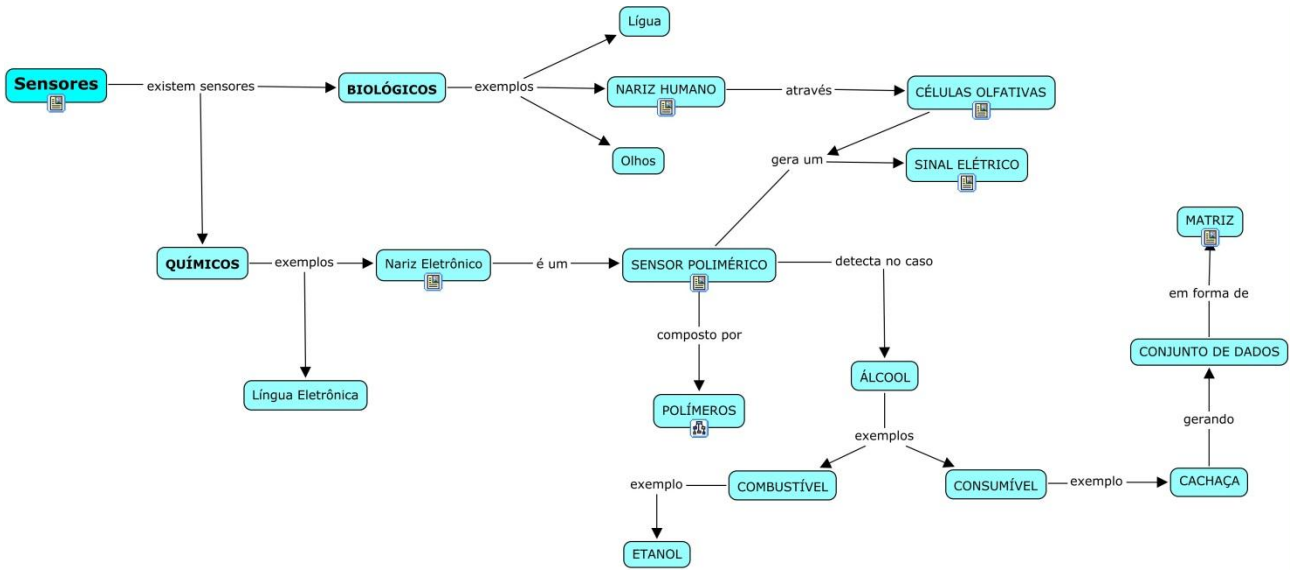


Figura 4 – Mapa conceitual de um dos temas de pesquisa desenvolvida no INEO com os conceitos envolvidos e as relações com temas abordados no ensino fundamental e médio das escolas brasileiras.

Como citado anteriormente, não existe um mapa certo ou errado, mas sim diferentes possibilidades de apresentação do conhecimento sobre os conceitos trabalhados.

Desta maneira, a metodologia está na criação de bons mapas conceituais, que trabalhem a aprendizagem significativa dos alunos, dos professores, e assim, possibilitem uma forma de aprender mais dinâmica. Porém, para se criar um bom mapa conceitual, deve realizar boa seleção de conceitos sobre o tema principal, e estes conceitos podem estar conectados a outros conceitos. O grande número de conceitos mostrará a familiaridade do autor com o tema em questão, sendo que só será possível realizar estas ligações entre os conceitos caso o autor tenha domínio e entendimento sobre o tema.

Essas pessoas poderão participar de projetos voluntários, através de mapas construídos em sincronia, que oferecem a oportunidade de elaboração e criação dos mapas por diversos usuários e que incentivam o trabalho de forma colaborativa com outros usuários.

Esta nova forma de despertar o interesse e facilitar o aprendizado dos estudantes é muito atrativa para qualquer estabelecimento do ensino. Através desta ferramenta, temos maior difusão do conhecimento, ainda mais por ligar o conhecimento de outras pessoas, e desta forma, ter uma gestão excelente de informações.

Os conceitos podem se interligar com outros completamente distintos e dar continuidade à assimilação do novo com o conhecimento já existente. Esta aprendizagem significativa é uma estimuladora da absorção do novo.

Como a ferramenta em questão, Cmap Tools, auxilia a organização, difusão e é de fácil acesso, a estimulação da sintonia do aprofundamento deste conhecimento. Assim, conforme já apresentado anteriormente, os estudantes se sentirão mais atraídos pelas disciplinas e desta forma, poderão optar pelas áreas de exatas, escassas de mão de obra especializada e qualificada.

Como consequência, a inovação e a tecnologia despontariam de forma rápida e exponencial, atendendo e preparando ainda mais a sociedade em que vivemos da mesma maneira como esta tem necessitado.

Dentre as diferentes aplicações dos Mapas Conceituais na área educacional, temos a exploração do conhecimento pré-existente, o qual os alunos já dominam; a possibilidade de seguir uma linha para um modelo de aprendizagem e estudo, além de sua dinâmica; O maior estímulo de seu uso é a rapidez para extrair significados após leituras, e facilidade de organizar ideias oralmente ou por escrito;

4 Conclusão

Com o desenvolvimento tecnológico e enorme fluxo de informações, é vantajoso para os indivíduos que tem interesse em adquirir conhecimento e para a sociedade que tem como objetivo crescer e se fortalecer, o processo de gestão do conhecimento através de mapas conceituais.

Com organizações conscientes e bem orientadas para a importância da coleta e processamento de dados, é possível produzir através desta estratégia proveniente do conhecimento, e teremos uma rede de pesquisas cada vez mais sólida e mais preparada para o mercado competitivo.

Ao aquecermos o mercado, estimulamos a inovação e a tecnologia, que caminham lado a lado com as necessidades da sociedade. As mesmas necessidades estarão explicitas uma vez que acontece a filtragem correta da informação.

Desta maneira, as organizações e universidades principalmente, devem se lembrar de que ao desejar a disseminação do conhecimento, a utilização dos mapas conceituais se mostra uma estratégia facilitadora da aprendizagem, pois propiciam através de maior integração, reconciliação e diferenciação de conceitos, ser capaz de apontar significados relacionados sobre um determinado assunto, fazendo com que ele não se perca, e finalmente, seja acumulado, interpretados e impacte positivamente na economia e desenvolvimento do país.

Referências

AUSUBEL, David Paul, Novak, Joseph e Hanesian, Helen. Psicologia Educacional, 1978, Interamericana.

LIMA, Kênio Erithon Cavalcante. Análise da metodologia de ensino de ciências nas escolas da rede municipal de Recife, 2006, aval. pol. públ. Educ.

OSVALDO DE SORDI, José. Livro: Administração da Informação: Fundamentos e Práticas para uma nova gestão do conhecimento, 2008, Saraiva.
TAVARES, Ricardo. Livro: Gestão do Conhecimento, Educação e Sociedade do Conhecimento, 2010, Icone.
BRUNER, Jerome. Uma nova teoria de Aprendizagem, 1975, Bloch.

Paper Session A3

A proposição de projetos e o uso de informática no ensino de Cálculo Diferencial e Integral II na engenharia

Demétrio Elie Baracat*, Francisco Mauro Witkowski*, Rodrigo Cutri*

* Instituto Mauá de Tecnologia – Escola de Engenharia Mauá, Praça Mauá, 1 - São Caetano do Sul - São Paulo - Brasil – ZIP 09580-900

Email: demetrio.baracat@maua.br, francisco.witkowiski@maua.br, rodrigo.cutri@maua.br

Abstract

Students in basic sciences in engineering education needs to be continually encourage to improve theirs learning process. Many books brings examples of activities for single variable Differential and Integral Calculus, but there are not so many references for Multivariable Differential and Integral Calculus for engineering course. This work shows a Problem Based Learning Active (PBL) for Multivariable Calculus using applied problems and computational tools.

Keywords: PBL, Multivariable Differential and Integral Calculus, Engineering Education

1 Introdução

No ano de 2007, a Escola de Engenharia Mauá, visando promover mudanças na forma de aprendizagem de seus alunos, instituiu um Projeto Institucional, chamado Projeto Evolução. Este projeto baseado nos conceitos da aprendizagem baseada em projetos propunha em linhas gerais que fossem realizadas atividades em grupos pelos alunos de modo a:

- promover maior integração entre as disciplinas;
- desenvolver habilidades de análise e visão sistêmica;
- promover habilidades de comunicação e expressão, bem como de interpretação de problemas contexualizados;
- promover a aprendizagem ativa dos alunos por meio de projetos.

1.1 Motivação

Os alunos dos cursos de Engenharia têm apresentado dificuldades na assimilação de conceitos explorados na disciplina Cálculo I e II. Essas dificuldades iniciam-se com a falta de conhecimentos elementares de álgebra, trigonometria, geometria e matemática, como por exemplo, os apontados por Gomes, Nieto e Lopes (2005), Baracat et all (2008) e se encerram com os de natureza epistemológica.

Essas dificuldades têm sido objeto de análise em vários simpósios e congressos tanto da área de Educação Matemática como nos de Ensino de Engenharia. A contribuição desses estudos provoca uma reflexão sobre a prática pedagógica em busca de elementos que permitam a compreensão dos conceitos estudados em aula e sua aplicação em outras disciplinas de conhecimento básico. As ferramentas computacionais são consideradas como ferramentas complementares que suportam a curiosidade e contribuem na melhora da qualidade de ensino, pois colaboram para o entendimento dos conceitos abordados em aula e possibilitam sua expansão.

O objetivo é avaliar a evolução da compreensão dos conceitos de Cálculo Diferencial e Integral – Variáveis Múltiplas (a partir deste ponto denominado por Cálculo II) por parte dos alunos bem como sua interpretação na aplicação de situações práticas como os que se apresentam em Fenômenos de Transporte, Resistência dos Materiais, Eletromagnetismo, Transmissão de Calor entre outras. O trabalho compila os dados de acompanhamento do desempenho dos alunos antes e após o uso da presente estrutura objetivada ao longo dos últimos seis anos letivos, sendo que nos últimos quatro anos estamos trabalhando com o enfoque que se apresenta. Anteriormente o curso era baseado numa abordagem tradicional com aulas expositivas.

2 Concepção

Durante as últimas duas décadas tem-se pesquisado a reforma curricular de Cálculo. A maioria das pesquisas desta reforma tem sido feita no ensino da graduação e outros no ensino médio. As pesquisas detectaram que os estudantes ingressam nos cursos de cálculo com um entendimento primitivo dos conceitos de função, trigonometria, continuidade, limite, etc (Tall, D., 1996, Ferrini-Mundy, J., & Lauten, D., 1993). Também observaram que os alunos têm dificuldades cognitivas nas representações algébricas e gráficas de funções (Schnepp, M., & Nemirovsky, R., 2001). Observa-se ainda uma dificuldade em conceitos anteriores como

trigonometria ou álgebra (GOMES, G. H., 2005). Alguns pesquisadores propõem abordagens diferentes para ensinar os princípios do cálculo (Frid, S., 1994).

As pesquisas evidenciam que as dificuldades cognitivas para a aprendizagem do cálculo decorrem de dois aspectos distintos

a) um primeiro relacionado à linguística e aspectos representacionais

b) outro relacionado com a intuição.

Como os cursos de cálculo são baseados em manipulações simbólicas, não é surpreendente que fatores linguísticos ou representacionais deem origem a dificuldades cognitivas. Se considerarmos que os alunos querem entender e dar sentido ao conteúdo que eles estão estudando, suas intuições desempenham um papel fundamental na construção adequada e estruturada desses conceitos. Pesquisadores apontam que os processos cognitivos de flexibilidade e generalização propostos por uma abordagem Krutetskiana são extremamente úteis (Norman, A., & Prichard, M., 1994, p. 76).

Constata-se que há necessidade de estabelecer conexões entre diferentes representações (concreto, visio-espacial, gráfico, algébrico, numérico, etc) para auxiliar os estudantes a entenderem os conceitos de cálculo. A visualização gráfica é uma importante ferramenta para desenvolver essa compreensão. Um dos princípios orientadores do texto Harvard Calculus Consortium é a de múltiplas representações ". Sempre que possível temas devem ser ensinados de forma gráfica, numérica, e analítica. O objetivo é produzir um curso onde os três pilares sustentem a visão dos estudantes sob ângulos distintos "(Hughes-Hallett, D., 1990, p. 121).

Um dos pontos mais importantes que a análise da pesquisa em Cálculo evidencia é que deve haver maior ênfase na aprendizagem conceitual utilizando múltiplas representações e ligações antes de os estudantes mergulharem em manipulações simbólicas. Há a necessidade de se buscar explicações e ilustrações físicas ou geométricas sobre as ferramentas que se desenvolvem, ilustrando conceitualmente suas aplicações e interpretações na área da Engenharia. "Cálculo precisa ser estudado por muitos anos como se faz com a geometria" (Kaput, J., 1994, p. 132).

A abordagem proposta é baseada nos seguintes pressupostos fundamentais sobre a aprendizagem e ensino:

- A aprendizagem conceitual conduz ao desenvolvimento da aquisição cognitiva de operações formais processuais. Lev Vygotsky afirma que o desenvolvimento das operações formais depende da criação de um ambiente de aprendizagem bem sucedido, que inclui o uso de ferramentas conceituais (Vygotsky, 1987). "O desenvolvimento de competências processuais de cálculo nos alunos é um derivado da compreensão conceitual das grandes idéias do cálculo".
- Uma aplicação da pedagogia de Davydov acelera o ensino e a aprendizagem da matemática através do método da ascensão. As ideias gerais para procedimentos específicos constituem uma ferramenta metodológica chave para a concepção de um rigoroso currículo de matemática conceitual (Davydov, 1990). Assim, o desenvolvimento da compreensão conceitual e dos princípios de cálculo deve ser feita a partir de conceitos de cálculo multivariáveis.
- A conceituação cognitiva-visual (CVC) através do uso de modelagem e tecnologia desempenha um papel crítico na aprendizagem dos princípios de cálculo.

Vivemos uma revolução tecnológica que incita os professores a explorarem e incorporarem novas técnicas no ensino da matemática (ENGINEERING EDUCATION, 1995), (ENGINEERING GRADUATION AND RESEARCH, 1985), (LEARNING AND UNDERSTANDING, 2002), (The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the Next Century, 2004). Os alunos também fazem parte dessa revolução, pois como usuários de sistemas informatizados no ensino médio e fundamental conhecem suas vantagens e desvantagens.

O mercado de trabalho é cada vez mais competitivo, seletivo e ávido por resultados imediatos. Ele insere o jovem formando numa equipe de trabalho com intuito de buscar sinergia e eficácia, e ao mesmo tempo acelerar sua capacitação ao trabalho. O jovem é envolto numa parafernália eletrônica como netbook, smartphone, vídeo conferência, pen drive, correio eletrônico, planilhas e apresentações eletrônicas.

Cabe à instituição de ensino prepará-lo para um mundo sinérgico, onde ora existe o trabalho em equipe e, ora existe a necessidade de isolamento para atender as várias conexões que lhe são solicitadas. O uso e o conhecimento de ferramentas computacionais é um diferencial significativo para o mercado de trabalho.

Dall'Anese (2006) enfatiza que o computador é uma ferramenta suporte que facilita a visualização de conteúdos abstratos trabalhados em sala de aula. Essa tecnologia é apresentada como uma ferramenta promissora para a discussão e aprofundamento desses conceitos. Os trabalhos de Bonomi, Boscaino e Nieto (2004), Baracat et all (2008) apresentam a utilização de ferramentas tecnológicas que exploram não apenas a

criatividade, mas, também o senso crítico, com as quais o conhecimento construído pelos estudantes é testado, validado, incorporado e valorizado.

O Curso de Cálculo II (Múltiplas Variáveis) da escola de Engenharia Mauá é um curso anual com duas frentes de exposição. Cada uma delas tem aulas semanais com duração de 100 minutos e elas têm cunho independente. Por exemplo, enquanto uma delas desenvolve aspectos de derivação a outra desenvolve conceitos de integrais. As aulas conceituais são expositivas e sempre busca-se problemas aplicados na Física, Mecânica dos Fluídos, Resistência dos Materiais, Geometria as quais servem como elo de ligação entre o que se desenvolve no Cálculo com conhecimento técnicos já adquiridos em anos anteriores. Aplicam-se provas bimestrais individuais aos alunos para avaliação dos conhecimentos adquiridos, analisando-se principalmente a assimilação de conceitos importantes do Cálculo. Nestas provas não é permitido consulta a apontamentos ou uso de calculadoras eletrônicas.

A média histórica de reprovação de Cálculo II baseado no ensino tradicional (aulas expositivas) sempre esteve ao redor de 30% e, começou a crescer a partir de 2001.

A partir do ano letivo de 2007 a disciplina Cálculo II (em caráter anualizado) da Escola de Engenharia Mauá incorporou um projeto com atividades baseadas em aprendizado por experimentação sobre Cálculo de funções de múltiplas variáveis com o intuito de reverter esta reprovação. Esse projeto é executado em várias etapas no decorrer do ano letivo. Unem-se conceitos teóricos e práticos analisados em sala de aula com recursos computacionais extraclasses disponíveis em softwares matemáticos. Os temas propostos para os trabalhos foram os seguintes: "A Busca da Onda Perfeita" (2007); "A Busca da Superação de Desafios e do Equilíbrio Perfeito" (2008); "A Pesquisa do Progresso Econômico das Ilhas Bermudas" (2009); "A Busca da Sustentabilidade" (2010);....

3 O Projeto desenvolvido em Cálculo II

A atividade desenvolvida na Disciplina Cálculo II da Escola de Engenharia Mauá por exemplo intitulada "A Pesquisa do Progresso Econômico das Ilhas Bermudas", promoveu o uso contínuo e intensivo, por parte dos alunos, durante o ano letivo de 2009, de recursos de editores de apresentação, trabalho em equipe, planilhas eletrônicas, softwares gráficos e matemáticos, sendo esses de livre escolha por parte da equipe de alunos. O objetivo era utilizar tais recursos de forma a explorar sua potencialidade frente aos resultados obtidos por meio algébrico. Também avaliar-se-ia a incorporação de senso crítico quanto aos resultados obtidos com o uso de recursos informatizados, validando os resultados encontrados frente aos valores esperados. Idem quanto a evidências do entendimento de conceitos de Cálculo aplicados a problemas contextualizados em Física, Mecânica dos Fluídos e outras disciplinas

Segundo as regras pré-estabelecidas os alunos deveriam se reunir em atividades extra-classe para desenvolver os roteiros propostos os quais consistiam em aplicações práticas de Cálculo de Múltiplas Variáveis e no uso de recursos disponíveis em softwares gráficos/matemáticos. Como o curso de Cálculo I faz uso do software Winplot, as equipes preferiram inicialmente utilizá-lo, até o momento em que o mesmo não atendia as atividades propostas (exemplo: Integrais Múltiplas). A partir desse momento a maioria dos alunos optou por utilizar o MathCad devido à facilidade de suporte no próprio tutorial, e pelo fato de haver um considerável número de licenças disponíveis na instituição. Apenas como referência alguns poucos alunos optaram pelo Mathematica e um número mais reduzido ainda pelo MatLab, Geo-Gebra ou WolframAlpha.

Ressalte-se que até esse momento nenhuma disciplina anterior do curso ou mesmo a disciplina de Cálculo II havia fornecido ou forneceria orientações sobre o uso de MathCad ou outro software que não o Winplot ou GeoGebra. Caberia aos alunos descobrir através do tutorial do software escolhido como efetuar as atividades que seriam programadas. (Ainda hoje – 2011 – não é parte integrante da ementa o treinamento no uso deste ou daquele software).

Temos aplicado a atividade a um universo de 1000 alunos em regime anual. Cerca de 65% destes alunos cursam o período diurno e o restante o período noturno.

A constituição de equipes é elaborada pelos próprios alunos sempre nas duas primeiras semanas letivas de cada semestre. As equipes assim formadas permanecem inalteradas durante o semestre letivo. O projeto é constituído de atividades cada qual distribuídas rotineiramente ao final das aulas de exercícios. Os roteiros não são disponibilizados no site da disciplina para obrigá-los a assistirem as respectivas aulas, e como meio de aproximá-los de uma avaliação que é feita pelo respectivo professor das aulas de exercícios.

Em média há oito a dez grupos (com cinco alunos no máximo por grupo) por aula de exercícios. O professor desta aula reserva semanalmente cerca de 10 a 15 minutos finais da aula para esclarecimentos de dúvidas sobre o projeto, e para monitorar o andamento das atividades de cada um dos grupos. Também há um horário

de atendimento extra-classe (8 horas por semana) de dois professores em tempo integral para atender dúvidas que surjam na execução das atividades ou da matéria lecionada na aula de exercícios. São alocadas quatro horas deste atendimento para o período diurno e outro tanto para o período noturno. Também se reserva mais seis horas de atendimento semanal por período prestados por dois alunos monitores (um em cada período letivo) com o mesmo propósito. Contamos com dois monitores desde o ano letivo de 2007.

Cada equipe das aulas de exercício recebe um enunciado diferente, pois as funções a serem estudadas são definidas a partir dos dígitos que compõem o número de matrícula dos alunos que constituem o grupo.

O total de grupos formados no diurno em 2009 foi de 122 e no período noturno 81. Total 203 grupos.

Ao final de cada semestre cada grupo faz a apresentação oral do trabalho com uso de data-show desenvolvido segundo os roteiros distribuídos. Eles podem ser arguidos pelo professor de exercícios sobre o conteúdo apresentado no trabalho.

A nota do trabalho é constituída de três quesitos: a auto-avaliação, a nota do conteúdo e a nota de apresentação oral.

A primeira, denominada de auto-avaliação, representa a interpretação do grupo quanto à participação de cada um dos integrantes na realização das atividades planejadas. A participação é monitorada através de uma lista de presença validada inicialmente pelo professor de exercícios como constituição da equipe e, administrada pelo próprio grupo. Esta lista é devolvida pelo grupo juntamente com o trabalho como evidência do critério de atribuição de nota empregado.

A segunda e a terceira notas são de responsabilidade do professor avaliador.

A nota do trabalho é constituída da média aritmética das três notas anteriores e participa com peso 2 na nota final de aproveitamento.

Nas provas do primeiro e terceiro bimestres propõe-se uma questão sobre os conhecimentos abordados e analisados no trabalho para avaliar a participação efetiva de cada aluno na execução das atividades planejadas. O valor desta questão está compreendido entre 2,0 a 2,5 pontos de um total de 10,0 pontos.

Cabe ressaltar que além das salas de aula com infra-estrutura às atividades acadêmicas contendo computadores e data-shows, os alunos podem utilizar a biblioteca que comporta simultaneamente 116 alunos em mesas individuais para estudo mais 108 que se alocam em mesas para trabalhos em grupo. A biblioteca possui cerca de 60 microcomputadores ligados em rede, e que permitem a execução de atividades informatizadas. Além disso, a escola possui uma rede Wi-Fi que permite aos interessado, através da intranet, a conexão com a rede acadêmica para utilização de softwares incorporados ao acervo técnico didático.

4 O Conteúdo do Projeto

O projeto "A Busca da Sustentabilidade" desenvolvido durante o ano letivo de 2010 relata as atividades de um grupo de alunos que se perde na floresta Amazônica face de uma tempestade, e acabam se abrigando em cavernas a espera de salvamento. A partir desse ponto explora-se o suspense, a emoção e a ficção de forma a se propor enunciados variados no contexto da Geometria, Cálculo, Física, Mecânica, Resistência dos Materiais, Química e Mecânica dos Fluídos e que deveriam ser resolvidos com o uso de ferramentas algébricas, matemáticas e computacionais com o intuito de compará-las no contexto de: Elaboração de curvas de nível; Determinação de pontos de Máxima Depressão e Elevação; Integrais Duplas com e sem mudança de variáveis; Integrais Triplas com e sem mudança de variáveis; Integrais de Linha; Campos Conservativos e funções potenciais; Cálculo de Fluxo; Teorema de Stokes; Teorema de Gauss; Equações Diferenciais de Primeira Ordem; Equações Diferenciais de Segunda Ordem.

5 As dificuldades encontradas durante o desenvolvimento das atividades

Inicialmente a procura por esclarecimentos quanto ao uso do software é grande, pois os alunos apresentam dificuldades na interpretação dos enunciados, e como ligá-los às técnicas analisadas no curso de Cálculo II.

A maior dificuldade ao longo do curso é a interpretação do enunciado contextualizado que não traz claramente a pergunta de Cálculo sobre o que deverá ser feito, e como relacioná-lo ao conceito matemático que permite resolver a atividade.

A familiarização gradativa com a importância dos conceitos apresentados mais os recursos disponíveis nos vários softwares matemáticos, bem como a interpretação de como se aplica cada ferramenta e em que condições se fazem estas aplicações, contribui para que o aluno desenvolva um mecanismo adequado para tratar o que se solicita.

6 Os resultados encontrados

É sabido que os alunos divulgam informações entre uma série e outra. Até 2007 o Cálculo II não tinha a atividade de projeto, havendo ela sido instituída em 2007. A estrutura da atividade tem se repetido ano a ano com mudanças no enredo. A idéia é envolver os alunos numa história constituída de capítulos como numa novela criando suspense e explorando conceitos técnicos encontrados no dia a dia e que devam ser resolvidos com as ferramentas de Cálculo de Multivariáveis. Acreditamos que o motivo para elevada procura por apoio no 1° bimestre, e a posterior diminuição ao longo do ano, se baseia primeiramente pelo desafio que se apresenta e segundo lugar por não estarem habituados a interpretarem conceitos importantes e como aplicá-los em situações não presentes nos enunciados tradicionais dos exercícios de Cálculo, como do tipo: " A partir de e utilizando o Teorema de Gauss demonstre que o Empuxo é igual ao peso do volume de líquido deslocado (principio de Arquimedes)"

7 Evolução do Desempenho na Disciplina

A seguir apresenta-se o histórico de aproveitamento na Disciplina (Gráfico 1) nos últimos seis anos letivos, tomando-se por referência o total de alunos efetivamente ativos (que efetivamente cursam a disciplina ao final do período letivo).

A análise histórica dos números evidencia um aumento do número de alunos reprovados na disciplina tanto no período diurno como no período noturno até 2006 inclusive, e este cenário era preocupante devido à dificuldade do aluno entender conceitos básicos do Cálculo Diferencial e Integral.

Gráfico 1 – Índice de reprovações compreendido entre o período letivo de 2005 e 2010 na disciplina Cálculo II da Escola de Engenharia Mauá

Ao final do curso, em 2007 e em 2009, fizemos uma enquete junto aos vários grupos que participaram das atividades e o resultado encontrado foi (Tabela 1) o seguinte:

Tabela 1 – Perguntas realizadas junto aos alunos da disciplina Cálculo II relativas ao projeto "A Busca da Onda Perfeita" ao final do ano letivo de 2007 e, "A Pesquisa do Progresso Econômico das Ilhas Bermudas" ao final do ano letivo de 2009.

	2007		2009	
Categoria	Diurno	Noturno	Diurno	Noturno
Trabalhos Extra Classe são importantes? (Quantos responderam sim)	92%	94%	90%	96%
Os Projetos Criaram interesse pela disciplina? (Sim)	77%	81%	75%	80%
Os projetos ajudaram na compreensão dos assuntos tratados?(Sim)	88%	84%	79%	86%
O trabalho em equipe foi proveitoso? (sim)	92%	74%	89%	77%
Foi satisfatória a relação entre os temas e o conteúdo da disciplina?(Sim)	85%	74%	71%	79%
Aplicações Físicas, Mec-Flu foram úteis?(Não)	50%	77%	61%	82%
Quantos participaram em sugestões de como melhorar a disciplina?	85%	55%	79%	66%
Quantos Participaram de Comentários Outros	31%	32%	43%	47%

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nos resultados alcançados nos últimos quatro anos letivos com a introdução do projeto com caráter anualizado e constituído de várias etapas, motivamos os alunos quanto à necessidade de estudo, a busca de solução de problemas no contexto da Física, Mecânica Geral, Química, Termologia, Hidráulica, Resistência dos Materiais, Geometria Analítica entre outras.

Observamos que os problemas aplicados no contexto de engenharia despertam a curiosidade dos alunos no entendimento dos conceitos abordados na disciplina Cálculo II. Também notamos que há uma reversão na tendência de crescimento de reprovação na disciplina. Além disso, a proposta de trabalho em grupo é plenamente aceita pelos alunos, pois sempre há pelo menos um dos integrantes do grupo com conhecimento sobre o tema a ser desenvolvido e que auxilia os demais integrantes no entendimento dos conceitos abordados. O temor de utilizar um software jamais empregado foi facilmente superado, quer pela assistência dada pelos professores da disciplina em atendimento fora de sala ou pelos monitores da disciplina, ou mesmo pela ajuda entre os vários grupos, o que serve como veículo de superação sobre o desconhecido. Isto também se observa quanto ao uso de planilhas eletrônicas e ou recursos de apresentação.

0 desempenho durante o ano letivo e o conhecimento adquirido em Cálculo II se mostra mais amplo e mais estável do que nos anos anteriores, e desta forma contempla-se plenamente os objetivos estabelecidos no presente artigo.

Paralelamente, através dos trabalhos, constatamos que ao longo do período letivo há um progresso na forma de comunicação em público com o uso de apresentações eletrônicas. No início do ano os grupos temem serem avaliados pela oratória e pelo conhecimento adquirido.

APÊNDICE

O projeto de 2010 contemplou a Busca da Sustentabilidade. É a descrição de uma série de fatos ocorridos quando de uma visita de um grupo de alunos de uma tradicional escola de engenharia a uma fazenda que se estruturava para explorar recursos naturais para a auto sustentabilidade. Tudo transcorre naturalmente até o instante em que são colhidos por uma forte chuva que inutiliza seus instrumentos de localização e destrói a trilha por onde vieram. Conclusão: se perdem no meio da selva Amazônica e ficam incomunicáveis com o resto do mundo.

Abaixo se apresenta o contexto dos vários roteiros propostos durante este ano letivo.

1º roteiro: Os dados geográficos armazenados no laptop a partir de buscas feitas anteriormente pelo Google mostram um tipo de relevo. Cabe aos alunos dentro de um conjunto de funções pé-estipuladas identificar aquela que mais se aproxima do relevo que possuíam. Devem também apresentar as respectivas curvas de nível e interpretar o que significa proximidade e distanciamento entre curvas de nível.

2º roteiro: A partir das curvas de nível e definido cada um dos pontos cardeais (eixos XOY) cada um dos integrantes do grupo toma uma determinada direção a partir de um ponto pré-estipulado. Deve-se descrever o que ocorre em termos de topografia de terreno a partir do ponto pré-estabelecido em cada uma das direções consideradas. Também se deve determinar a declividade do terreno a partir de duas curvas de nível considerando um ponto de partida sobre uma delas e uma direção de deslocamento.

3º roteiro: Estimar a partir das curvas de nível as coordenadas X e Y dos pontos de maior elevação e maior depressão. A partir da função utilizada no 1º roteiro estimar a elevação e a depressão das respectivas cotas. Efetuar o Cálculo utilizando Máximos e Mínimos. Determinar a região de plantio mais adequado para certo tipo de hortaliças.

4º roteiro: O grupo encontra um pequeno córrego e estuda a possibilidade de instalar uma pequena central hidroelétrica. Para tanto deve estimar a vazão do córrego contando com a ajuda de um cronometro e um pequeno recipiente em formato de paraboloide circular. Estima-se a largura do leito e escolhe-se certa região como referência cuja dimensão coincide com o diâmetro do bocal do paraboloide circular. Mede-se o tempo para se atingir certa cota no paraboloide (determinação de volume por integral tripla ou dupla com mudança de variáveis). Por proporcionalidade determina-se o volume de água que passa pelo córrego e a partir do tempo medido tem-se a vazão do córrego. A partir do desnível existente entre dois pontos do córrego pode-se determinar o tipo de turbina, a potência hidráulica da queda e a potência do gerador elétrico.

5º roteiro: O grupo pretende construir uma prancha com pedaços de tronco de arbustos. Lembram-se de fórmulas de resistência dos materiais relativas a momento de inércia. A partir da estimativa do peso que devem suportar devem determinar as dimensões da prancha retangular para que ela suporte o carregamento

pretendido (determinação do momento de inércia e tensões atuantes frente a tensões admissíveis). (Cálculo de momento de inércia por integral dupla).

6º roteiro: Em função do dígito obtido a partir da composição dos algarismos de matricula pede-se pesquisar fontes de energia limpa entre elas: Solar, Eólica, Hidráulica, Bagaço ou Marés.

O grupo observa a existência de uma depressão no terreno que pode ser aproveitada para o acúmulo de água. Com a ajuda do vento pretende construir um moinho de vento que pode movimentar tonéis que encontram na região da fazenda para levar água potável para uma caixa d'água estrategicamente localizada para abastecimento do vilarejo. Cabe ao grupo dimensionar a quantidade de tonéis para que o abastecimento de água possa ser corretamente dimensionado para o consumo per capita diário. (Cálculo de Fluxo).

7º roteiro: Estabelece-se um percurso sobre a topografia do local realizado por um dos integrantes do grupo. A partir da massa do integrante determinar por integral de linha, o trabalho realizado pelo seu peso no deslocamento assim considerado. Descrever se este trabalho é resistente ou motor. Pede-se determinar o comprimento dos vários trechos do percurso utilizando comprimento de curvas do Cálculo I bem como comprimento de curvas dadas por equações paramétricas. Dada a velocidade de deslocamento do ser humano pede-se determinar o tempo desta trajetória. Use software para efetuar o cálculo e o compare com os resultados algébricos. (integral de linha).

8º roteiro: Construído o moinho de vento e inserido os tonéis para o transporte de água para um recipiente cilíndrico onde se mede a elevação do nível de água acumulado em função do tempo, pede-se determinar a vazão de água no interior deste recipiente. Efetue o cálculo por integral tripla, por meio algébrico e com o uso de software. Compare os resultados. Verificar se esta vazão é suficiente para abastecer o vilarejo constituído de um certo número de ocupantes. (O consumo de água incluindo higiene e necessidades pessoais).

9º roteiro: O grupo joga bola feita a partir de meias às margens de um lago. Conhece-se o diâmetro da bola. Repentinamente ela cai no lago e afunda. Utilizando teorema de Gauss demonstre o princípio de Arquimedes. Aplique o teorema de Gauss para calcular o fluxo de um campo eletrostático criado por uma carga eletrostática localizadas num certo ponto do espaço. Que conclusão você obtém? O resultado era esperado no contexto da Física? (Cálculo de Fluxo).

10º roteiro: Com alguns tonéis constroem-se duchas através da introdução de furos no fundo de tonéis. A água é obtida do grande reservatório e é acumulada no interior dos tonéis. A quantidade de água é suficiente para um banho. Apresenta-se a equação que rege o escoamento de água através de um furo (veia contracta). É uma equação diferencial de primeira ordem. Pede-se resolvê-la algebricamente e com a ajuda de um software. Compare os resultados. Apresente uma solução gráfica do problema com o uso do Excel. Interprete o resultado gráfico no contexto físico do problema.

11º roteiro: Deixa-se cair certa bola maciça de material com massa específica e dimensões conhecidas no interior de um tanque com óleo (massa específica conhecida). Sobre a bola agem 3 forças, a força peso, a de empuxo e a de atrito viscoso. Deduzir a equação diferencial do movimento (equação diferencial linear de segunda ordem). Pede-se resolver a equação diferencial algebricamente. Idem com a ajuda de um software. Compare os resultados entre as duas técnicas. Forneça a lei horária da velocidade e do deslocamento. Faça a representação gráfica destas soluções e apresente uma interpretação física dos resultados encontrados no contexto deste problema.

12º roteiro: É o desfecho dos capítulos, onde a equipe que se encontrava perdida é localizada por uma equipe de resgate.

Referências bibliográficas

Baracat, D.E. et all; UMA NOVA ABORDAGEM NO ENSINO DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL II NA ENGENHARIA – COM PROPOSIÇÃO DE PROJETOS E USO DE INFORMÁTICA; In: XXXVI COBENGE, São Paulo. Anais do XXXVI COBENGE 2008. São Paulo, Bourbon Convention Ibirapuera, 2008.

Bonomi (Barufi), M.C.; Boscaino, E. G.; Nieto, S. S. A tecnologia no ensino da Matemática no Curso de Engenharia: não apenas como ferramenta de execução, mas de investigação. In: XXXII COBENGE, Brasília. Anais do XXXII COBENGE 2004. Brasília: Universidade de Brasília, 2004.

Dall'anese, C. Visual e Analítico: Argumentos e Metáforas para a Taxa de Variação. In: III HTEM - Colóquio de História e Tecnologia no Ensino de Matemática, São Paulo. Anais do III HTEM. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2006.

Davydov, V. (1990). Types of Generalization in Instruction: Logical and Psychological Problems in the Structuring of School Curricular. Reston, VA: NCTM.

ENGINEERING EDUCATION; Designing an Adaptive System, Board on Engineering Education, National Research Council, National Academies Press; Washington, USA, 1995.

ENGINEERING GRADUATE EDUCATION AND RESEARCH; Panel on Engineering Graduate Education and Research, Subcommittee on Engineering Educational Systems, Committee on the Education and Utilization of the Engineer, National Research Council, National Academies Press, Washington, USA, 1985.

Ferrini-Mundy, J., & Lauten, D. (1993). Teaching and learning calculus. In Research ideas for the classroom. High school mathematics. Eds. P. Wilson, & S. Wagner. Macmillan: NY. Pp. 155-176.

Frid, S. (1994). Three approaches to undergraduate calculus instruction: Their nature and potential impact on students' language use and sources of conviction. In Research in collegiate mathematics education. Vol. 1. Eds. Dubinsky, E., Kaput, J. Washington, D.C. AMS and MAA. Pp. 69-100.

Hughes-Hallett, D. (1990). Visualization and calculus reform. In Zimmerman, W., & S. Cunningham (Eds.) Visualization in Teaching and Learning Mathematics. MAA Notes # 19. Washington, D.C.: The MAA Inc.

Kaput, J. (1994). Democratizing access to calculus: New routes to old roots. In Mathematical thinking and problem solving. Ed. A. Schoenfeld. – Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. – Pp.77-156.

LEARNING AND UNDERSTANDING: Improving Advanced Study of Mathematics and Science in U.S. High Schools, Committee on Programs for Advanced Study of Mathematics and Science in American High Schools, National Research Council, National Academies Press, Washington, USA, 2002.

Norman, A., & Prichard, M. (1994). Cognitive obstacles to the learning of Calculus: A Krutetskian perspective. In Research issues in undergraduate mathematics learning: Preliminary analyses and results. Eds. J. Kaput, E. Dubinsky. Washington, D.C.: MAA Notes, #33. Pp. 65-77.

Schnepp, M., & Nemirovsky, R. (2001). Constructing a foundation for the fundamental theorem of calculus. In The role of representation in school mathematics. Eds. A. Cuoco, F. Curcio. Reston, VA: NCTM. Pp. 90-102.

Tall, D. (1996). Functions and calculus. In International handbook of mathematics education. Part 1. Eds. Bishop, A., Clements, K., Keitel, C., Kilpatrick, J., Laborde, C. – Dordrecht, The Netherlands: Kluwer. Pp. 289-325.

The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century, National Academy of Engineering, National Academies Press, Washington, USA, 2004.

Vicente, S. A. S. ; Gomes, G. H. . O Uso do Software Matlab nas Disciplinas de Cálculo e Álgebra Linear. In: III Congresso Internacional de Ensino da Matemática, 2005, Canoas - Rio Grande do Sul. III Congresso Internacional de Ensino da Matemática, 2005.

Vygotsky, L. (1987). Thinking and Speech. In R. Rieber, & A. Carton (Eds.). The Collected Works of L.S. Vygotsky. Vol. 1. NY: Plenum Press. Pp. 38-285.

Summaê: Um Método Diferente para o Ensino de Integrais

Ricardo R. Fragelli*, Adson F. da Rocha*, Fábio Macedo Mendes*, Vinícius de C. Rispoli*

*Faculdade UnB Gama, Área Especial 2, Lote 14 Setor Central Gama-DF, 72405-610, Brasil

Email: fragelli@unb.br, adson@unb.br, fabiomendes@unb.br, vrispoli@unb.br

Abstract

Mathematics courses had traditionally sport a high dropout rate in despite of their importance to the Engineering education. Students often feel unmotivated and perceive these courses as a "necessary evil" required in order to advance in the curriculum. This paper describes an activity designed to teach ordinary integrals - Summaê - that seeks to establish a complicity relation between students and teachers, motivating both to feel more involved in the learning process. The proposed activity aims to integrate students, faculty and community by performing a series of challenges interspersed with recreational and artistic activities. The event was perceived positively by students and teachers, getting a positive rating of 96% on a 4 points Likert scale.

Keywords: meaningful learning; problem-based learning; math teaching.

Resumo

As disciplinas de matemática tradicionalmente apresentam uma alta taxa de evasão em cursos de Engenharia a despeito de sua importância na grade curricular. Os estudantes frequentemente se sentem desmotivados, pouco envolvidos e percebem essas disciplinas como um "mal necessário" para poderem avançar no curso. Este artigo descreve uma atividade para o ensino de integrais simples - o Summaê - que busca estabelecer uma relação de cumplicidade entre os estudantes e os docentes, motivando ambos a se envolverem no processo de aprendizagem. A atividade proposta visa integrar os discentes, docentes e comunidade realizando uma série de desafios intercalados por atividades lúdicas ou de cunho artístico. O evento foi visto de forma positiva pelos estudantes e docentes, obtendo uma classificação positiva de 96% numa escala de Likert de 4 pontos.

Palavras-chave: aprendizagem significativa; aprendizagem baseada em problemas; problem-based learning, ensino de matemática.

1 Introdução

A evasão nos cursos de Engenharia é bastante elevada, conforme mostram os dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP), comumente com uma taxa anual de 21% (Siva Filho et al., 2007). Pesquisas mostram que a alta reprovação no ciclo básico é um forte motivador para essa evasão (Perecmanis, 2002; Silva, 2002; Fragelli, 2010) e, no caso específico da disciplina de Cálculo 1 na Faculdade UnB Gama onde foi desenvolvido este trabalho, há uma reprovação em Cálculo 1 de 45 a 60% dos inicialmente matriculados na disciplina e evasão entre 20 e 30%, segundo pesquisa realizada por Oliveira (2010).

Muitos países estão empreendendo esforços para reformular o seu ensino público sendo que, no Brasil, houve um importante crescimento da oferta de vagas nos cursos superiores, inclusive, na área de Engenharia. Entretanto, o crescimento trouxe alguns desafios que ainda não foram efetivamente assimilados pela comunidade acadêmica.

No passado, a concorrência para ingressar nos cursos de Engenharia era muito grande em relação ao número de vagas e o estudante que escolhia o curso de Engenharia tinha uma expectativa muito alta de que o curso lhe garantiria um emprego. Esse cenário favorecia o ingresso de estudantes com boa formação básica que então podia ser imediatamente estimulado com problemas mais complexos e trabalhosos. Boa parte dos cursos de engenharia foi organizada segundo essa premissa.

O aumento do número de vagas permitiu o acesso de estudantes com formação básica deficiente, criando novos desafios principalmente nas matérias onde se dá o primeiro contato com a vida universitária no chamado "ciclo básico". Fica cada vez mais claro que as metodologias que funcionavam anteriormente estão se tornando inadequadas para lidar com os novos desafios da Educação na área de Engenharia. Esse sentimento é fonte de frustração no corpo docente e discente das escolas de Engenharia.

Um dos caminhos possíveis para se lidar com essa nova realidade é o uso de técnicas que atraiam o interesse do aluno e que propiciem um maior envolvimento emocional como os temas ensinados. Ao mesmo tempo, é necessário acostumar os estudantes às exigências técnicas da profissão de engenharia incentivando seções de exercícios intensas e com dificuldade gradativa e crescente. Nesse contexto, surgiu o Summaê, uma

atividade que tem por objetivo a resolução de problemas de Cálculo integral com base na cumplicidade de uma tétrade: discentes, docentes, funcionários e comunidade.

O presente artigo apresenta a fundamentação da atividade, a sua prática, assim como a avaliação de seus resultados.

2 O PBL e a Aprendizagem Significativa

A Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL, do inglês Problem-Based Learning) é uma metodologia de ensino e aprendizagem focada na proposição e solução problemas. O objetivo dessa metodologia é tornar a aprendizagem mais dinâmica e fundamentada na construção do conhecimento, em contraste com a recepção passiva de informações geralmente observada em aulas expositivas (Dochy et al., 2003; Ribeiro, 2008; Ríos et al., 2010).

A utilização de metodologias baseadas no PBL tem atraído educadores que o vêem como uma alternativa vantajosa ao ensino expositivo tradicional. O PBL busca integrar teoria e prática ao organizar o processo de aprendizagem em torno da proposição e solução de problemas. Organizada corretamente, essa metodologia promove conhecimentos, habilidades e atitudes que vão além daquelas de cunho técnico-científicos presentes na matriz curricular (Ribeiro, 2008). Apesar da importância para a futura vida profissional dos estudantes, essas mesmas características são comumente ignoradas ou pouco exploradas em aulas expositivas. Esse processo muitas vezes redunda em um desempenho acadêmico insatisfatório e frustração pessoal, i.e., vários alunos se sentem alienados do processo de aprendizagem, sendo incapazes de empregar o esforço e encontrar a motivação necessários para a aquisição e maturação dos novos conhecimentos. Enquanto isso, o corpo docente frustra-se com o baixo desempenho e aparente desinteresse dos alunos.

Como suporte teórico à metodologia PBL, optou-se neste trabalho pelo uso da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968), que discute como os novos conceitos se organizam na estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo Ausubel, para que um novo conceito seja aprendido e retido na estrutura cognitiva do estudante, ele deve possuir ancoragem em conceitos previamente existentes. Os conceitos que proveem essa ancoragem, chamados subsunçores, geralmente possuem maior poder de abstração e generalidade que os conceitos a serem apreendidos. Caso a aprendizagem aconteça de forma significativa, os próprios conceitos subsunçores são alterados, tornando-se mais abrangentes, estáveis e bem elaborados.

O PBL viabiliza a aprendizagem significativa na direção dos conceitos subsuçores que o professor deseja desenvolver. O objetivo não é apenas estabelecer relações lógicas entre os novos conceitos aos conceitos previamente existentes, de modo que a aprendizagem se torna significativa quando os novos conteúdos adquirem significados não arbitrários e substantivos. Para que isto ocorra, o estudante deve encontrar a motivação para transformar os conteúdos lógicos em conteúdos psicológicos e estabelecer uma relação pessoal e idiossincrática com os novos conteúdos (Moreira, 2006).

O sucesso do PBL, segundo essa análise, está intimamente relacionado com a capacidade que o problema proposto possui de motivar os estudantes na busca de soluções, devendo também ser consideradas as especificações do problema e as limitações do contexto educacional como condições de contorno (Ribeiro, 2008).

3 Summaê: Somas com Chapéu

O Summaê (do latim, *Summae* = Somas, do popular: sinal circunflexo = chapéu) foi desenvolvido em reação às aulas tradicionais de exercícios realizando um trabalho específico no conteúdo de técnicas de integração. A escolha do conteúdo foi feita com base nos resultados finais da disciplina de Cálculo 1 na Faculdade UnB Gama (FGA), em que a média das avaliações nesse conteúdo tem um aproveitamento de 10 a 30% menor que os demais da mesma disciplina.

Conforme destacado anteriormente, apesar da FGA trabalhar com projetos seguindo a metodologia PBL, alguns tópicos específicos das disciplinas da matemática propõem desafios para sua utilização e algumas propostas estão sendo desenvolvidas visando conciliar uma matriz curricular do ciclo básico com o PBL (Fragelli, Mendes, 2011). Uma dessas propostas é o Summaê, um evento em que a comunidade faz desafios aos participantes por meio de vídeos e, depois da resolução proposta por cada estudante, docentes discutem as soluções possíveis.

O Summaê tem início com a recepção dos estudantes, situação na qual eles recebem folhas para resolução dos desafios a serem apresentados. Em um auditório é formada uma mesa com vários professores com

estilos de ensino bastante diferentes de modo a apresentarem explicações que atendam aos diferentes estilos de aprendizagem. A dinâmica tem início com a apresentação de um vídeo onde um personagem da comunidade propõe um desafio para os estudantes, que possuem um tempo determinado para apresentarem a solução. Após o término do tempo estipulado, um dos docentes apresenta uma solução e delibera com o público. Ao final, ele exibe critérios para correção do desafio e os estudantes realizam a avaliação da própria resolução, que serve como medida para o estilo de ensino dos próximos desafios. Um novo vídeo é apresentado aos estudantes e essa dinâmica continua até a resolução de todos os desafios programados, com pequenas apresentações artísticas entremeando a sequência de resoluções. O último desafio apresenta um problema no estilo PBL e é resolvido em pequenos grupos com orientação de monitores e professores.

A cumplicidade é uma das características importantes dessa atividade e é construída com base na interação dos participantes, nas apresentações artísticas e na postura dos docentes. Essa cumplicidade é simbolizada por um artefato da vestimenta utilizado por todos os participantes, sejam funcionários, estudantes ou professores: um chapéu (figura 1). Segundo Paulo Freire (2011), tal cumplicidade é necessária para as relações educativas e não é incompatível com a competência técnico-científica e o rigor do professor para o desenvolvimento dos trabalhos.

Figura 1: Estudantes e mesa com professores no Summaê.

Como os desafios são feitos por sujeitos da comunidade e, dentre esses, algumas celebridades, os estudantes se mostram mais interessados em sua resolução (figura 2). Além disso, o espaço de discussão aberto entre os estudantes e os professores ao final de cada desafio é uma boa medida para o exercício das técnicas aprendidas.

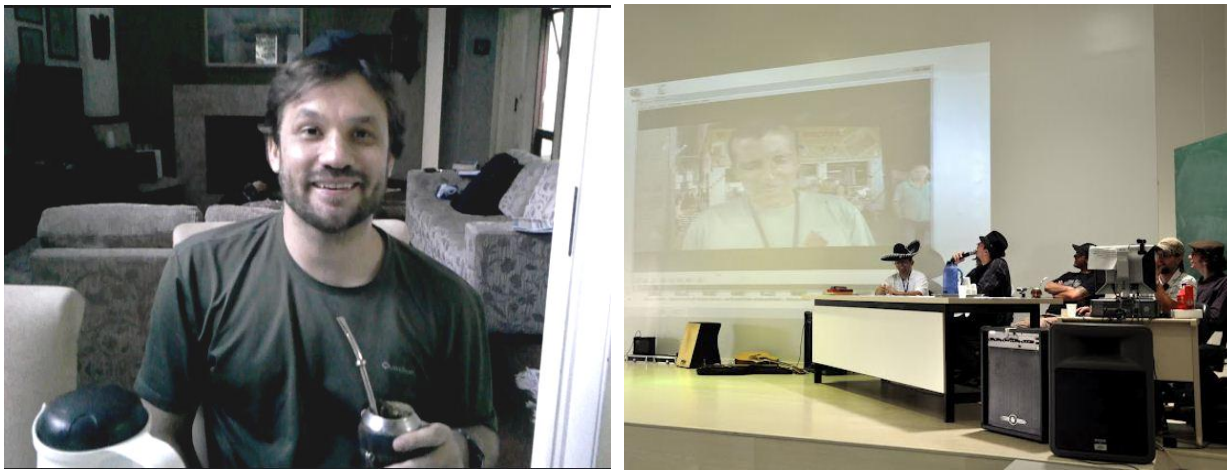


Figura 2: Comunidade participando do Summaê por meio de vídeos em que fazem desafios para os estudantes.

A atividade tem a duração média de 4 horas, onde são revistas todas as técnicas de integração estudadas na disciplina de Cálculo 1. Por se tratar de uma atividade muito intensa, conforme apresentado anteriormente, a sequência de problemas e soluções é descontraída por meio de apresentações artísticas em que participam professores, estudantes, funcionários e comunidade (figura 3).

Figura 3: Apresentações artísticas realizadas entre sequências de desafios.

Como o último desafio do evento representa um problema do mundo real a ser resolvido colaborativamente em grupos de estudantes com base nos conhecimentos estudados (figura 4), os estudantes realizam naturalmente uma asserção de valores e provocam uma aprendizagem significativa conforme defendem os principais autores da teoria (Ausubel, 1968; Novak, 1977; Gowin, 1981). Com a utilização de um PBL na última etapa do Summaê, fomentou-se ainda mais um ambiente de desenvolvimento de habilidades comunicativas em que os estudantes aprendem a respeitar opiniões diversas e a construir consensos para resolução do problema, conforme preconiza Ribeiro (2008).

Figura 4: Estudantes divididos em grupos e professor explicando o problema real a ser resolvido.

4 Resultados

O Summaê foi realizado no segundo semestre letivo de 2011 e participaram estudantes de duas turmas de Cálculo 1 da Universidade de Brasília, Campus do Gama, totalizando 150 participantes. Sob a ótica dos professores que participaram do evento, percebeu-se que os estudantes se mostraram bastante animados no início da atividade, realizando uma excelente interação com os docentes, monitores e entre si. Contudo, ao final das 4 horas do evento, os participantes exibiam sinais de fadiga, apesar das apresentações artísticas que foram idealizadas para minimizar esse efeito.

Para avaliar o estudo do ponto de vista dos estudantes, foi realizada uma pesquisa com 25 participantes (17%) em que classificaram o Summaê em uma escala de Likert com quatro pontos sobre a importância do evento para o estudo das técnicas de integração. Nessa análise, 96% dos estudantes fizeram uma avaliação positiva do evento e os resultados detalhados são mostrados na figura 5.

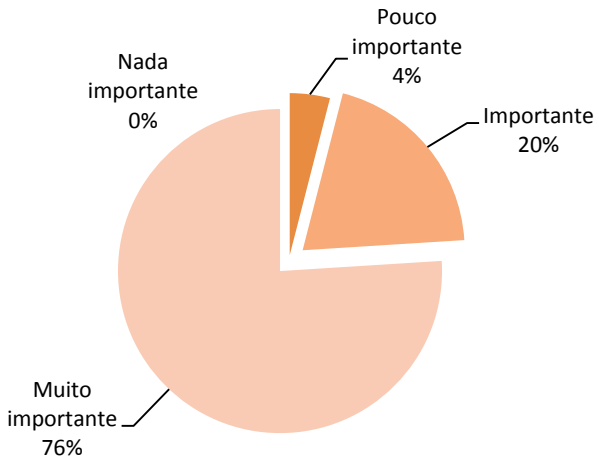


Figura 5: Classificação dos estudantes sobre a importância do Summaê para o estudo de integrais.

Em uma pesquisa qualitativa feita com questões abertas com os mesmos 25 participantes, a análise dos textos mostrou que houve uma predominância de termos como “importante” (12) e “divertido” ou descontraído (8). Alguns estudantes destacaram o fato do evento ser uma “forma diferente de ensino” (6), que ficaram “empolgados com as celebridades” (3) e que o uso de “chapéus” (3) e “músicas” (2) foram elementos importantes para criar um ambiente propício para o estudo. Alguns estudantes (2) sugeriram que o tempo de resolução proposto para cada questão que deveria ser menor e, assim, poderia haver a resolução de mais exemplos. Além disso, a qualidade técnica dos vídeos em que a comunidade propunha os desafios deveria ser melhorada (4).

5 Conclusão

Por meio dos resultados apresentados, é possível concluir que o Summaê foi uma experiência bastante aceita pelos estudantes e professores e é uma atividade que motiva os estudantes a participarem ativamente da experiência educativa que visa ao estudo de integrais. Além disso, a aprendizagem foi mais dinâmica e prazerosa, possuindo vários elementos motivadores para os estudantes tais como a participação da comunidade, uma mesa com vários professores com perfis diferentes, apresentações artísticas e o PBL intensivo realizado no final do evento.

Apesar do problema proposto aos alunos não possuir relação imediata com a atividade profissional ou a prática dos futuros engenheiros, ainda assim foi capaz de extrair diversos aspectos positivos esperados em atividades tradicionais em PBL como a busca de soluções abertas, discussões em grupo, busca pelo consenso, avaliação das soluções e alto grau de envolvimento com os problemas propostos.

Segundo os resultados obtidos, foi possível verificar que os estudantes se mostraram mais receptivos e motivados com o Summaê na comparação com a metodologia convencional, onde grande parte dos estudantes destacou em questões abertas que se mostram “empolgados com celebridades” e que o Summaê

é uma "forma diferente de ensino", sendo uma atividade "interessante", "descontraída", "importante" e "motivadora".

Para complementar o trabalho atual, pretende-se verificar a retenção dos conceitos trabalhados com o Summaê por meio de ferramental já conhecido de pesquisadores da aprendizagem significativa como, por exemplo, fazendo uso dos mapas conceituais.

Pretende-se também realizar pequenos ajustes no formato da atividade como, por exemplo, diminuição no tempo utilizado para sua realização e atuar na melhora da qualidade técnica dos vídeos. Na próxima oportunidade, também serão convidados os próprios estudantes para realizarem a solução dos problemas no palco e assim aumentar a integração dos mesmos na atividade.

Referências Bibliográficas

Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: a cognitive view. Nova York: Holt, Rinehart and Winston.

Ausubel, D. P. (2003). Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Porto – Portugal: Plátano.

Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis. Learning and Instruction, v. 13, p. 533–568.

Fragelli, R. R. (2010) Uma abordagem de Redes Quantizadas para Modelagem de Domínio em Sistemas de Tutoria Inteligentes. Brasília, 2010. Tese (Doutorado em Ciências Mecânicas) – Programa de Doutorado em Ciências Mecânicas, Universidade de Brasília, Brasília.

Fragelli, R.R., Mendes, F.M. (2011). Batalha Naval dos Extremos Locais: Jogos de Aprendizagem para o Ensino dos Cálculos. In: PAEE'2011 - Project Approaches in Engineering Education: Aligning Engineering Education with Engineering Challenges, 2011, Lisboa. Third International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE 2011): Aligning Engineering Education with Engineering Challenges. v. 1. p. 91-97.

Freire, P. Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

Gowin, D. B. (1981). Educating. Ithaca, Nova York: Cornell University Press.

Moreira, M. A. (1999). Teorias de Aprendizagem. São Paulo: EPU.

Moreira, M. A. (2006). A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em Sala de Aula. Brasília: Universidade de Brasília.

Novak, J. D. (1977). A Theory of Education. Ithaca, Nova York: Cornell University Press.

Oliveira, T.F. Proposta para Criação de Grupo Tutorial – Edital DEG 07/2010. Universidade de Brasília, 2010.

Perecmanis, J. (2002). O efeito da adaptação à universidade nas aprovações no 1º. semestre. In: ENCONTRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 8. 2002, Juiz de Fora. Trabalhos apresentados. Juiz de Fora, MG: UFJF, 2002. 1 CD-ROM.

Ribeiro, L. R. C. (2008), Aprendizagem Baseada em Problemas-PBL: uma experiência no ensino superior. São Carlos, SP. EDUFSCar.

Ríos, I. de los; Cazorla, A., Díaz-Puente, J.M. & Yagüe, J.L. (2010). Project–based learning in engineering higher education: two decades of teaching competences in real environments, Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 2, ed. 2, p. 1368-1378.

Silva, R.R.C.M. (2002). Avaliação e indicadores para reforma curricular: relatório nº 1. Niterói, RJ: TEQ, UFF.

Silva Filho, R.L; Motejunas, P.R.; Hipólito, O. & Lobo, M.B.C.M.(2007). A Evasão no Ensino Superior Brasileiro. Cadernos de Pesquisa, São Paulo, SP, v. 37, n. 132, p. 641-659.

Incluindo Especificação de Requisitos na Disciplina de Banco de Dados em um Curso de Engenharia de Software

Geoflávia Guilarducci de Alvarenga[*], Andréa Pereira Mendonça[+], Cristiane Soares Ramos[*]

[*] Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama (FGA), Gama-DF, Brasil
[+]Instituto Federal do Amazonas (IFAM), Manaus-AM, Brasil

Email: geoflavia@unb.br, andreapmendonca@ifam.edu.br, CristianeSRamos@unb.br

Abstract

In this paper, we report the application of a teaching method to the context of the Database discipline. This method is called POP-BD and it exposes students to a realistic problem solving process, enabling students to go from requirements specification to the conceptual and logical database design. POP-BD puts into practice typical activities of the Software Engineering together with database content.

Keywords: database discipline; requirements specification; Software Engineering education.

1 Introdução

Nos cursos de graduação em computação, o plano de ensino da disciplina de Banco de Dados (BD) compreende, em geral, uma carga horária destinada ao ensino dos conceitos desta área e a aplicação destes conceitos, por meio da realização de um projeto prático. Este projeto, tradicionalmente, é realizado em pequenos grupos de alunos que recebem do professor a descrição de um cenário e um conjunto de requisitos. Desta forma, o professor atua como um cliente ideal, uma vez que ele fornece a melhor descrição dos requisitos possível. Estes requisitos precisam ser atendidos por meio da criação de um BD e da implementação de operações de consulta, atualização, deleção e inserção de dados. Embora esta abordagem de ensino permita aos alunos estabelecerem uma relação teórica e prática, ela apresenta algumas limitações, dentre as quais destacamos:

- Os estudantes convivem com um perfil de cliente que não corresponde com um perfil de cliente real, que tem dificuldades de expor o problema que precisa ser resolvido e definir os requisitos que precisam ser atendidos;
- Restringe o trabalho dos estudantes, uma vez que estes não lidam com a fase de entendimento do problema e especificação dos requisitos; e,
- Não permite a interação entre o ensino de projeto de BD e as práticas de Engenharia de Software (ES), especialmente aquelas que tratam da identificação, análise e especificação dos requisitos.

Autores consagrados na área (Elmasri & Navathe 2005; Silberschatz *et al.* 2006; Pfleeger 2004) reforçam a necessidade de relacionar estas práticas ao ensino da disciplina de BD. No caso da nossa Instituição de ensino, esse relacionamento é premente, pois ofertamos um curso de ES cuja matriz curricular foi projetada com o objetivo de prover integração entre as disciplinas e pôr em prática a característica interdisciplinar da ES em um campi de Engenharias da Faculdade UnB Gama (FGA).

A disciplina de BD foi planejada de tal modo que ela também contemplasse no seu projeto as práticas referentes ao entendimento do problema e especificação de requisitos, possibilitando aos estudantes tratarem com especificações incompletas, que exigiriam dos mesmos habilidades para elicitação dos requisitos por meio da interação com clientes (tutores voluntários). Assim, os estudantes teriam a possibilidade de vivenciar um cenário mais realista.

Para implementar essas práticas, adotamos a metodologia **Programação Orientada ao Problema (POP)** que se destina ao desenvolvimento de habilidades de elicitação e especificação de requisitos, juntamente com as práticas de programação e testes. POP foi concebida para ser aplicada a estudantes iniciantes de programação de computadores (Mendonça *et al.* 2009; Mendonça 2010).

POP é composta por quatro atividades iterativas que são: Elaborar Especificação Inicial, Iniciar a Implementação, Concluir a Especificação e Concluir a Implementação. Em todas as atividades, testes são utilizados como recursos, ora para auxiliar na descoberta dos requisitos, ora para avaliar a qualidade do código.

Como, originalmente, POP foi proposto para a disciplina de programação de computadores, nós tivemos que realizar algumas adaptações para que a metodologia de POP atendesse as demandas da disciplina de BD.

Neste artigo, nós relatamos as adaptações realizadas em POP, sua implementação em uma disciplina de BD do curso de graduação em ES da FGA e os resultados preliminares deste trabalho.

Este trabalho está organizado em seções. Na Seção 2, apresentamos uma visão geral das adaptações feitas em POP para adequação ao ensino introdutório da disciplina BD e, em seguida, a implementação dessas adaptações. Na Seção 3 apresentamos uma avaliação sucinta de POP-BD. Finalizando, na Seção 4 são apresentadas as considerações finais.

2 Adaptação de POP e sua Implementação na disciplina de BD

POP é uma metodologia de ensino caracterizada por um conjunto de atividades que podem ser incluídas em disciplinas introdutórias de programação. Constitui-se por um ciclo de resolução de problemas mal definidos. Todo ciclo põe em prática atividades típicas da Engenharia de Software tais como, elicitação e especificação de requisitos, testes e programação (Mendonça 2010). Suas fases e principais atividades são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 2: Fases e Atividades de POP.

Fases	Atividades	Artefatos produzidos (ou saídas)	Participantes
Planejamento	-Definir cronograma. -Definir critérios de avaliação. -Definir recursos de apoio.	-Cronograma da disciplina. -Plano de avaliação. -Plano de recursos.	Professor.
Preparação	-Elaborar problema. -Produzir artefatos de referência. -Definir prazos. -Orientar clientes-tutores. -Planejar divisão da turma.	-Problema mal definido. -Especificação de referência, Casos de testes de referência, Implementação de referência. -Prazos e produtos de entrega. -Guia para clientes-tutores. -Plano de divisão dos grupos.	Professor.
Execução	-Entender/refinar entendimento. -Solucionar problema.	-Documento de especificação, Casos de teste de entrada/saída. -Programa, Testes automáticos.	Cliente-tutor, Professor, Aluno.
Avaliação	-Avaliar aluno. -Avaliar procedimentos. -Avaliar dificuldades dos alunos. -Avaliar dificuldades dos clientes-tutores.	-Avaliação do aluno. -Sugestões de melhoria.	Cliente-tutor, Professor, Aluno.

As descrições dos papéis e das responsabilidades necessárias à execução de POP são: (a) professor - planeja a aplicação de POP na disciplina, provê os recursos necessários, acompanha a execução e realiza a avaliação do processo; (b) aluno - executa o ciclo de resolução de problemas, produz os artefatos esperados atuando como especificador de requisitos e programador; (c) clientes-tutores - professores ou estudantes mais experientes no curso que atuam como clientes. Eles têm as funções de: apresentar o problema mal definido aos estudantes; responder aos questionamentos dos alunos sobre os requisitos que precisam ser atendidos; e auxiliar o professor da disciplina na avaliação do comportamento, produção dos alunos e do processo de execução de POP. Cabe destacar que os clientes-tutores baseiam-se em um conjunto de requisitos de referência para responder aos questionamentos dos estudantes. Tanto o problema mal definido quanto os requisitos de referência são elaborados previamente pelo professor da disciplina (Mendonça 2010).

As atividades de POP são organizadas em um ciclo de resolução de problemas que guia as ações dos estudantes para o cumprimento das entregas e produção dos artefatos (Mendonça *et al.* 2009; Mendonça 2010). Como a metodologia POP é específica para disciplinas de programação de computadores, foi preciso

fazer adaptações em POP para o contexto da disciplina introdutória de BD. Essa adaptação foi denominada de **POP-BD**. A Tabela 2 apresenta as fases e principais atividades que foram adaptadas de POP para atender às necessidades da disciplina de BD.

Tabela 2: Fases e Atividades de POP-BD.

Fases	Atividades	Artefatos produzidos (ou saídas)	Participantes
Planejamento	-Definir cronograma. -Definir critérios de avaliação. -Definir recursos de apoio.	-Cronograma da disciplina de BD. -Plano de avaliação. -Plano de recursos.	Professor.
Preparação	-Elaborar problema. -Produzir artefatos de referência. -Definir prazos (ou *deadlines* de entrega). -Orientar clientes-tutores. -Planejar divisão da turma.	-Definição dos temas de estudos de caso mal definidos (ou problemas mal definidos). -Especificação de referência dos requisitos de dados dos temas. -Prazos e produtos de entrega. -Guia para clientes tutores. -Plano de divisão dos grupos.	Professor.
Execução	-Entender/refinar entendimento. -Solucionar problema.	-Especificação de requisitos de dados, Especificação das consultas ao BD para testes no BD, Projeto Conceitual de BD (Diagrama de Entidade-Relacionamento e Dicionário de Dados), Projeto Lógico de BD, Projeto de Implementação (*scripts* em *SQL-Structured Query Language*).	Cliente-tutor, Professor, Aluno.
Avaliação	-Avaliar aluno. -Avaliar procedimentos. -Avaliar dificuldades dos alunos. -Avaliar dificuldades dos clientes-tutores.	-Avaliação do aluno. -Sugestões de melhoria.	Cliente-tutor, Professor, Aluno.

POP-BD também se concentra na resolução de problemas mal definidos elaborados, previamente, pelo professor da disciplina. Em nosso caso, denominamos o ciclo de resolução de problemas de POP-BD. Antes de iniciar o ciclo de POP-BD, a turma é dividia em grupos de estudantes (5±2 estudantes) e cada grupo é apresentado a um cliente-tutor. O ciclo inicia com o cliente-tutor apresentando um problema mal definido (ou estudo de caso mal definido) para o seu respectivo grupo. Cada grupo de estudante deve interagir com seu respectivo cliente-tutor para esclarecer os requisitos que devem ser atendidos, consolidando o seu entendimento do problema na forma de uma especificação de requisitos dos dados. Esta especificação é um pré-requisito para as demais atividades: construção do Projeto Conceitual de BD (Diagrama de Entidade-Relacionamento e Dicionário de Dados) e Projeto Lógico de BD (*scripts* em *SQL - Structured Query Language*).

2.1 Implementação de POP-BD

O 1º experimento de POP-BD foi aplicado em uma turma da disciplina de BD do 2o. semestre de 2010 do curso de graduação em ES da FGA. Os alunos não tinham nenhuma experiência com requisitos de software. A turma totalizava 23 alunos, os quais foram divididos em 6 grupos, sendo: 5 grupos contendo 4 alunos e 1 grupo contendo 3 alunos. A decisão dos integrantes dos grupos foi de responsabilidade dos alunos.

Para implementar POP-BD, definimos somente 3 temas de estudos de caso mal definidos, logo, cada 2 grupos trabalharam com um mesmo tema. A definição e distribuição dos temas entre os grupos foi definida pela professora responsável. Os temas definidos foram: tema 1 - Controle de Acervo Pessoal; tema 2 - Controle de Atendimento Ambulatorial; tema 3 - Controle de Locação de Salas.

Nos ciclos de POP cumpri-se 3 prazos de entrega (*deadline*), porém em POP-BD há um único ciclo com 4 *deadlines*. O aumento do número de entregas foi necessário para acompanhar o cronograma de ensino de conteúdo em BD.

No primeiro *deadline*, foi exigido de cada grupo de estudantes a entrega dos seguintes artefatos: documento inicial de especificação dos requisitos de dados, versão inicial do projeto conceitual do BD (composto por um Diagrama de Entidade-Relacionamento (DER) mais Dicionário de Dados) e registro (*log*) de todas as interações e/ou comunicações com o cliente-tutor.

Em POP-BD, os estudantes trabalham durante todo o ciclo em grupos e todos os artefatos produzidos são resultantes desse trabalho em grupo, diferentemente de POP que orienta que os estudantes trabalhem ora de forma cooperativa, ora de forma individual.

POP orienta que ocorram interações presenciais entre os grupos de alunos e seus respectivos clientes-tutores, porém, em POP-BD, optamos por interações remotas, isto é, através de um fórum de discussões dedicado a cada grupo e disponibilizado por meio do ambiente de aprendizagem *Moodle*.

Durante as interações, os estudantes foram orientados a postar suas dúvidas ao cliente-tutor e conduzir diálogos para entender os requisitos que deveriam estar contemplados no projeto de BD a fim de prover uma solução adequada para o problema proposto (tema do estudo de caso). Além disso, era responsabilidade do grupo registrar os requisitos no documento de especificação e mantê-lo atualizado.

Após o primeiro *deadline*, o professor da disciplina dá um parecer aos grupos sobre os artefatos produzidos contendo orientações para que possam refinar e/ou modificar os artefatos. Esse parecer tem o intuito de verificar a ocorrência de "defeito" na especificação, isto é, ocorrência de ambiguidades, contradições e falta de requisitos. Nessa oportunidade, o professor também toma conhecimento sobre as dificuldades dos grupos visando auxiliá-los na superação dessas dificuldades.

Dado esse parecer, cada grupo deve perceber esses "defeitos" para que retomem novas interações com o cliente-tutor até se certificarem que todos os requisitos do esquema do BD foram esclarecidos. O grupo deve, também, atualizar o documento de especificação dos requisitos de dados, gerando uma versão final dessa especificação e proceder demais modificações necessárias no projeto conceitual do BD.

Nesta etapa, os grupos têm todos os requisitos esclarecidos junto ao cliente-tutor. Assim, eles devem produzir a versão final dos 3 artefatos iniciados até o segundo *deadline*.

Após o segundo *deadline*, os grupos têm em mãos a versão final do documento de especificação, assim estão aptos a cumprir as demandas do terceiro *deadline* que corresponde à construção do projeto lógico do BD: DER mapeado para o modelo Relacional mais Dicionário de Dados (DD) correspondente (Elmasri & Navathe 2005; Silberschatz *et al.* 2006).

Efetivada esta etapa, os grupos terão de produzir os artefatos do quarto e último *deadline* do ciclo de POP-BD. Para isto, os grupos devem produzir os seguintes artefatos: projeto de implementação (projeto de implementação é composto por um conjunto de *scripts* na linguagem *SQL - Structured Query Language* que serão compilados em um SGBD Relacional) (Elmasri & Navathe 2005; Silberschatz *et al.* 2006), registro de validação das consultas ao BD com o cliente-tutor, definição dos papéis ou tarefas realizadas por cada integrante do grupo e registro das dificuldades do grupo em relação à confecção do trabalho.

Ao final do ciclo, cada grupo tem construído todos os artefatos demandados na disciplina. A produção dos estudantes é exibida na forma de uma apresentação presencial (durante a aula da disciplina) feita por cada grupo aos demais colegas da turma e para o professor. Todo o ciclo de POP-BD dura aproximadamente três meses, dado que o ciclo precisa estar ajustado ao cronograma de ensino dos conteúdos na disciplina de BD.

De posse de todos os artefatos entregues pelos grupos, o professor procede com a avaliação dos trabalhos dos grupos.

Destacamos nesse 1o. experimento: não foi entregue aos grupos um modelo padrão para documentação da especificação de requisitos de dados e do dicionário de dados, logo cada grupo fez o seu modelo e também criou a identificação própria para cada requisito identificado; os grupos não foram orientados em como organizar a descrição dos requisitos no documento de especificação. Com isso, muitos grupos documentaram requisitos de forma agrupada, isto é, uma única descrição agrupava vários requisitos.

Assim como se cumpre no ciclo de POP, em POP-BD os estudantes também trabalham no espaço do problema e da solução, praticando atividades da ES, tais como, elicitação e especificação de requisitos, codificação de esquemas de BD, entre outras (Mendonça 2010).

3 Avaliação de POP-BD

Nesta seção apresentamos, sob três perspectivas, uma avaliação sucinta de POP-BD.

3.1 Avaliação do Desempenho dos Estudantes

Foi avaliado em POP-BD, conforme orientações de POP, a versão final de dois artefatos: documentos de especificação de requisitos de dados e a implementação dos *scripts* de BD compilados em um SGBD Relacional (os *scripts* são os artefatos principais do último *deadline*). Para cada artefato, seguimos os mesmos procedimentos para avaliação e os critérios adotados em POP (Mendonça 2010).

No documento de especificação, inspecionamos a quantidade de requisitos documentados por cada grupo e a quantidade de requisitos documentados corretamente, isto é, requisitos escritos sem "defeitos". Requisitos ambíguos, contraditórios, incorretos e irrelevantes foram considerados requisitos com defeito. Para realizar a inspeção nos documentos de especificação e classificar os tipos de defeitos utilizamos as técnicas, respectivamente, *Defect-Based Reading (DBR)* (Porter *et al*. 1995) e a taxonomia de defeitos definida em (Shull *et al*. 2000).

Na implementação dos scripts de BD, avaliamos a quantidade de requisitos implementados, isto é, quantos dos requisitos documentados foram, de fato, implementados no BD. Os resultados obtidos na avaliação dos destes artefatos estão sumarizados na Figura 1.

	Tema 1		Tema 2		Tema 3	
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
QRD: Quant. de requisitos documentados pelo grupo de estudantes.	94,1%	58,8%	100,0%	100,0%	80,0%	43,3%
QRDf: Quant. de requisitos documentados com defeito: req. ambíguo, contraditório, incorreto e irrelevante.	17,6%	11,8%	0,0%	26,7%	30,0%	13,3%
QRA: Quant. de requisitos atendidos ou implementados.	70,6%	29,4%	100,0%	53,3%	36,7%	16,7%

Figura 1: Coleta de dados do 1º Experimento.

Como podemos observar na Figura 1, com respeito a variável QRD, identificamos que apenas dois grupos (Grupo 2 e Grupo 6) documentaram menos de 60% dos requisitos desejados pelo cliente-tutor. Os demais grupos registraram em seus documentos de especificação mais de 80% dos requisitos. Quanto aos requisitos documentados corretamente (ou sem defeitos), verificamos que em todos os grupos a porcentagem de requisitos documentados corretamente foi maior ou igual a 70%. No grupo 3, todos os requisitos documentados estavam corretos, havendo, neste caso, 0% de defeito na documentação.

Em nossa avaliação constatamos que na variável QRDf o tipo de defeito "requisito incorreto" foi o tipo de defeito mais frequente, ocorrendo em 90.9% em relação ao total de defeitos encontrados nos documentos de especificação de requisitos. Este fato nos revelou o quanto os estudantes têm dificuldades em descrever o requisito corretamente de acordo com o problema. Para exemplificarmos este tipo de defeito, citamos um trecho da especificação do Grupo 4, ao tratar sobre consultas de pacientes: "Consulta de pacientes considerando tipos de doenças". O requisito correto deveria considerar os tipos de doenças, tal como: "Consulta de pacientes considerando os seguintes tipos de doenças: hipertensão grave, apnéia e bradipnéia". Os requisitos incorretos impactaram também na implementação, isto é, a implementação não estava em conformidade com a real necessidade do cliente-tutor.

Com base no desempenho dos estudantes, destacamos alguns aspectos comportamentais ocorridos na maioria dos grupos:

- Constatamos algumas dificuldades como: formular questões aos clientes-tutores; contactar com o cliente-tutor (caso ocorrido quando o cliente-tutor não responde ao contato sobre dúvidas, ou demora muito em responder); e validar as consultas para o BD com o cliente-tutor.
- Contato com o cliente-tutor para esclarecer dúvidas de requisitos sempre na véspera da entrega dos artefatos.

- Produção de artefatos inconsistentes entre si, por exemplo: alguns requisitos não constam no documento de especificação e foram implementados parcialmente no SGBD ou constam no documento de especificação e não foram implementados.

Em ambos os aspectos, os prazos dados para confecção dos artefatos não foram curtos. Isto nos indica a necessidade de melhor acompanhamento do processo. Não constatamos erros de implementação que nos revelasse a necessidade de melhorar o conteúdo da disciplina de BD nos aspectos de implementação. No entanto, constatamos a dificuldade dos estudantes em compreenderem bem o problema e descrevê-lo.

3.2 Avaliação das Dificuldades do Professor em Implementar POP

Da perspectiva do professor, citamos as principais dificuldades:

- Elaborar tema de estudo de caso cujo conteúdo seja equilibrado entre a maturidade de conhecimento dos estudantes e o conteúdo abordado na disciplina de BD;
- Conseguir demonstrar no início do ciclo POP-BD o quanto um projetista de BD precisa ter um bom entendimento dos requisitos para conseguir um esquema implementado em SGBD condizente com a realidade do problema;
- Acompanhar pontualmente todas as atividades do ciclo para que os estudantes evitem entregas com atrasos e retrabalhos.

3.3 Avaliação sob a Perspectiva do Cliente-Tutor

Da perspectiva do cliente-tutor, observou-se que os estudantes, embora tenham sido motivados a iniciar as iterações o mais rápido possível, recorreram aos clientes-tutores apenas dias antes da data de entrega dos artefatos, o que inviabilizava uma discussão efetiva sobre os requisitos. Outros aspectos relevantes identificados durante as reuniões remotas foram:

Os estudantes esperavam que o cliente-tutor especificasse para eles os tipos de dados e tamanhos dos campos, para isso faziam as perguntas utilizando termos técnicos específicos da área de BD;

As dúvidas eram feitas de forma superficial, levando a entender que os estudantes não pensavam no problema a ser solucionado.

Devido às dificuldades encontradas nas interações remotas, o cliente-tutor convidou os grupos para reuniões presenciais que foram realizadas com um pouco mais de uma hora de duração. Diferentemente das interações remotas, os estudantes mostraram-se motivados e envolvidos com tema do trabalho, passaram naturalmente das questões mais genéricas às mais específicas (a fim de detalhar os requisitos), questionavam respostas inconsistentes e/ou conflitantes e sugeriam a inclusão de novos requisitos.

4 Considerações Finais

No 1o. experimento de POP-BD não seguimos um processo metodológico rigoroso das ameaças à validade da metodologia, tal como, verificar antecipadamente se todos os estudantes não tinham experiência com especificação de requisitos. Isso se deve ao fato de termos priorizado a adaptação de POP à disciplina de BD e a observação dessa adaptação, para depois incorporarmos os procedimentos mais sistemáticos de observação.

Como trabalhos futuros, em um próximo experimento de POP-BD, pretendemos analisar e propor soluções para os aspectos comportamentais comentados na Seção 3.1; incluir reuniões presenciais, conforme consta em POP; definir um modelo padrão para documentar a especificação de requisitos de dados e o dicionário de dados; reorganizar os artefatos de referência de forma que cada descrição de requisito de um estudo de caso esteja de forma atômica; elaborar um questionário para os alunos responderem ao final do ciclo, a fim de coletarmos a opinião deles sobre a experiência praticada.

Adaptar POP ao contexto da disciplina de BD foi um desafio inovador em nossa metodologia tradicional de ensino de BD. Os resultados publicados da avaliação de POP em (Mendonça 2009) nos motivou nesse desafio e, por meio do nosso 1o. experimento, tivemos a oportunidade de comprovar que a metodologia possibilita resultados promissores no desenvolvimento das habilidades dos estudantes para lidar com atividades de entendimento de problemas, documentação de especificação de requisitos e vivência de situações próximas da realidade de um projeto de desenvolvimento de software. Além disso, nós buscamos priorizar a multidisciplinaridade por estarmos atuando em um curso de graduação em ES dentro de um campus de graduações em engenharias, logo, a adaptação de POP ao contexto da disciplina de BD está sendo uma

iniciativa de multidisciplinaridade, pois nos proporciona a interligação da matéria estudada em BD e as práticas das disciplinas de ES.

Referências

Elmasri, R. & Navathe, S. B. (2005). Sistemas de Banco de Dados. 4a.edição.

Mendonça, A., Chaves, D., Guerrero, D., & Costa, E. (2009). Tratando Especificação de Requisitos com Estudantes Iniciantes de Programação. Fórum Engenharia de Software do XXIII Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 25–32, Fortaleza, CE.

Mendonça, A. P. (2010). Programação Orientada ao Problema: Uma Metodologia para Entendimento de Problemas e Especificação no Contexto de Ensino de Programação para Iniciantes. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

Pfleeger, S. L. (2004). Engenharia de Software. Teoria e Prática. Pearson Education do Brasil, 2a.edição.

Silberschatz, A., Korth, H. F., & Sudarshan, S. (2006). Sistema de Banco de Dados. 5a.edição.

Porter, A., Jr., L. V., & Basili, V. (1995). Comparing detection methods for software requirements inspections: A replicated experiment. IEEE Trans.Soft.Eng., 563-575.

Shull, F., Rus, I., & Basili, V. (2000). How perspective-based reading can improve requirements inspections. Computer, 73-79.

Diferentes abordagens de resolução do problema da menor malha viária de Jacob Steiner

Marcos de Miranda Paranhos[*], Dra Ana Lúcia Manrique[+]

[*] Departamento de Métodos Quantitativos, Faculdade de Economia, PUC-SP, Campus Monte Alegre, 05014-901 São Paulo, Brasil
[+]Departamento de Matemática, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, PUC-SP, Campus Marquês de Paranaguá, 01303-050 São Paulo, Brasil

Email: paranhosm@ig.com.br , manrique@pucsp.br

Abstract

The aim of this paper is to reflect on the different points of view to work with a question in mathematics. It will be solved the problem of connecting three or more points in the plane through a total path of minimum length, proposed by Jacob Steiner (1796 to 1863). The problem has originally geometric resolution and will be resolved through the use of dynamic geometry software and the differential calculus, exploring different approaches to problem solving in mathematics teaching as an alternative.

Keywords: Calculus, Geometry, Dynamics, Mathematics Education.

Resumo

O objetivo desse artigo é fazer uma reflexão sobre os diferentes pontos de vista para abordar e tratar uma questão na Matemática. Será resolvido o problema da conexão de três ou mais pontos no plano por meio de um caminho total de comprimento mínimo, proposto por Jacob Steiner (1796–1863). O problema que originalmente têm resolução geométrica será resolvido através do uso de software de geometria dinâmica e pelo Cálculo Diferencial, explorando as diferentes abordagens de questões na Matemática como alternativa didática.

Palavras chave: Cálculo Diferencial, Geometria Dinâmica, Educação Matemática.

1 Introdução

Este artigo traz o problema da menor malha viária proposto por Jacob Steiner, que tem solução e não é óbvia, nem intuitiva, por isso desperta a curiosidade no sentido do esclarecimento dos princípios que determinam tal solução. O problema pode ser apresentado a alunos de diferentes níveis de escolaridade. Aqui discutiremos quatro alternativas de resolução e seus níveis de conhecimento, sendo uma geométrica, outra por meio de Geometria Dinâmica usando o software Geogebra e duas resoluções analíticas feitas com o Cálculo Diferencial, utilizando o software Winplot.

A questão didática presente é a das diferentes possibilidades que a Matemática apresenta na abordagem da resolução de um problema (Paranhos, 2009).

2 O problema

Jacob Steiner (1796 -1863), geômetra de tradição grega, aluno de Pestalozzi em seu instituto para crianças pobres, próximo de Zurich, Alemanha, foi o primeiro a propor o problema da conexão de três ou mais pontos no plano por meio de um caminho total de comprimento mínimo.

Conforme Mello (2005), do ponto de vista prático, o problema pode ser apresentado da seguinte forma: se quisermos construir estradas ligando quatro cidades, qual é a configuração da malha viária mais curta possível? Para simplificar a análise do problema, admitiremos que cada cidade esteja localizada no vértice de um quadrado de lado unitário (figura 1).

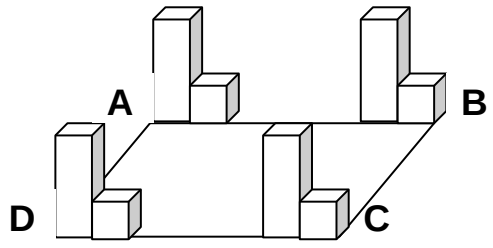


Figura 4: As cidades.

Chamemos de caminho L qualquer ligação que conecte o vértice A ao C do quadrado. Para que exista um caminho que conecte os quatro vértices do quadrado, B e D devem se conectar ao caminho L. Chamaremos os pontos de conexão de B e D com L de X e Y, respectivamente (esses pontos são chamados de pontos de Steiner). A figura 2 apresenta algumas possibilidades de ligação entre os vértices do quadrado.

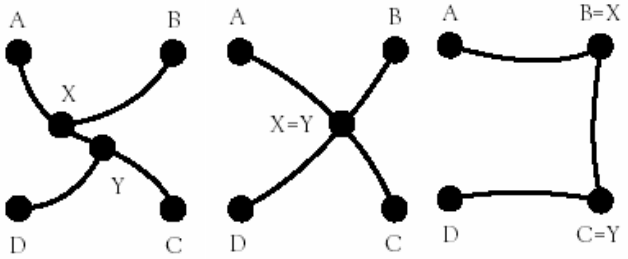


Figura 2: Pontos de Steiner.

Se a solução do problema fosse alguma configuração de malha com um único ponto de Steiner, ou seja, uma solução com X = Y, a mais curta configuração possível seria aquela das diagonais. Contudo, as malhas das figuras seguintes, que possuem dois pontos de Steiner, constituem uma configuração mais curta do que a das diagonais, o que implica dizer que a configuração da menor malha viária não pode ter apenas um ponto de Steiner. Melo (2005) apresenta a prova que entre todas as malhas com dois pontos de Steiner, a terceira apresentada na figura 3 é a de menor comprimento total.

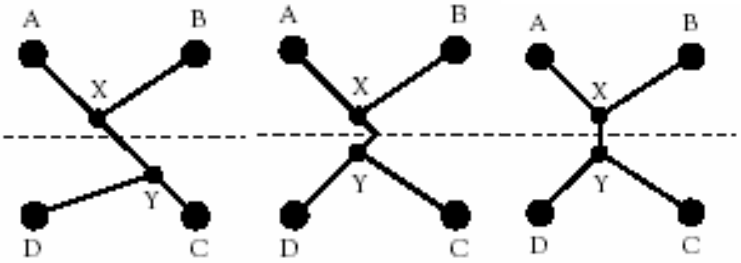


Figura 3: Pontos de Steiner.

A resolução geométrica foi demonstrada por Melo (2005) e vale observar na situação da malha de comprimento mínimo a formação de três ângulos de 120° em torno de cada ponto de Steiner, conforme figura 4.

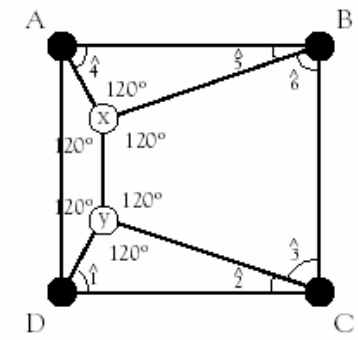


Figura 4: Pontos de Steiner.

A abordagem geométrica, embora não apresentada de forma completa, requer além de conhecimentos básicos de geometria, conhecimentos de trigonometria, de relações métricas nos triângulos e de tangência.

3 A questão didática

A análise de uma situação feita nos diferentes campos da matemática é conduta bastante comum tanto de professores como de alunos. Douady *apud* Almouloud (2007) evidencia a importância da formação de imagens mentais na construção de conhecimentos e resolução de problemas. Nesse processo, a mudança de quadro matemático (algébrico, geométrico, da geometria analítica etc), tem a intenção de mobilizar novas ferramentas que não se apresentavam na análise de apenas um quadro. Quadros matemáticos diferentes podem comportar um mesmo problema e apresentar diferentes encaminhamentos para a sua solução. Já o uso do jogo de quadros está reservado à iniciativa do professor com a intenção de encaminhar a evolução das idéias a serem atingidas.

A mudança de ponto de vista, segundo Rogalsky *apud* Almouloud (2007), também está presente nessa análise, porém com a ressalva de que um mesmo quadro pode apresentar diferentes pontos de vista, ou seja, diferentes maneiras de considerar em uma questão matemática.

A Engenharia Didática é a construção e a exploração de situações de aprendizagem sobre temas precisos de ensino. Essas situações visam relacionar o professor, os alunos e um elemento do saber matemático, objeto da aprendizagem. A análise dessas noções por Douady mostra que a dialética ferramenta-objeto e as mudanças de quadros são instrumentos poderosos de análise, permitindo uma certa leitura da evolução de noções matemáticas e também instrumentos para a análise da aprendizagem efetivamente existente. A dialética ferramenta-objeto e os jogos de quadros podem ser ferramentas poderosas para a construção e gestão de engenharias didáticas.

4 Resoluções

4.1 Resolução pela Geometria Dinâmica

A ideia é encontrar a solução do problema por meio do uso de software de geometria dinâmica que permita a montagem da situação e a variação de posições até que se obtenha a solução. O problema traz condições que são a disposição entre as quatro cidades e suas distâncias, essas informações produzem um trajeto. Construída a situação dinâmica com o software Geogebra, dois pontos móveis (mover1 e mover2), produzem a variação do trajeto, conforme figura 5 e figura 6, respectivamente.

O Geogebra é um software matemático que reúne geometria, álgebra e cálculo. Ele foi desenvolvido por Markus Horenwarter da Universidade de Salzburg para educação matemática nas escolas e é gratuito. Disponível em http://www.geogebra.org/cms/.

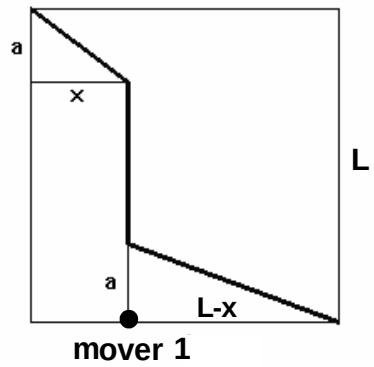


Figura 5: Variação horizontal

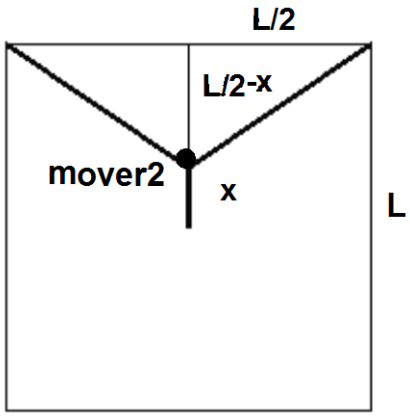


Figura 6: Variação vertical

Transportando para o sistema cartesiano, as posições desses pontos e o valor do trajeto criam dois lugares geométricos que coincidem com as funções:

f(x) = $\sqrt{x^2 + a^2} + \sqrt{(L-x)^2 + a^2} + L - 2a$ (mover 1 varia o trajeto pela horizontal)

g(x) = $2\sqrt{(\frac{L}{2} - x)^2 + (\frac{L}{2})^2} + x$ (mover 2 varia o trajeto pela vertical)

O software Geogebra, utilizado na construção dinâmica do problema, traça os gráficos dessas funções de onde se obtém uma solução que coincide com a solução geométrica (ângulo de 120° em torno dos pontos de Steiner) e numérica (pelo Cálculo Diferencial).

A seguir as figuras 7, 8 e 9 apresentam quadrados de lado 9 produzidos com o software Geogebra com algumas posições possíveis para os pontos de Steiner.

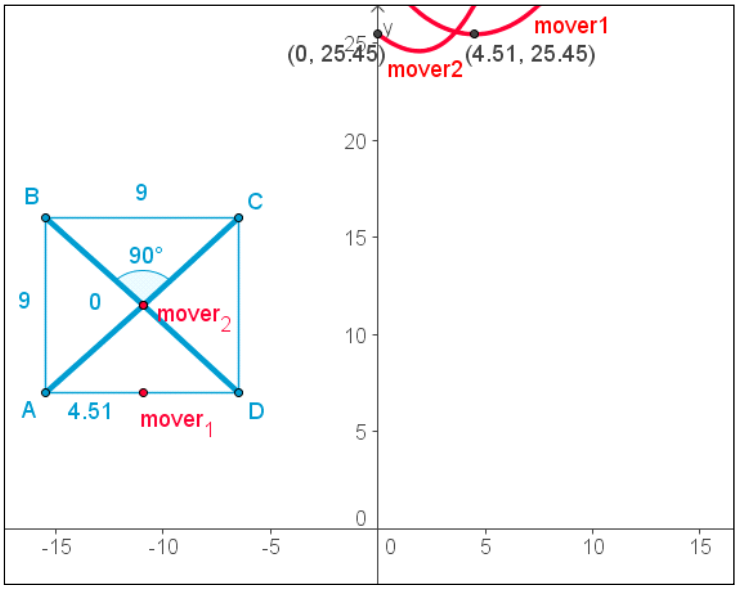


Figura 7: Posição 1.

Na figura 9, a que apresenta a solução do problema de comprimento mínimo, foi constatado que o ponto de mínimo na parte que varia o trajeto pela horizontal (mover1) é aproximadamente 4,5 e que na parte que varia o trajeto pela vertical (mover2) é aproximadamente 1,94, podendo-se observar o ângulo de 120° em torno do ponto de Steiner. Também apresenta o gráfico da derivada da função g(x), que varia o trajeto pela vertical, apresentando o mesmo valor para x quando a função derivada é nula, conforme discussão a seguir.

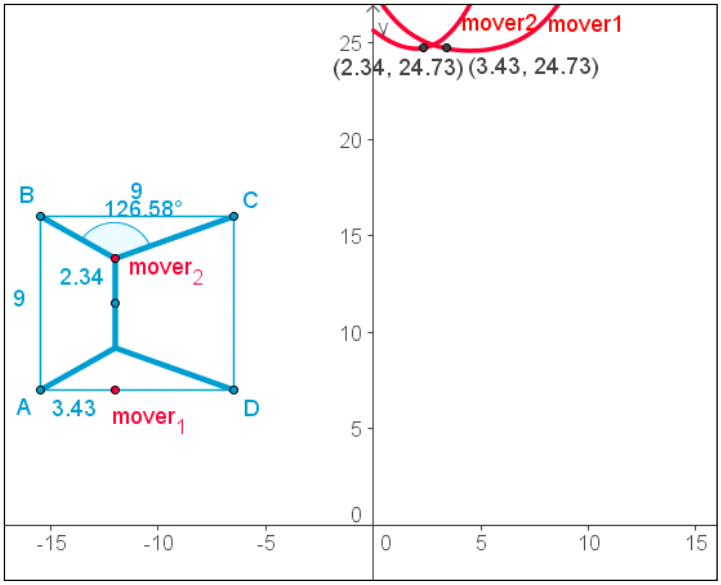


Figura 8: Posição 2.

A abordagem feita com o software pode ser apresentada a alunos que contam com conhecimentos básicos de geometria e de funções, será também interessante que tenham algum domínio do software para que não sejam apenas espectadores. A maior dificuldade apresentada no uso do software acontece no momento de se transportar as medidas da figura para os eixos x e y, onde se usa uma homotetia do ponto (1,0) com relação à origem, de fator no valor da medida.

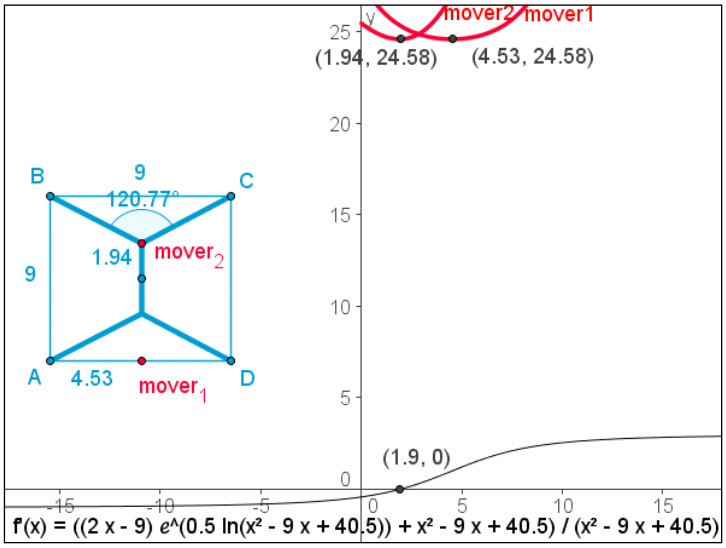


Figura 9: Posição 3.

Muitas vezes, as necessidades imediatas de um pesquisador são atendidas por um modelo parcial e simples, o qual não comporta todas as variáveis que possam influenciar na dinâmica do fenômeno estudado (Bassanezzi, 1999). Portanto, nesta abordagem, a função e a derivada não são mencionadas.

4.2 Resolução pelo Cálculo Diferencial (função com uma variável)

A otimização de funções no Cálculo Diferencial baseia-se na ideia de que em um ponto de máximo ou mínimo da função, a derivada é nula. Assim sendo, determinada a função que gera o trajeto, basta otimizá-la.

Consideremos a função que varia o trajeto pela horizontal (mover1)

$$f(x) = \sqrt{x^2 + a^2} + \sqrt{(L-x)^2 + a^2} + L - 2a$$

Otimizando-a temos:

$$f'(x) = \frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}} + \frac{x + L}{\sqrt{(L - x)^2 + a^2}}$$

$f'(x) = 0$

$$\frac{x}{\sqrt{x^2 + a^2}} = \frac{x + L}{\sqrt{(L - x)^2 + a^2}}$$, considerando $x \neq L$

$2a^2Lx + a^2L^2 = 0$

$$x = \frac{a^2L^2}{2a^2L}$$, considerando $a \neq 0$

$x = L/2$

Consideremos a função que varia o trajeto pela vertical (mover2):

$$g(x) = 2\sqrt{(\frac{L}{2} - x)^2 + (\frac{L}{2})^2} + x$$

Otimizando-a temos:

$$g'(x) = \frac{2x - L}{\sqrt{(\frac{L}{2} - x)^2 + (\frac{L}{2})^2}} + 1$$

$g'(x) = 0$

$3x^2 - 3Lx + L^2/2 = 0$

$x = (3L - L\sqrt{3})/6$

$x = L(3 - \sqrt{3})/6 \cong 0{,}211L$

A abordagem feita pelo Cálculo Diferencial (função com uma variável) destina-se a alunos em que se está introduzindo o conhecimento da derivada para função com uma variável e suas aplicações. O nível de dificuldade com o software permanece o mesmo, pois a derivada é realizada pelo software sem dificuldade.

A Modelação Matemática é um método que usa a essência da Modelagem Matemática para ensinar (Biembengut, 2000). A modelação é uma alternativa didática que apresenta importantes recursos de visualização e de concentração de informações na montagem de problemas de Cálculo Diferencial.

4.3 Resolução pelo Cálculo Diferencial (função com duas variáveis)

Para utilizar a otimização de funções com duas variáveis no Cálculo Diferencial, necessitamos determinar a função que gera o trajeto, conforme figura 10.

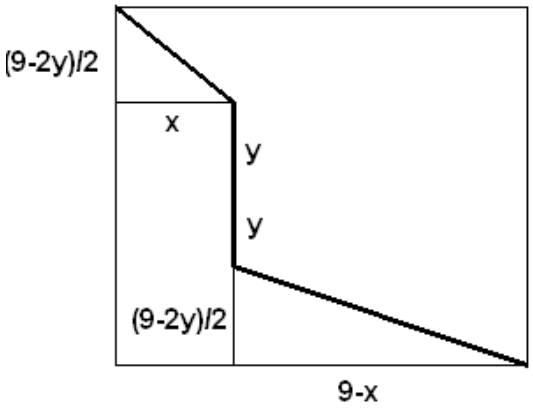


Figura 10: A situação

Temos que a função de duas variáveis que varia o trajeto é:

$$F(x,y) = 2\sqrt{x^2 + (\frac{9-2y}{2})^2} + 2\sqrt{(9-x)^2 + (\frac{9-2y}{2})^2} + 2y$$

O Cálculo Diferencial oferece condições para acharmos os pontos de mínimo dessa função F, entretanto os propósitos desse artigo são os de apresentar uma análise do gráfico dessa função para determinar seu ponto de mínimo. Assim, transportando a função F para o software Winplot, podemos analisar seu gráfico tridimensional e, usando os recursos do mesmo, estimar a solução que se aproxima da solução geométrica conforme figura 11.

O Winplot é um programa gráfico e gratuito. Foi desenvolvido pelo professor Richard Parris da Phillips Exeter Academy, USA. Disponível em http://math.exeter.edu/rparris/winplot.html

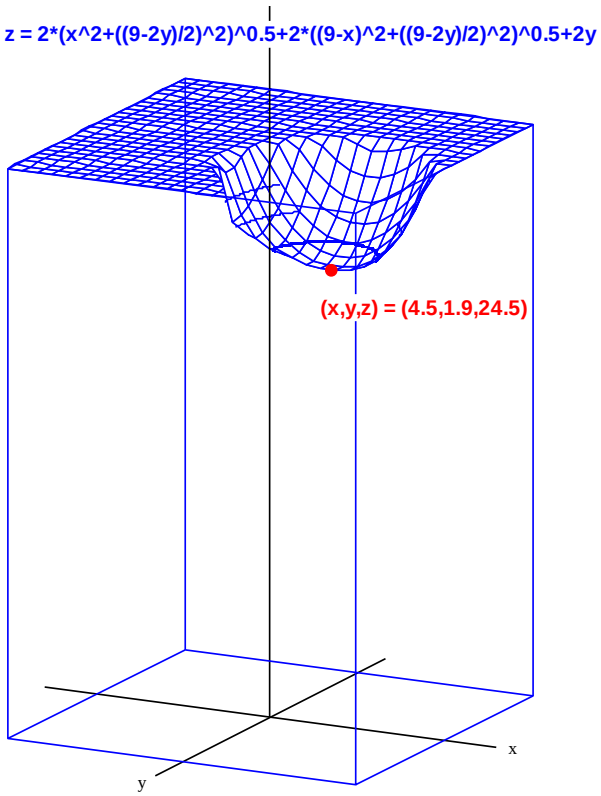


Figura 11: Gráfico da função de duas variáveis

A abordagem feita pelo Cálculo Diferencial (função com duas variáveis) destina-se a alunos em que se está introduzindo o conhecimento de função com duas variáveis e derivadas parciais. O software Geogebra não trabalha funções com duas variáveis, devendo ser substituído pelo Winplot que realiza a tarefa de maneira aproximada e sem dificuldade.

Tais situações exigem do matemático aplicado habilidades e criatividade, em especial de tendências matemáticas, de modo a desenvolver novos métodos e técnicas que vão se mostrando necessários naturalmente, tais dinâmicas são fontes geradoras de motivação para a produção científica em processo (Bassanezzi, 1999).

Assim, pode-se usar o modelo para induzir as idéias de função com duas variáveis e derivadas parciais.

5 Conclusões

Este artigo apresenta abordagens diferentes de um problema, contemplando diferentes quadros matemáticos e pontos de vista sobre um mesmo problema. O ambiente computacional, como uma dessas possibilidades, favorece aspectos como os de visualização e experimentação. Segundo Gravina (1998), esse ambiente é uma alternativa de resolução para o aluno que apresenta dificuldades no uso dos pré-requisitos matemáticos exigidos nas abordagens do Cálculo diferencial ou da Geometria. Como nas abordagens envolvendo o Cálculo diferencial diversos problemas apresentam funções que não são fáceis de serem manipuladas, o ambiente

computacional funciona como poderoso aliado, favorecendo a concentração de informações na montagem do problema, facilitando a percepção da situação e permitindo que vários quadros e representações matemáticos sejam observados a um só tempo. Este trabalho não teve a intenção de apresentar uma experimentação dessas abordagens, por estarmos ainda na fase de desenvolvimento e análises dessas abordagens em nossa pesquisa (Paranhos e Manrique, 2011). Entretanto, entendemos que as questões didáticas relacionadas a problemas matemáticos presentes em Engenharias Didáticas devem considerar o nível de ensino em que se está trabalhando, os recursos computacionais disponíveis e os conteúdos matemáticos a serem trabalhados. Neste sentido, as teorias da Educação Matemática funcionam como aliadas do professor na tarefa de planejamento, organização, desenvolvimento e avaliação de sua Engenharia Didática.

Referências

Almouloud, S.A. (2007). Fundamentos da didática da matemática.Curitiba: UFPR.

Bassanezi, R.C. Modelagem Matemática: Uma disciplina emergente nos programas de formação de professores. Revista BioMatemática – IMECC – UNICAMP. Vol. 9. pp. 9-22.1999.

Biembengut, M.S. Modelagem Matemática & implicações no ensino e aprendizagem de matemática. Blumenau, SC: Ed. Da Furb, 2000.

Garbi, G.G. (2006). A Rainha das Ciências: Um Passeio Histórico pelo Maravilhoso Mundo da Matemática. 1.ed. São Paulo: Livraria da Física.

Geogebra. Disponível em: http://www.geogebra.org/cms/

Gravina, Maria Alice; Santarosa, Lucila Maria. A Aprendizagem Da Matemática Em Ambientes Informatizados. Artigo publicado nos Anais do IV Congresso RIBIE, Brasília,1998.

Mello, J.L.P. (2005). Jacob Steiner e o problema da menor malha viária. Lisboa: Revista Educação Matemática n.82, março/abril.

Paranhos, M.M. (2009). Geometria Dinâmica e o Cálculo Diferencial e Integral. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Educação Matemática, PUC/SP, São Paulo. Disponível em: http://www.pucsp.br/pos/edmat/mp/dissertacao/marcos_miranda_paranhos.pdf

Paranhos, M.M., Manrique, A.L. (2011). Jacob Steiner e o problema da menor malha viária: uma resolução utilizando o Cálculo Diferencial. Revista Educação e Matemática, v. 113, p. 1-3.

Winplot. Disponível em: http://math.exeter.edu/rparris/winplot.html

Construção de um Espectrofotômetro utilizando a placa Arduino

José N. Almeida Jr.*, Liliane A. Pontes*, Carlos Eduardo M. Rodrigues*, Marisa A. Cavalcante[+]

*Alunos do curso de Física (Licenciatura), na Pontifícia Universidade Católica (PUC-SP)
[+]Professora do Departamento de Física da PUC-SP.

Email: jneresjr@gmail.com, fisicadu@gmail.com, liliane.pontes@gmail.com, marisac@pucsp.br

Resumo

Este trabalho tem como principal objetivo utilizar o Arduino® associado a uma montagem de espectrofotômetro a partir da estrutura de um scanner, para estudar o comportamento dos comprimentos de onda em função da variação de luminosidade, do espectro difratado por um CD. O espectro que se deseja obter é difratado em um CD, cuja película refletora foi retirada, e os vários comprimentos de onda são projetados em um anteparo, no qual está um sensor (LDR), que captará a variação de luminosidade. Este sensor está montado em um suporte, acoplado ao carro do scanner que contém um motor de passo (associado ao circuito integrado ULN 2003) controlado pelo Arduino®. O Arduino® é uma placa de controle I/O baseada no microcontrolador Atmega (Atmel) e foi projetado com finalidades educativas, contudo o fato do software ser do tipo código aberto passou a ser difundido em diversas áreas. Uma das intenções deste projeto é justamente difundir o uso do arduino para fins educacionais, no ensino e aprendizagem de Física, como forma de incentivar a abordagem de conteúdos de Física Moderna, tanto Ensino Médio quanto em cursos de engenharias e áreas afins. O projeto foi desenvolvido durante o curso de Licenciatura em Física, pela PUC-SP, na disciplina de Instrumentação no Ensino de Física Moderna. Além do equipamento desenvolvido, foram adotadas como estratégias para o seu desenvolvimento e avaliação: (1) a criação de um blog do projeto (http://experimentodefisicaarduino.blogspot.com/) em que mostramos cada etapa do trabalho; (2) a elaboração de um pôster, apresentado durante a Semana Acadêmica da PUC/SP, e (3) um artigo científico, em fase de análise para publicação em revista especializada.

Palavras-Chave: Arduino®, Espectrofotômetro, Ensino de Física Moderna

1 Introdução

1.1 A placa Arduino

O Arduino® é uma plataforma de código aberto (Banzi, Cuartielles, Igoe, Martino, & Mellis, 2009) de protótipos eletrônicos flexíveis com base em hardware e software fáceis de usar. Ele é destinado a artistas, designers, aficionados, estudantes, e qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos.

O Arduino® pode perceber variações em parâmetros de tensão em um circuito montado, ao receber a entrada variável de tensão, por uma vasta gama de sensores que convertem sinais analógicos (relacionados seja à pressão, intensidade luminosa, quanto ao movimento, que podem afetar motores, LEDs e outros atuadores, indicando a variação do sinal captado) em sinais binários. O Arduino atua não apenas como uma placa de aquisição e conversão de sinais, mas como um microprocessador que pode ser programado para exercer funções a partir de sinais de entrada. O microcontrolador na placa é programado usando uma linguagem baseada em Wiring (programação híbrida entre C# e C++) e o ambiente de desenvolvimento Arduino é baseado na linguagem Processing. Os projetos com Arduíno sáo processados em computador, pela saída USB.

As placas podem ser construídas manualmente ou compradas pré-montadas e o software pode ser baixado gratuitamente. Os projetos da montagem física de referência (arquivos CAD) estão disponíveis sob uma licença de código aberto, de modo a se poder adaptá-los livremente de acordo com a necessidade/vontade do usuário.

1.2 Resumo Teórico: Interferência e Difração

1.2.1 Rede de difração

Uma rede de difração é uma lâmina contendo um número elevado de fendas paralelas entre si. Estas fendas têm a mesma largura e estão espaçadas a intervalos regulares e iguais. A distância entre duas fendas consecutivas é denominada espaçamento da rede, representada por d. Assim, uma rede de difração é constituída por N fendas (de largura ***"a"***), equidistantes de uma distancia d.

O caso da rede de difração (Freijlich, 2011) corresponde ao caso de *N* fendas de larguras, por exemplo, *a*, equidistantes pelo espaçamento *d*, como na figura anterior. A intensidade, no caso das múltiplas fendas, é dada pela seguinte relação $I = I_0\left(\frac{sen\beta}{\beta}\right)^2\left(\frac{senN\alpha}{sen\alpha}\right)^2$ (Equação 1):

$$I = I_0\left(\frac{sen\beta}{\beta}\right)^2\left(\frac{senN\alpha}{sen\alpha}\right)^2 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

$\frac{\pi a}{\lambda} sen\theta = \beta$ (Equação 2) e $\left(\frac{\pi d}{\lambda} sen\theta\right) = \alpha$ (Equação 3)

Se analisarmos a componente $\left(\frac{senN}{sen}\right)^2$ da $I = I_0\left(\frac{sen\beta}{\beta}\right)^2\left(\frac{senN\alpha}{sen\alpha}\right)^2$ (Equação 1) verificamos os máximos principais ocorrem quando:

$\left(\frac{senN}{sen}\right) = N$ (Equação 4),

isto é para $\alpha = 0, \pm\pi, \pm 2\pi$,...Assim, de acordo com a $\frac{\pi a}{\lambda} sen\theta = \beta$ (Equação 2 teremos;

$$\left(\frac{\pi d}{\lambda} sen\theta\right) = \alpha \rightarrow \pi d sen\theta = n\pi\lambda \rightarrow d sen\theta = n\lambda \quad \text{(Equação 5)}$$

Onde n é um número inteiro (n=1, 2, 3,...), que se designamos por *ordem espectral*.

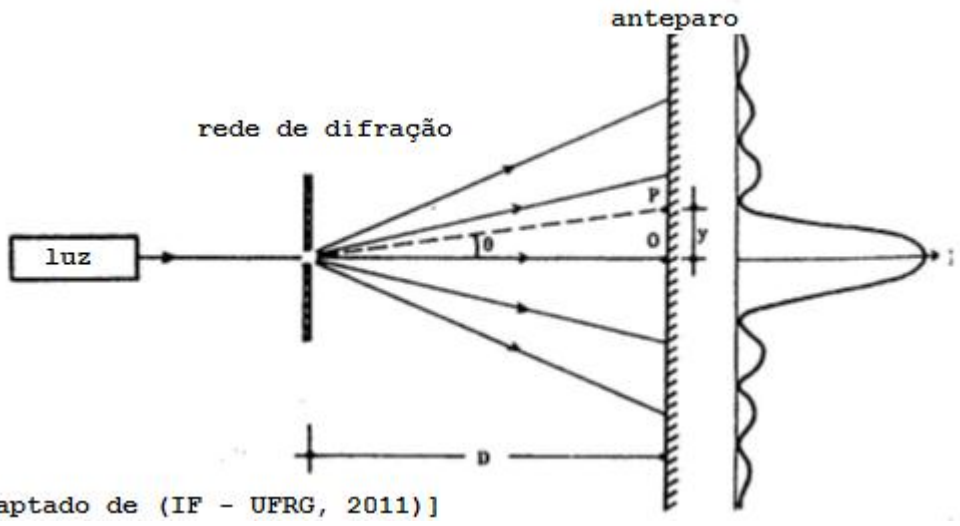


Figura 1 - O feixe de luz que incide na rede de difração é difratado e os raios provenientes das diversas fendas se interferem, formando uma imagem de intensidade variável (IF - UFRGS, 2011).

Conforme descrito na figura acima (Figura 1), um feixe de luz que incide nesta rede de difração é difratado (IF - UFRGS, 2011) e os raios provenientes das diversas fendas interferem formando uma imagem de intensidade variável. Por sua vez, a interferência é um fenômeno ondulatório da luz: dois raios luminosos coerentes, que atravessam, por exemplo, duas fendas distintas, encontram-se sobre um anteparo, onde ocorre interferência. Se a diferença de percurso dos raios desde as fendas até o anteparo, contiver um número inteiro de comprimentos de onda, a interferência será construtiva e resulta uma franja clara; se a diferença de percurso contiver um número ímpar de meios comprimentos de onda, a interferência será destrutiva, originando uma franja escura.

Esta figura apresenta máximos de intensidade em diversas posições sempre que a diferença de caminho ótico *d.sen*(θ entre os raios provenientes de duas fendas adjacentes, distantes *d* entre si, for igual a um número inteiro (*n* = 0, 1, 2,...) de comprimentos de onda λ Portanto, ocorrem máximos de intensidade quando θé o ângulo de difração, para o máximo de ordem *n*.

Ao incidirmos um feixe de luz composto por vários comprimentos de onda em uma rede de difração teremos a sua decomposição. A informação espectral se repete para cada valor de N (ordem do espectro). À medida que aumentamos o valor de N, temos um ganho na resolução da medida efetuada, porém reduzimos a intensidade espectral.

1.3 Espectrofotômetros e seu Princípio de Funcionamento

Um espectrofotômetro é um equipamento capaz de discriminar os comprimentos de onda, por meio da decomposição de cores em prismas ou redes de difração. A luz branca comum tem seus vários comprimentos de ondas que são separados e analisados pelo equipamento, em função da variação da intensidade luminosa. O espectrofotômetro pode ter um custo elevado, considerando os disponíveis no mercado comercial e para usos didáticos (Lüdke, 2010). Apesar de boa precisão (PASCO, 2008) estes equipamentos apresentam custos ainda muito elevados para a maioria das escolas brasileiras.

Podemos ter dois tipos de espectrofotômetros com rede de difração: Aqueles que analisam o feixe de luz refletido e aqueles que analisam o feixe de luz transmitido. Para fins de entendimento do fenômeno aplicado ao presente projeto, analisaremos o caso da análise do feixe transmitido.

1.3.1 Análise Espectral do Feixe Transmitido

Muitos dos espectrofotômetros didáticos (Lüdke, 2010) (PASCO, 2008) (Cavalcante, Tavolaro, & Haag, 2005) são baseados na análise por feixe transmitido. Neste caso o espectrofotômetro é constituído por uma ampola de lâmpada (de certa substância), de alta intensidade, alinhada com uma lente convergente (L_c), de modo a colimar o feixe da lâmpada e defini-lo para que seja decomposto, por exemplo, por uma rede de difração (CD), e projetado em um anteparo, em seus vários comprimentos de onda (Figura 2). Um fotosensor faz uma varredura ao longo da tela e fornece a informação da intensidade de luz em função do angulo de desvio da radiação.

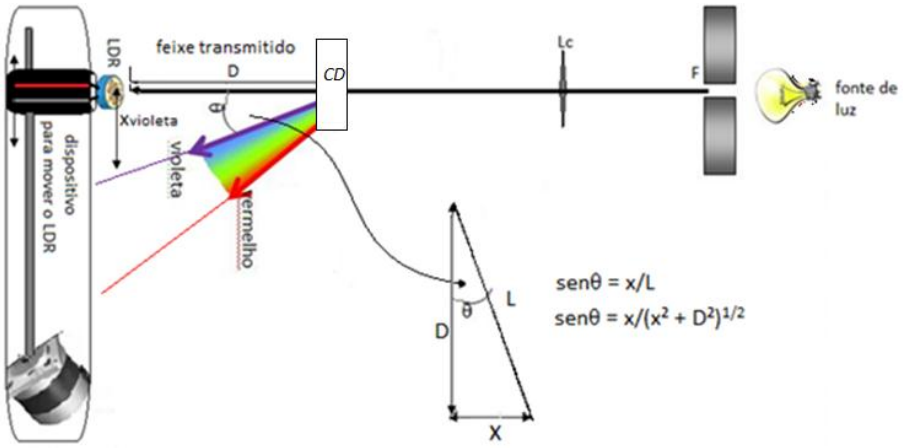


Figura 2 - Esquema para um espectrofotômetro com rede de difração por feixe transmitido. Neste tipo de análise, o LDR é que se move. A camada refletora do CD pode ser facilmente retirada, utilizando fita adesiva (Cavalcante, Tavolaro, & Haag, 2005) (Catelli, 2010).

Na Figura 2, o ponto F representa a fenda, θ representa o ângulo de projeção do feixe difratado, *x* é a distância entre o ponto central (máximo da interferência construtiva) e as raias do espectro (na região de primeira ordem), e D é a distância entre o CD e o LDR. O esquema da Figura 3 mostra como é possível se determinar o comprimento de onda da radiação em função do desvio x observado na tela.

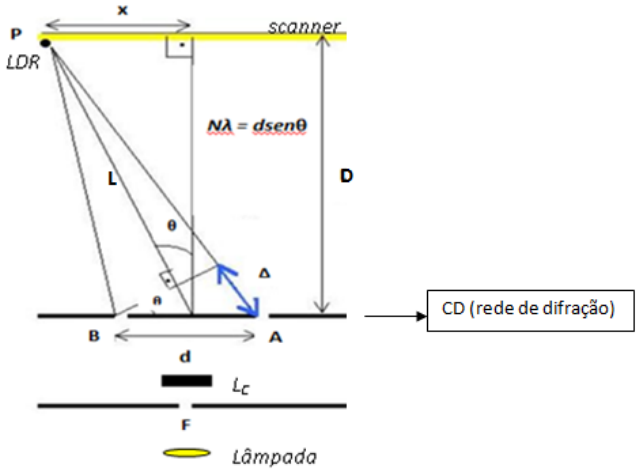


Figura 3 - Esquema de montagem usada na análise por feixe transmitido.

Do ângulo formado entre as distâncias D e L, temos a seguinte relação:

$$sen(\theta) = x/L \quad \text{(Equação 6)}$$

Se $L = \sqrt{x^2 + D^2}$ (Equação 7), então temos:

$$sen(\theta) = x/\sqrt{x^2 + D^2} \quad \text{(Equação 8)}$$

Para a determinação do comprimento de onda da radiação devemos determinar o ângulo θ para o qual a radiação de comprimento de comprimento de onda λ produz um ponto de máxima intensidade. Fixando uma dada distancia D entre o CD e a tela, podemos obter os valores de comprimentos de onda a partir da $N\lambda = dsen\theta = d\dfrac{x}{\sqrt{D^2 + x^2}}$ (Equação 9, obtida pela substituição da $sen(\theta) = x/\sqrt{x^2 + D^2}$ (Equação 8 na $\left(\dfrac{\pi d}{\lambda} sen\theta\right) = \alpha \rightarrow \pi d sen\theta = n\pi\lambda \rightarrow dsen\theta = n\lambda$ (Equação 5:

$$N\lambda = dsen\theta = d\frac{x}{\sqrt{D^2 + x^2}} \quad \text{(Equação 9)}$$

1.4 O Espectrofotômetro montado a partir da estrutura de um Scanner

O experimento proposto é baseado na analise por feixe transmitido. Ou seja, adotamos como esquemas representados na Figura 2 e na Figura 3. Neste trabalho opta-se por utilizar um espectrofotômetro baseado no estudo do feixe transmitido, já que o intuito foi possibilitar a reciclagem da estrutura de um scanner antigo. Assim o espectro obtido por difração é projetado em uma tela e o motor de passo permite a varredura do fotosensor (LDR), associando a variação de luminosidade ao comprimento de onda da radiação. Tanto os sinais de tensão advindos do LDR, quanto o controle do motor de passo são realizados através do Arduino. Foi utilizado tal microprocessador justamente pelo fato de se difundir o uso de componentes acessíveis no mercado, considerando o custo, e que tenham a disponibilidade do código-fonte aberto, tal qual o Arduino.

No que se refere ao conteúdo disciplinar, e estudos dos fenômenos físicos, este projeto se adequa ao ensino e aprendizagem de Física, como forma de incentivar a abordagem de conteúdos de Física Moderna e de conceitos de Óptica Física (difração por transmissão, espectro eletromagnético, etc...), tanto no Ensino Médio quanto em cursos de engenharias e áreas afins, ramos nos quais os conteúdos citados são estudados e com amplas possibilidades de aplicações.

Este projeto foi desenvolvido durante o curso de Licenciatura em Física, pela PUC-SP, na disciplina de Instrumentação no Ensino de Física Moderna. Além do equipamento desenvolvido, foram adotadas como estratégias para o seu desenvolvimento e avaliação: (1) a criação de um blog do projeto (http://experimentodefisicaarduino.blogspot.com/) em que mostramos cada etapa do trabalho; (2) a elaboração de um pôster, apresentado durante a Semana Acadêmica da PUC/SP, e (3) um artigo científico, em fase de análise para publicação em revista especializada.

2 Montagem Experimental

Na construção do espectrofotômetro (Figura 4), o feixe de luz colimado proveniente de uma lâmpada florescente de Hg foi projetado em uma tela. A decomposição espectral é realizada através de um CD (cuja camada refletora foi retirada) disposto a uma distancia D da tela (Cavalcante, Tavolaro, & Haag, 2005).

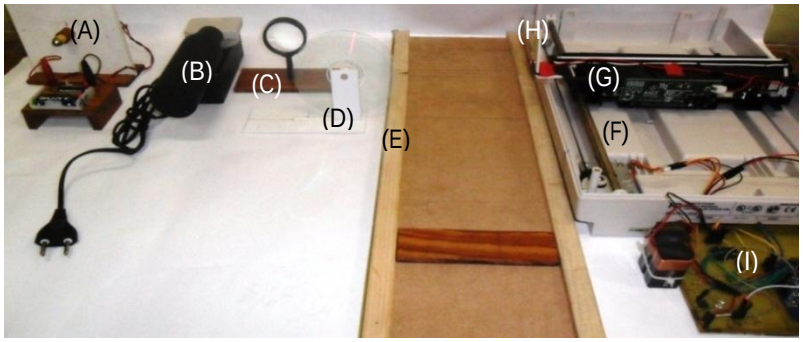


Figura 4 - Componentes das montagens utilizadas no projeto. Da esquerda para direita, (A) ponteira laser, fonte de luz (B), lente convergente (C), CD (D), trilho de madeira (E), scanner (F), cujo carro (G) está fixado um fotosensor (LDR, em H), e que é controlado pelos circuitos montados na placa de fenolite (I).

Este feixe sofre difração, distribuindo os vários componentes de comprimentos de onda em um anteparo, onde está localizado um fotosensor, o qual varre as diferentes luminosidades das raias do espectro projetado. O LDR se moverá a partir do movimento de um carro de scanner, acionado por um motor de passo. Todo o monitoramento e controle do experimento são realizados através do microcontrolador Arduino. Para assegurar maior precisão às medidas, determinamos previamente a distancia entre os sulcos do CD, utilizando para isso um feixe de luz proveniente de uma ponteira laser vermelha (655 nm (NIST, 2011)).

A seguir faremos a descrição de cada etapa do experimento que compreende; montagem do circuito associado ao motor de passo e o esquema eletrônico associado ao LDR, determinação do parâmetro da rede de difração e obtenção do espectro de uma lâmpada fluorescente de Hg.

2.1 Montagem dos Circuitos (LDR, Motor de Passo)

Para a construção do espectrofotômetro com Arduino, foi necessária a montagem de dois circuitos com aplicações distintas na mesma placa fenolite; um associado ao controle do motor de passo, e outro para captura dos sinais provenientes do LDR.

2.1.1 Circuito 1: Motor de passo e controle no sentido de rotação

O scanner PLUSTEK OpticPro 4831P, utilizado neste trabalho apresenta para controle de sua cabeça de leitura o motor de passo da marca *Mitsumi Electronics*, modelo M35SP-7 (Mitsumi Co., 2011).

Todo o controle do motor de passo é realizado através das saídas digitais do Arduino, que fornecem corrente elétrica no máximo igual a 20 mA, insuficientes para acionar as bobinas do motor. Para amplificar a corrente elétrica de saída do Arduino utilizamos o CI UNL2003 (Darlington, 2011), comumente utilizados nos Shields para motores, conforme indica a Figura 6 (Shields: são placas que podem ser adicionadas ao Arduino para múltiplas funções). Podemos verificar neste esquema que associamos duas baterias de 9 V para sua alimentação de tal modo a possibilitar a corrente mínima necessária para a movimentação de toda a peça que constitui a cabeça de leitura do Scanner.

Os pinos que permitem o controle das bobinas do motor de passo são os pinos digitais 8,9,10 e 11 do Arduino e a

Tabela 1 que mostra a relação das cores dos fios provenientes do motor *M35SP-7* e as conexões com o CI *ULN2003* e Arduino.

Tabela 1: Ligações entre motor de passo e CI, e do CI com o Arduino.

Cor do fio	Motor de Passo – CI	CI – Arduino
Laranja	16	8
Amarelo	15	9
Preto	14	10
Marrom	13	11
Vermelho	9	---

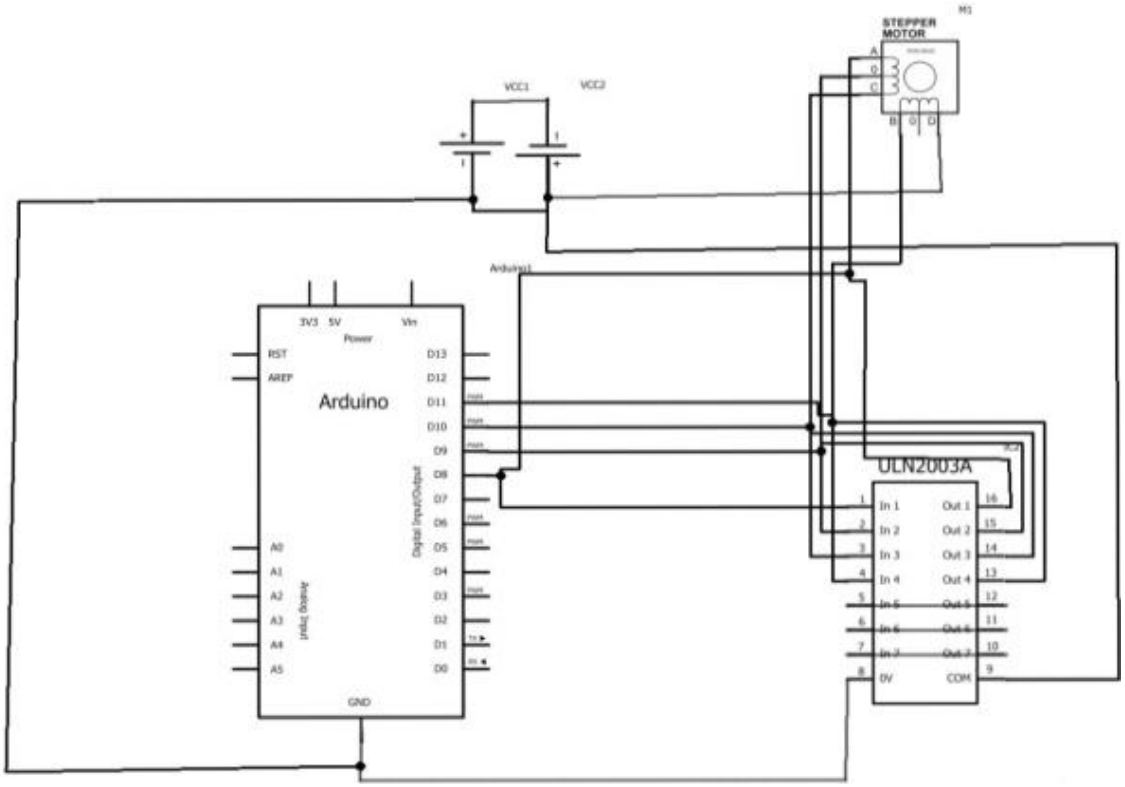


Figura 5 - Circuito de acionamento do motor de passo (1), montado no programa fritzing®, como descrito no texto.

Temos dois pinos digitais do Arduino, para controlar e indicar o sentido de giro do motor de passo, que são os pinos digitais 2 e 3. O pino digital 2 (de controle) é definido como pino de entrada e seu estado é alterado a partir de uma chave liga e desliga (Figura 6). Quando a chave está desconectada o estado da porta digital 2 é LOW, o led vermelho apagado, e o sentido de giro (e velocidade de rotação) do motor de passo está associado ao modo leitura no LDR (motor em baixa velocidade de rotação).

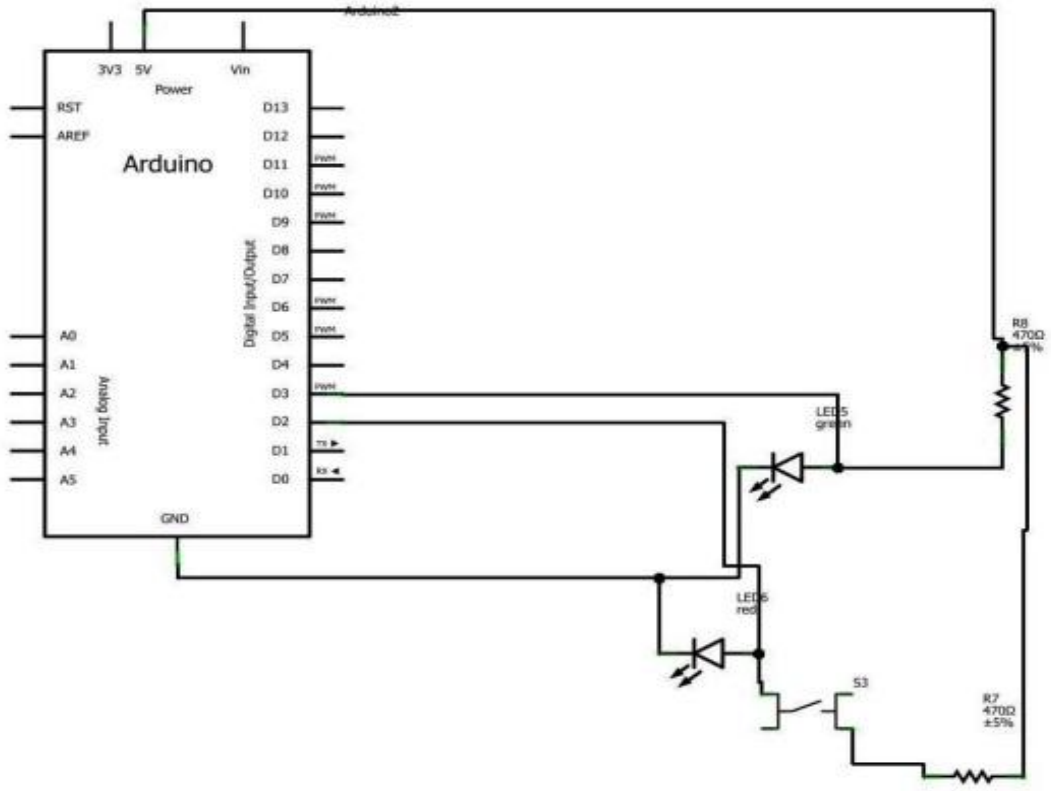


Figura 6 - Circuito para verificação da ida e volta do carro do scanner.

Quando a chave é ligada o pino 2 vai para o estado alto (HIGH), o Led vermelho acende, cessa a impressão dos dados do LDR na tela e mudamos o sentido de rotação do motor bem como sua velocidade. Para indicar que a impressão dos dados em tela está sendo realizada, conectamos um circuito em série, contendo led e resistor (470Ω), ao pino 3 digital do Arduino, cujo estado é oposto ao estado do pino 2.

2.1.2 Circuito 2: Fotosensor LDR

O circuito de aquisição de dados para o LDR é de simples construção, consistindo de uma associação em série, entre um LDR e um resistor (pull-up) de 33K Para análise dos sinais coletados pelo LDR, utilizamos a porta analógica A5, como indica a Figura 7.

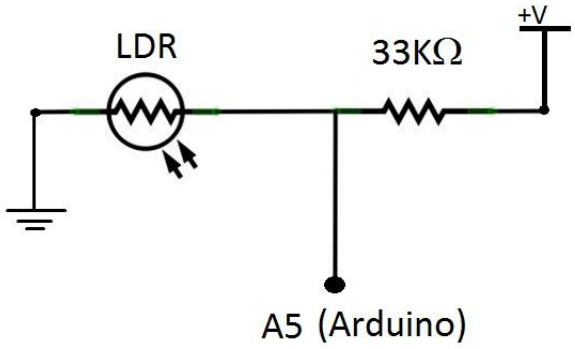


Figura 7 - Circuito associado ao LDR.

À medida que a intensidade de luz no LDR é aumentada, diminui-se o valor de tensão observada em A5, pois sua resistência diminui. Assim o valor lido em A5 é inversamente proporcional à intensidade luminosa.

A Figura 8 mostra a placa de fenolite com os circuitos 1 e 2 necessários ao controle do motor de passo e captura dos sinais do LDR, respectivamente.

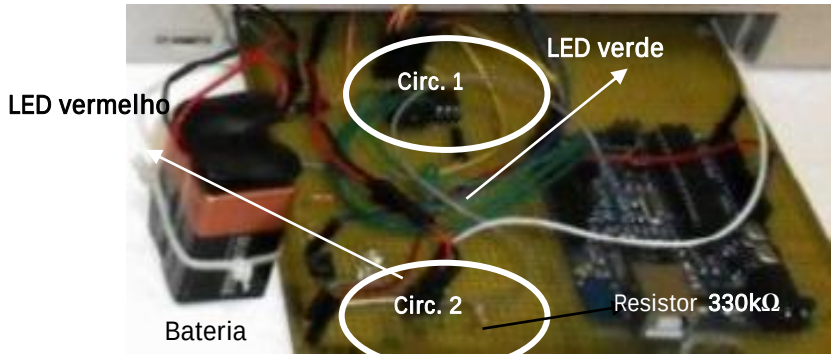


Figura 8 - Circuito de acionamento do motor, varredura com LDR e controle de ida e volta.

2.2 Ajuste Ótico: Montagem do Trilho de Madeira

Para possibilitar melhor ajuste ótico do sistema acrescentamos um trilho para alocação das peças componentes do espectrofotômetro (lente convergente, rede de difração, e fonte de luz), No trilho, (um perfil de madeira, com encaixes aos lados, para melhor fixação dos componentes), introduzimos sulcos de cerca de 1 cm de largura, por 0,5mm de profundidade, de forma a deslocar o CD (com o suporte que o sustenta), e fixar sua distância ao anteparo, onde se localiza o LDR. Para determinar esta distancia, introduzimos uma fita métrica nos suportes laterais.

2.3 Procedimentos de Calibração

2.3.1 Calibração do número de giros do motor de passo em Função da distância percorrida pelo carro

Antes da determinação dos comprimentos de onda, devem ser realizados procedimentos de calibração. O primeiro é a calibração do número de giros do motor: aqui, se realiza a contagem das voltas da engrenagem maior (E2) em relação à engrenagem menor (E1) (Figura 9).

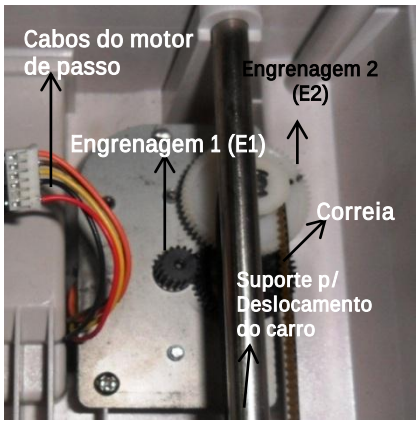


Figura 9 - Imagem mostrando o motor de passo e suas engrenagens (engrenagem 1, que aciona o carro, e engrenagem 2, comandada pela engrenagem 1).

Esta calibração é colocada para se determinar a distância percorrida pelo carro (no eixo X) e, para tanto, é necessária a calibração do número de voltas de E1. Segue programação com tais relações:

```
cont = stepCount; // declara a variável "cont" igual ao valor contido na variável "stepCount"
    n = cont*intervaloIda/48.000;//declara a variável "n" igual a "cont x intervalodelda / 48 , com 3 casas decimais" ou seja, N é o produto do
                                 //número de voltas do motor, durante o intervalo de ida, em razão dos dados do fabricante (passos por
                                 volta
                                 //= 48), correspondendo 360°/48 passos =7,5°/passo.
    Dmenor = 13.5;
    cursoremX = Dmenor * (n/10) * 3.14159; //declara a variável cursor em X,ou o quanto o motor faz o carro se deslocar em X, levando-se em
                                           //consideração o diâmetro da engrenagem menor ("engrenagem-motora") e o número de voltas.
```

Foi definida a contagem das voltas de E2 em função dos passos do motor, relacionando-se o número de contagens por revolução, no intervalo de ida do carro. É necessário considerar o ângulo do passo (o motor utilizado (Mitsumi Co., 2011) possui 7,5°/passo): se um passo corresponde a 7,5°, uma volta completa, então, corresponde a 360°/7,5° = 48°/volta. Logo, o total de voltas dadas pelo motor (*n*), durante a ida (***"intervaloIda"***), serão contadas (*cont.)*, em função das contagens de passos, em função do ângulo de 1 (uma) volta. A partir do número de voltas no período de ida, a distância percorrida (*cursoremX*) será calculada em função do diâmetro do eixo de E2 (*Dmenor,* em mm*,* aciona o carro, através da correia), bem como do número de voltas de E1, a qual movimenta E2.

Para o cálculo da distância $\frac{n}{n'} = 10 \rightarrow \frac{n}{10} = n'$ (Equação 11, será necessário

$$Distância\ \ em\ \ x\ =\ n' \cdot Diâmetro\ (eixo\ de\ E2) \cdot \pi$$

considerar a relação entre quantas voltas E1 realiza para que E2 dê uma volta; portanto, depende das contagens totais (*n*) de ida, divididas pela relação entre o número de voltas entre E1 e E2

$$\frac{n}{n'} = 10 \rightarrow \frac{n}{10} = n'$$

$$Distância\ \ em\ \ x\ =\ n' \cdot Diâmetro\ (eixo\ de\ E2) \cdot \pi$$ (Equação 11. Chegamos a 10 voltas da E1 para 1 volta de E2. Logo, teremos *n/10* voltas de E1, para que se movimente o carro:

$$n = \frac{(contagens\ x\ período\ de\ ida\ do\ motor)}{(ângulo\ de\ 1\ volta\ completa/ângulo\ de\ passo)}$$ (Equação 10)

Onde:

$$n\ = contagens\ de\ voltas\ de\ E1$$

$$n\ =\ contagens\ de\ voltas\ de\ E2$$

$$\frac{n}{n'} = 10 \rightarrow \frac{n}{10} = n'$$ (Equação 11)

$$Distância\ \ em\ \ x\ =\ n' \cdot Diâmetro\ (eixo\ de\ E2) \cdot \pi$$

Esta distância calculada será necessária para a segunda etapa de calibração, pois está relacionada à medição da distância entre os sulcos do CD.

2.3.2 Medição da distâncias entre os sulcos do CD

A distância média entre os sulcos (pits) de um CD é da ordem de 1,6μm (Cabello, Martinez, & Junquera, 2008). No entanto, este é um valor estimado e varia de CD para CD; se pretendemos efetuar medidas com precisão é necessário obter o valor desta distância, a partir de um feixe de radiação, com comprimento de onda previamente conhecido.

Para isso utilizamos uma ponteira laser vermelha, com valor de comprimento de onda médio, da ordem de 655nm (NIST, 2011). A montagem utilizada para este medida está indicada no Figura 10:

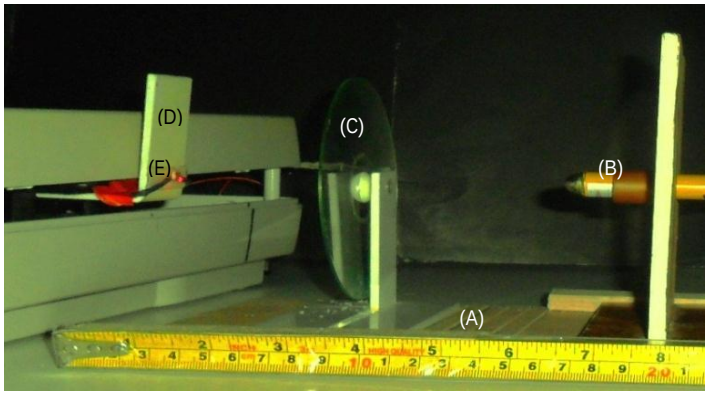


Figura 10 - Montagem para a medição dos sulcos da rede de difração (CD). Sobre um trilho de madeira (A), o laser emitido pela ponteira (B) é difratado no CD (C), formando-se os pontos centrais de primeira ordem no anteparo (D) onde está posicionado o LDR (E).

Assim conhecendo-se o comprimento de onda e a distância D do CD à tela (frente do LDR), pode-se determinar o valor da distancia entre os sulcos do CD pela $d = 655nm\frac{\sqrt{D^2 + x^2}}{x}$ (Equação 12):

$$d = 655nm\frac{\sqrt{D^2 + x^2}}{x} \quad \text{(Equação 12)},$$

onde x é a distância percorrida pelo LDR entre duas regiões de interferência - entre o ponto central e o de primeira ordem (localizada na região denominada *cursoremX*, calibrada anteriormente), e d é a distância entre os sulcos do CD.

2.4 Procedimentos de medição do comprimento de onda: Espectro projetado por difração em CD

Com os dados do parâmetro da rede *d*, podemos calcular o comprimento de onda, a partir da difração do feixe da luz para um dado valor de distancia D fixada entre o CD e a tela, substituindo-se nas linhas de programação os valores destas grandezas.

O processo de medida se inicia quando a chave liga e desliga é desconectada. Assim o operador pode desconectá-la quando o LDR passa pelo ponto de máxima intensidade (n = 0). Os valores dos desvios X da relação (9) são obtidos diretamente, e um simples cálculo conduz ao valor do comprimento de onda, à medida que a cabeça de leitura se desloca. Pela saída do *monitor serial*, se coleta os dados dos comprimentos de onda em função da intensidade luminosa. Adicionamos uma grandeza inversamente proporcional ao valor de tensão lido no LDR, denominada *I,* que será proporcional à intensidade de luz incidente no LDR.

3 Resultados

Seguem, na Figura 11, os resultados da medição do parâmetro *d* e dos comprimentos de onda em função de uma grandeza proporcional a intensidade luminosa.

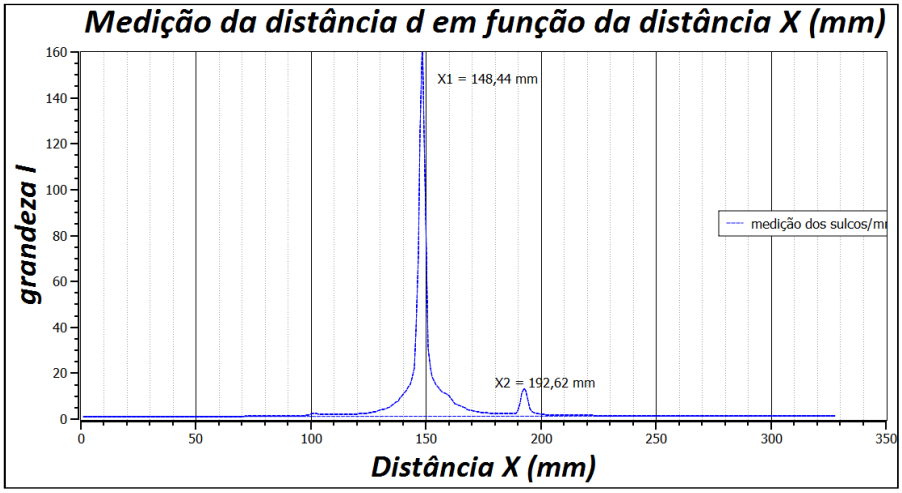


Figura 11 - Gráfico da grandeza I (proporcional à intensidade luminosa) em função da distância X. O parâmetro d será obtido considerando-se a distância X, dada pela diferença entre o ponto de maior intensidade (X1) e o ponto de menor intensidade (X2).

Pelo gráfico acima,

$$x = X1 - X2 = 148{,}44\ mm - 192{,}62\ mm = 44{,}18\ mm$$

No momento da aferição dos dados, a distância entre a rede de difração e o anteparo onde está posicionado o LDR (que é a distância *D*) era *D* = 95 mm Portanto, para o cálculo do parâmetro d, temos:

$$d = 655nm \div \frac{44{,}18mm}{\sqrt{(44{,}18mm)^2 + (95mm)^2}} \approx 1420nm$$

Na Figura 12, segue o gráfico da grandeza I vs comprimento de onda, obtido via saída do monitor serial do Arduino®.

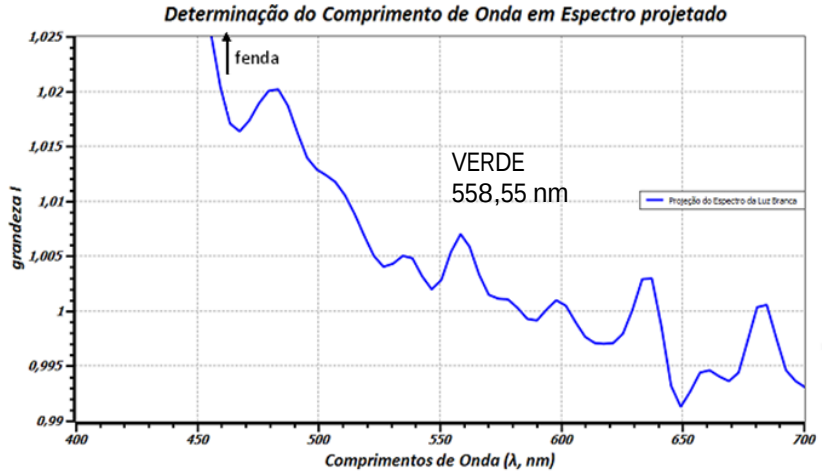


Figura 12 - Gráfico da grandeza I (proporcional à intensidade luminosa) em função de λ, o comprimento de onda das raias do espectro difratado (em nm). No detalhe, indicação do sentido da fenda (seta para cima) e do comprimento de onda obtido para a raia verde.

4 Análise

A Tabela 2: Linhas mais intensas para o Hg. indica alguns valores de comprimento de onda para algumas linhas do Hg (NIST, 2011) e o espectro correspondente ao Hg (Figura 13).

Tabela 2: Linhas mais intensas para o Hg.

Cor	Comprimento de Onda (nm)	Representação no Espectro (Figura 13)
Azul-Violeta	433,92	1
Azul-Violeta	435,83	2
Azul	491,61	3
Azul	496,01	4

Azul	512,06	5
Verde	546,08	6
Laranja	576,96	7
Laranja	578,97	8
Vermelho-Laranja	614,95	9
Vermelha	623,44	10
Vermelha	671,63	11

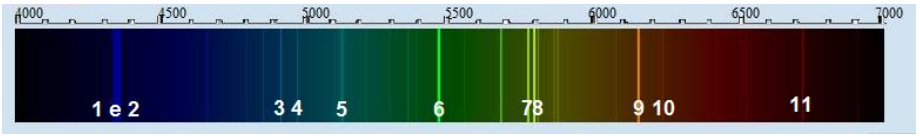


Figura 13 - Espectro do Hg disponível em http://profmokeur.ca/quimicap/ (Noels, 1997).

A Figura 14 mostra os resultados obtidos para uma lâmpada fluorescente e a tabela 3 os valores associados aos comprimentos de onda obtidos.

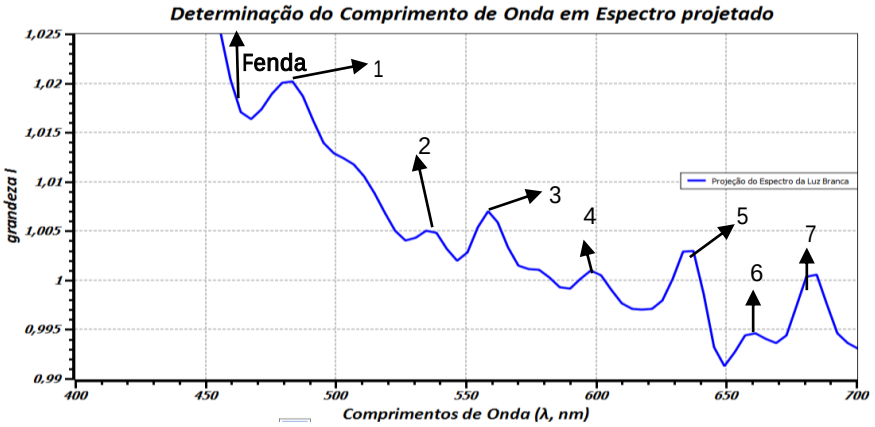


Figura 14 - Representação dos comprimentos de onda do espectro obtido experimentalmente.

Na tabela 3, são indicados os valores de comprimento de onda obtidos para cada pico observado na figura anterior.

Tabela 3: Valores de comprimento de onda obtidos experimentalmente (cf. indicação da Figura 14) em comparação com os valores de referência, e desvio percentual.

Pico	Comprimento de onda (nm)	Linha provável na Tabela 2 (NIST)	Comprimento de onda (referência) (nm)	Desvio % (em relação ao provável esperado).
1	484,21	Linha3	491	1,5
2	537,82	Linha 5	512,06	5,0
3	558,55	Linha 6	546,08	7,2
4	598,77	Linhas 7 e 8	576,96 e 578,97	3,4
5	637,32	Linha 9	614,95	3,6
6	655,96	Linha 10	623,44	5,2
7	683,12	Linha 11	671,63	1,7

Portanto, comparando o espectro obtido pela nossa montagem, observa-se proximidade razoável com os dados de referência. Em termos percentuais, foram comparados os desvios dos valores de comprimento de onda, obtidos experimentalmente (indicação na figura 25 e tabela 3) com os valores de referência (tabela 3), através da E (%) = |(λexperimental – λref.)|/ λref.. 100 (Equação 13):

$E\ (\%) = |(\lambda_{experimental} - \lambda_{ref.})|/ \lambda_{ref.}. 100$ (Equação 13)

Ou seja, o sistema desenvolvido apresenta razoável precisão, na delimitação dos comprimentos de onda, na região do espectro estudada, com desvios menores do que ≅7,5%.

5 Considerações Finais

Embora o sistema construído apresente resultados satisfatórios para uso didático, é importante considerar que existem pelo menos dois fatores evidentes que contribuem para a discrepância nos resultados:

1. *O baixo sinal observado no fotosensor LDR*

2. *A imprecisão na partida do carro, no ponto correspondente ao eixo centra para o ângulo de desvio igual a zero grau.*

Com relação ao item 1, a sua solução está vinculada ao uso de amplificadores adequados de modo a aumentar a sensibilidade e resposta do fotosensor. Testes foram realizados com um circuito amplificador de modo que, em breve, serão publicados novos resultados com diferentes fontes de luz. Com tais amplificadores, será possível estudar o espectro de absorção em alguns líquidos, servindo para análise química de alguns materiais.

Para reduzir a incerteza (item 2), no ponto correspondente ao zero grau, devemos buscar ao longo da varredura da tela o ponto para qual se observa o máximo de intensidade luminosa e inserir uma linha de programação restringindo o início de contagem tão somente após a detecção do máximo de intensidade.

Efetuaremos alterações nas linhas de programação que permitirão um controle da distância máxima percorrida pela cabeça de leitura do scanner. Esta distância será estabelecida pelo usuário e poderá, por exemplo, se restringir ao alcance máximo da região visível do espectro na 1ª ordem. Além disso, alguns testes também estão sendo realizados para que se permita observar a varredura espectral em tempo real.

Bibliografia

Alfons, V. (19 de Dezembro de 2010). *A simple DIY Spectrophotometer.* Acesso em 11 de Dezembro de 2011, disponível em Instructables: http://www.instructables.com/id/A-simple-DIY-spectrophotometer/

Alonso, M., & Finn, E. J. (2002). ***"Física – Um curso universitário: Campos e Ondas"*** (1ª ed., Vols. II, Parte 3). São Paulo, São Paulo, Brasil: Edgard Blucher.

Banzi, M., Cuartielles, D., Igoe, T., Martino, G., & Mellis, D. (s.d.). *arduino.cc*. Acesso em 02 de 12 de 2011, disponível em Arduino Project: http://www.arduino.cc/en/Tutorial/StepperUnipolar.

Braun, L. F., & Braun, T. (Dezembro de 1994). A Montagem De Young no estudo da interferência, difração e coerência de fontes luminosas. *Cad. Cat. Ens. Fís., 11, n. 3*, pp. 184-195.

Cabello, F., Martinez, O., & Junquera, B. (2008). *A história e o funcionamento do CD e DVD.* Acesso em 11 de Dezembro de 2011, disponível em Instituto de Computação – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP): http://www.ic.unicamp.br/~rodolfo/Cursos/mc722/2s2008/Trabalho/g02_texto.pdf

Catelli, F. e. (2010). CDs como lentes difrativas. *Rev. Bras. Ens. Fís., 32*(2), pp. 1-6.

Cavalcante, M., Tavolaro, C., & Haag, R. (2005). Experiências em Física Moderna. *Física na Escola, 6,*(1), p. 75.

Darlington, A. (2011). Acesso em 11 de Dezembro de 2011, disponível em All Darlington Arrays CI ULN2003: http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/f/0c6x6a46ig46qlxf3j2qsaii8o3y.pdf

Fragnito, H., Rodriguez, E., & Costa, A. (2003). *Nota Experimental 03*. Acesso em 11 de Dezembro de 2011, disponível em Difração de Fendas: http://www.ifi.unicamp.br/~accosta/roteiros/3/nota%2003.html

Freijlich, J. (2011). *Óptica* (1ª ed.). São Paulo: Oficina de Textos.

IF - UFRGS. (2011). *Difração em Fenda Única e em Fendas Múltiplas.* Acesso em 11 de Dezembro de 2011, disponível em if.ufrgs: http://www.if.ufrgs.br/tex/fisica-4/lab3.pdf

Lopes, D. (2007). *Espectroscopia Óptica: histórico, conceitos físicos e aplicações.* Monografia apresentada como parte integrante do Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul, Instituto de Física, Física (Licenciatura).

Lüdke, E. (2010). Um espectrofotômetro de baixo custo para laboratórios de ensino: aplicações no ensino da absorção eletrônica e emissão de fluorescência. *Rev. Bras. Ens. Fís., 32, n. 1*, p. 1506.

Magalhães, D., Lunazzi, J., Figueroa, H. F., & Dartora, C. (2002). *IFI - UNICAMP.* Acesso em 11 de Dezembro de 2011, disponível em Difração por CDs e raios X: http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem1_2002/995025Daniel-Lunazzi-FigueroaRF.pdf

Marshall, D., Almeida, E., & Takase, R. (2007). *CD/DVD.* Acesso em 12 de Dezembro de 2011, disponível em http://www.ic.unicamp.br/~rodolfo/Cursos/mc722/2s2007/trabalhos/g01_apresentacao.pdf

Mitsumi Co. (2011). Acesso em 11 de Dezembro de 2011, disponível em Mitsumi Stepper Motor Model M35SP-7 Datasheet: http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/176481/MITSUMI/M35SP-7.html

NIST. (2011). *NIST.org*. Acesso em 11 de Dezembro de 2011, disponível em National Istitute of Standard Technology: http://physics.nist.gov/cgi-bin/ASD/lines1.pl

Noels, I. (1997). *Química e Tabela Periódica dos Elementos - Prof. Mokeur.* Acesso em 12 de Dezembro de 2011, disponível em Química e Tabela Periódica dos Elementos Interativa e Imprimível: http://profmokeur.ca/quimicap/

PASCO. (2008). Acesso em 12 de Dezembro de 2011, disponível em Educational Spectrophotometer System Manual: http://www.pasco.com/file_downloads/product_manuals/Educational-Spectrophotometer-System-Manual-OS-8539.pdf

Shuman, J. (10 de Janeiro de 2000). *Multimedia in Action - Textbook Ilustration.* Acesso em 11 de Dezembro de 2011, disponível em http://www.ideastoimages.com/art_mma3.html

Tabacnicks, M. H. (2008). Acesso em 11 de Dezembro de 2011, disponível em Instituto de Física, Física Experimental IV: http://fap.if.usp.br/~tabacnik/aulas/2008/aula09mht-difracao.pdf

WayLand. (s.d.). *Storage of Data on an Optical Disk.* Acesso em 11 de Dezembro de 2011, disponível em http://www.wayland.k12.mi.us/wms/staff/wissnera/storage/storage.htm

Uma Biblioteca de Hipermídia Adaptativa para Apoio ao Ensino

Áulus Carvalho Diniz*, Jefferson A. da Rocha*, Kalil Martins Mota*, Ricardo R. Fragelli*

*Faculdade UnB Gama, Área Especial 2, Lote 14 Setor Central Gama-DF, 72405-610, Brasil

Email: aulusdiniz@aluno.unb.br, jefferson.rocha@aluno.unb.br, kakalil@aluno.unb.br, fragelli@unb.br

Abstract

The digital world provides a level of interactivity and autonomy to the student rather high and can increase the occurrence of meaningful learning. The aim of this work was to build a library of tools based on adaptive presentation and meaningful learning that could be easily used by content authors without any programming or Adaptive Hypermedia knowledge. The application generates adaptive presentations following three elements: Additional Explanation (AE), Prerequisite Explanation (PE) and Comparative Explanation (CE). The resources were tested by integral calculus texts and shown to be good tools to support learning and PBL methodology.

Keywords: problem-based learning, meaningful learning; adaptive hypermedia; ICT support.

Resumo

O mundo digital fornece um nível de interatividade e de autonomia ao estudante bastante elevado e pode potencializar a ocorrência da aprendizagem significativa. O objetivo deste trabalho foi a construção de uma biblioteca de ferramentas baseadas em apresentação adaptativa e em aprendizagem significativa que pudessem ser facilmente utilizadas por docentes sem que haja a necessidade de conhecimentos na área de programação ou Hipermídia Adaptativa. A biblioteca pode ser acessada por meio de arquivos de texto devidamente formatados e os arquivos produzidos fazem a geração de apresentações adaptativas seguindo três elementos: Explicação adicional (EA), Explicação requerida (ER) e Explicação comparativa (EC). Os recursos foram testados por meio de textos de Cálculo Integral e mostraram ser boas ferramentas para apoio à aprendizagem e à metodologia PBL.

Palavras-chave: aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem significativa; hipermídia adaptativa; TIC no PBL.

1 Introdução

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) fornecem um nível de interatividade e de autonomia ao estudante bastante elevado e podem ser ferramentas potenciais em favor da ocorrência da aprendizagem significativa. Contudo, o aspecto psicopedagógico de expor um universo de estudantes em níveis de conhecimento e perfis cognitivos diversos a um mesmo material de aprendizagem deve ser analisado. Nesse sentido, as Hipermídias Adaptativas (HA) voltadas aos ambientes educacionais podem ser uma boa opção, pois trabalham fundamentalmente os conceitos referentes à construção de hiperdocumentos para apresentação e navegação que se adaptem às necessidades dos estudantes.

Com o intuito de facilitar a utilização de tais recursos, o Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes e Adaptativos (GPSIA) da Universidade de Brasília (UnB) construiu uma biblioteca de ferramentas baseadas em apresentação adaptativa que podem ser facilmente utilizadas por docentes sem que haja a necessidade de conhecimentos na área de programação ou de conceitos específicos sobre métodos e técnicas de HA.

A biblioteca foi construída utilizando a plataforma do Adobe Flash CS4 com programação em *ActionScript*, tomando por base os conceitos da aprendizagem significativa de Ausubel. Os elementos da biblioteca podem ser acessados por meio de arquivos de texto devidamente formatados e fazem a geração de apresentações adaptativas seguindo três elementos da classificação consolidada por Brusilovsky (1996): Explicação adicional, Explicação requerida e Explicação comparativa.

Os recursos foram testados por meio de textos de Cálculo integral e mostraram ser boas ferramentas para apoio à aprendizagem, em especial no contexto da metodologia PBL, podendo ser aplicados a conteúdos de outras áreas do conhecimento.

2 PBL, Aprendizagem Significativa e Hipermídia Adaptativa

A Aprendizagem Baseada em Problemas ou Projetos (PBL, do inglês Problem-Based Learning ou Project-Based Learning) é uma metodologia de ensino e aprendizagem centrada no estudante que utiliza problemas, ou projetos, para tornar a aprendizagem dinâmica e fundamentada na construção do conhecimento em contraste

com a recepção passiva de informações (Dochy *et al*., 2003; Ribeiro, 2008; ; Ríos *et al*., 2010; Fragelli & Vainstein, 2011).

Dochy *et al.* (2003) discutem em uma meta-análise sobre os principais efeitos no campo da aquisição de conhecimentos e habilidades em uma comparação com a aprendizagem baseada em leitura. Os autores concluíram que, na combinação dos 43 casos analisados, houve uma melhora significativa na construção de habilidades e na retenção do conteúdo aprendido. Contudo, em alguns casos, houve uma menor aquisição de conhecimentos que, ao ser comparada com a taxa de retenção, não se mostrou um efeito negativo.

Assim sendo, a memorização de conceitos dá espaço ao desenvolvimento de habilidades (trabalho em grupo, comunicações oral e escrita e resolução de problemas) e atitudes (ética, responsabilidade profissional e social, adaptabilidade e disposição para a aprendizagem contínua e autônoma), além de garantir uma base conceitual sólida aos alunos, sem sobrecarregar ou estender seus currículos (Ribeiro, 2008).

Sobre as dificuldades em se implementar um PBL, pode-se destacar que essa metodologia tem dificuldade em contemplar todos os diferentes estilos de aprendizagem dos estudantes, tais como estudantes individualistas, competitivos ou introvertidos (Ribeiro, 2008). Também há de se destacar que o envolvimento de estudantes com menor nível de conhecimento pode estar comprometido se não houver mecanismos de suporte teórico, como o uso de recursos humanos, e é nesse contexto que as ferramentas das TICs podem ser bem empregadas. Nesse sentido, Huang & Chuang (2008) desenvolveram um sistema inteligente para dar suporte aos estudantes por meio de suas contribuições em fóruns de discussão e, com isso, desonerar os instrutores.

Outra possibilidade do uso das TIC como suporte ao PBL seria na adaptação de conteúdos a serem apresentados aos estudantes quando forem buscar referencial teórico para o desenvolvimento dos projetos. Tal adaptação pode ser feita por meio dos métodos de apresentação adaptativa de acordo com os interesses dos estudantes, bem como estilos de aprendizagem ou níveis de conhecimento.

Segundo Brusilovsky (1996, 1997), Hipermídia Adaptativa (HA) é a área da ciência da computação que estuda e desenvolve sistemas, arquiteturas, métodos e técnicas capazes de promover a adaptação de hiperdocumentos e hipermídias às expectativas, necessidades, preferências e desejos dos usuários ou, como no caso deste trabalho, dos estudantes. O espaço de adaptação pode ser dividido em navegação e apresentação adaptativa.

Na apresentação adaptativa, o conteúdo é adaptado de acordo com as características do usuário, seja seu nível de conhecimento, objetivos e outras características deste usuário. Um exemplo seria a supressão de algumas partes de um arquivo para um usuário com um bom conhecimento sobre um determinado assunto, enquanto que para um usuário com pouco conhecimento seriam apresentadas explicações adicionais sobre partes do arquivo (Brusilovsky, 1997).

Dentro da apresentação adaptativa existem vários métodos de tipos de explicações, tais como a Explicação adicional, Explicação requerida e Explicação comparativa (Brusilovsky, 1996). Tanto o PBL quanto esses métodos de adaptação foram estudados com base na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel seguindo a metodologia de outros trabalhos (Fragelli & Vainstein, 2011).

Segundo Ausubel, a aprendizagem significativa ocorre quanto um novo conceito é retido por meio de associações feitas com conceitos prévios existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Esse elemento preexistente da estrutura de conhecimento do aprendiz é chamado de subsunçor ou conceito subsunçor e o armazenamento de informações no cérebro é organizado em uma hierarquia de conceitos, sendo que elementos mais específicos são ligados a conceitos mais abrangentes e inclusivos. Além disso, se um novo conceito é ancorado ao conceito subsunçor, este é modificado e se torna mais desenvolvido e inclusivo. Contudo, se a aprendizagem significativa não ocorre com frequência em conjunção com um subsunçor em específico, este se torna limitado e pouco desenvolvido (Ausubel, 1968; Ausubel, 2003; Moreira, 1999).

O método da Explicação Adicional (EA) consiste em ocultar parte da informação sobre um certo conceito que não é relevante para o nível de conhecimento ou nível de interesse do usuário. Por exemplo, detalhes de baixo nível podem ser escondidos de usuários com nível de conhecimento insuficiente para entendê-los. Por outro lado, usuários novatos irão normalmente solicitar a Explicação Adicional que podem permanecer ocultas para usuários veteranos, que não necessitam mais delas. Em termos mais gerais, uma certa classe de usuários pode requerer informações adicionais especialmente preparadas para eles, que não são mostradas às outras classes. Uma variante desde método é ocultar do usuário certas partes da informação que não são relevantes para os objetivos do usuário (Palazzo, 2000).

Dois outros métodos, Explicação Requerida (ER) e Explicação Comparativa (EC), podem ser empregados para modificar a informação apresentada ao usuário dependendo do seu nível de conhecimento acerca dos

conceitos relacionados (Palazzo, 2000). O primeiro método induz uma ordenação dos conteúdos ao usuário onde a informação apresentada em primeiro lugar é o pré-requisito para a seguinte. Seguindo esta ideia, ao apresentar a explicação de um conceito, o sistema insere a explicação de todos os conceitos requeridos para seu entendimento. Conforme será abordado mais adiante, neste trabalho optou-se em utilizar a ER realizando uma organização de uma lista de conceitos que pode ser acessada pelo estudante de forma linear ou não-linear, como o estudante considerar necessário. O conceito de explicação requerida vem fortalecer o da aprendizagem significativa, tendo em vista que é mais fácil aprender uma coisa nova, baseado no que já se sabe e em seguida entender outros conceitos como a diferenciação do todo, do que a aprendizagem do todo por partes (Moreira, 2006).

O método EC está fundamentado na similaridade existente entre dois conceitos de modo que se um conceito que está sendo apresentado é conhecido, o estudante recebe uma explicação comparativa destacando as semelhanças e diferenças entre os dois conceitos. Sob a ótica da aprendizagem significativa, esse tipo de explicação se faz necessária quando não é possível ancorar um novo conceito a um indivíduo por meio do desenvolvimento de um conceito subsunçor.

3 Uma Biblioteca para Apresentação Adaptativa

A dificuldade de se produzir material para ensino baseado nas novas TIC por boa parte dos docentes é que foi motivada a criação de uma biblioteca para auxiliar a produção desse material. Além disso, foi considerada a possibilidade de produção de hipermídias adaptativas baseadas em arquivos de texto devidamente formatados.

A biblioteca produzida é composta por 4 módulos, sendo 3 módulos de apresentação adaptativa com os métodos de apresentação adaptativa citados anteriormente, EA, ER e EC, e 1 módulo de autoria. Para a confecção desses módulos foi utilizado o Adobe Flash CS4 com programação em *ActionScript*.

Uma aplicação central que comanda o acesso aos módulos também foi desenvolvida com a mesma tecnologia dos módulos e trabalha seguindo a seguinte sequência lógica: a) realiza a leitura de 2 arquivos-texto devidamente formatados, *slides.txt* e *conceitos.txt*; b) faz a distribuição dos *slides* em um vetor específico verificando comandos de adaptação; c) distribui os conceitos bem como suas características adaptativas, tais como relações de hierarquia e explicações adicionais e comparativas, em um vetor; d) aciona o módulo de autoria que produz a apresentação adaptativa dos *slides*, produz um sistema de navegação e fica responsável pela interação com o usuário; e) de acordo com a interação com o usuário e com as características de cada slide, faz o acionamento dos demais módulos.

A cada execução de um slide, é verificada a existência de conceitos-chave registrado no vetor de conceitos e, caso existam tais elementos no hipertexto, os mesmos são destacados na tela e transformados em objetos acessíveis ao estudante. Ao serem acionados, a aplicação faz o acesso aos respectivos módulos de apresentação adaptativa. A figura 1 mostra a modelagem básica conceitual do funcionamento da aplicação.

Um dos aspectos motivadores para este trabalho foi a possibilidade de estender a idéia das apresentações adaptativas a professores e demais autores de conteúdo sem que tivessem a necessidade de um entendimento sobre programação ou técnicas de HA. A solução proposta foi o uso de arquivos-texto que são facilmente produzidos como, por exemplo, utilizando o bloco de notas do sistema operacional Microsoft Windows.

A figura 2-a mostra o arquivo de *slides*, no qual os textos são previamente formatados seguindo um padrão para que os módulos de apresentação adaptativa possa classificar suas informações. A figura 2-b apresenta um exemplo para o arquivo de *conceitos* que é utilizado para realizar a apresentação adaptativa.

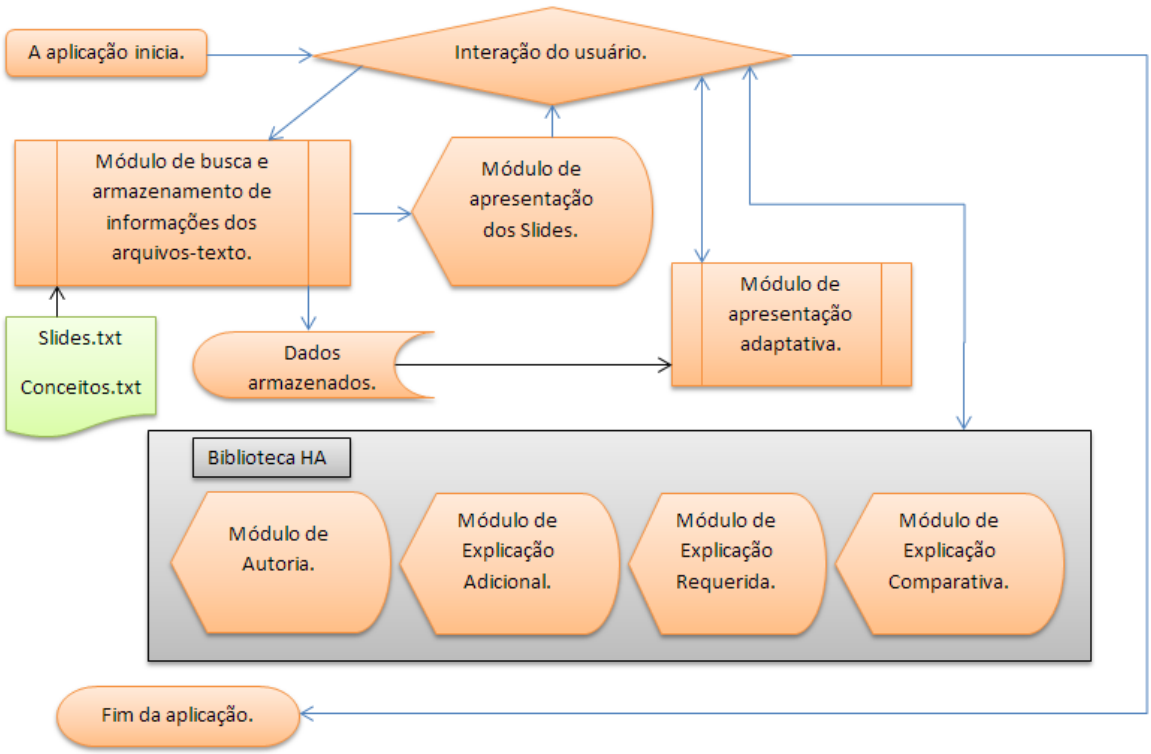


Figura 1: Modelagem básica conceitual do funcionamento da aplicação, enfatizando a interação com o usuário.

(a)

```
&slides=

                Substituições trigonométricas

            As substituições trigonométricas podem servir
        para transformar integrais que envolvam <img
src="image001.png">,
        <img src="image006.png"> ,<img src="image005.png"> em
integrais
        que podemos calcular diretamente.

            TRÊS SUBSTITUIÇÕES BÁSICAS:
        As substituições mais comuns são <img src="image007.png"> ,
        <img src="image009.png"> e <img src="image011.png">.
        Com <img src="image007.png">,
        #1<img src="image013.png">

        Com <img src="image009.png">,
        #1<img src="image015.png">

        Com <img src="image011.png">,
        #1<img src="image017.png">

        Usando a substituição <img src="image007.png">
            <img src="image019.png">
```

(b)

```
&conceitos=
// conceito 1 ----------------------------------
Derivada
dy/dx
diferencial

A derivada é o limite da razão incremental quando o incremento tende a zero.
A derivada é a inclinação da reta tangente.

equação de retas
taxa de variação
razão incremental
limite

// conceito 2 ----------------------------------

integral
antiderivada
primitiva

A integral indefinida é o cálculo da primitiva genérica de uma função.
A integral indefinida é a soma de Riemann de uma função.
```

Figura 2: Exemplos dos arquivos-texto de *slides* (a) e *conceitos* (b) que são lidos pela aplicação desenvolvida.

As figuras 3 e 4 mostram como o texto dos arquivos-texto produzem material interativo com base nas técnicas apresentadas anteriormente. Com base nos arquivos, são gerados menus de navegação, botões e ligações para explicações adicionais, requeridas e comparativas.

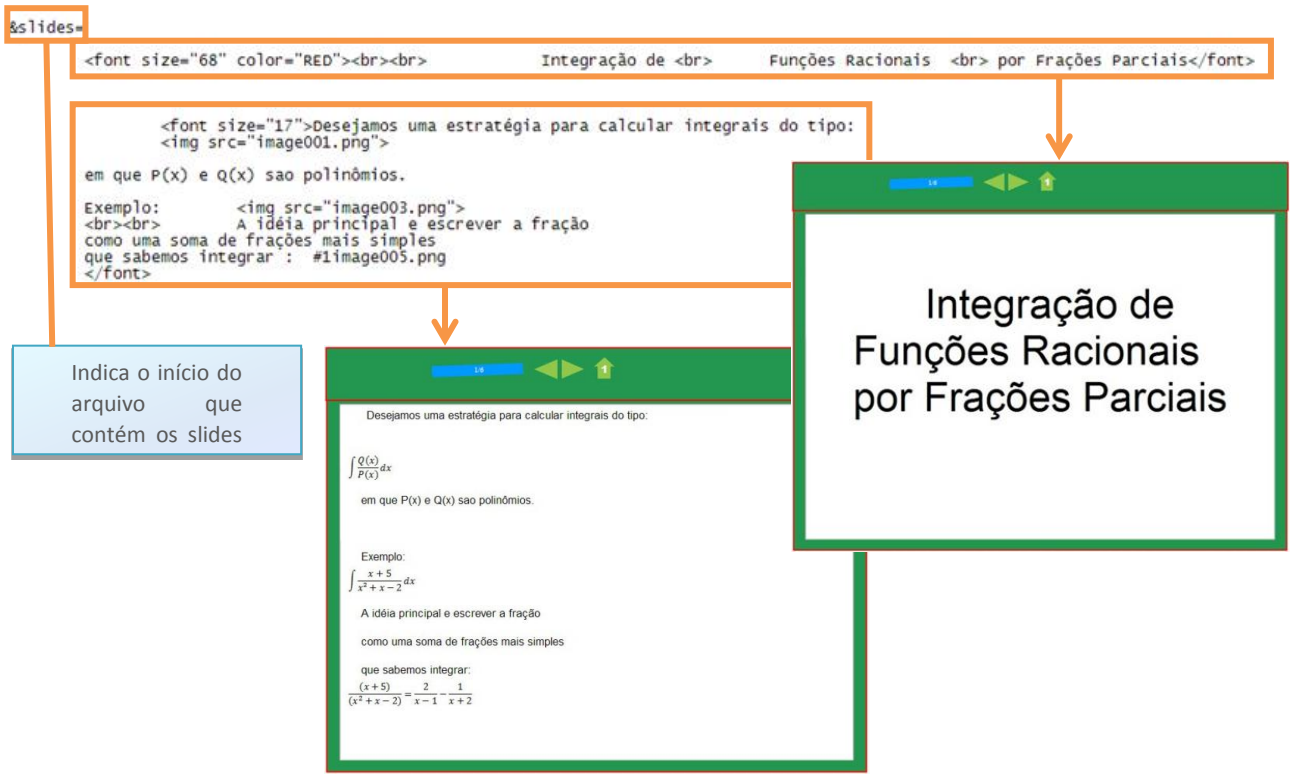


Figura 3: Exemplo de como o arquivo de *slides* gera uma apresentação por meio da aplicação desenvolvida.

A aplicação desenvolvida faz também exibição de figuras de forma adaptativa, ocultando figuras de acordo com especificações feitas pelo autor do conteúdo. Desse modo, é possível especificar o nível de conhecimento para que uma determinada figura é necessária, como uma equação, por exemplo. Desse modo, informações desnecessárias para determinado usuário somente serão exibidas caso sejam solicitadas através de comandos e botões disponíveis de maneira direta e intuitiva.

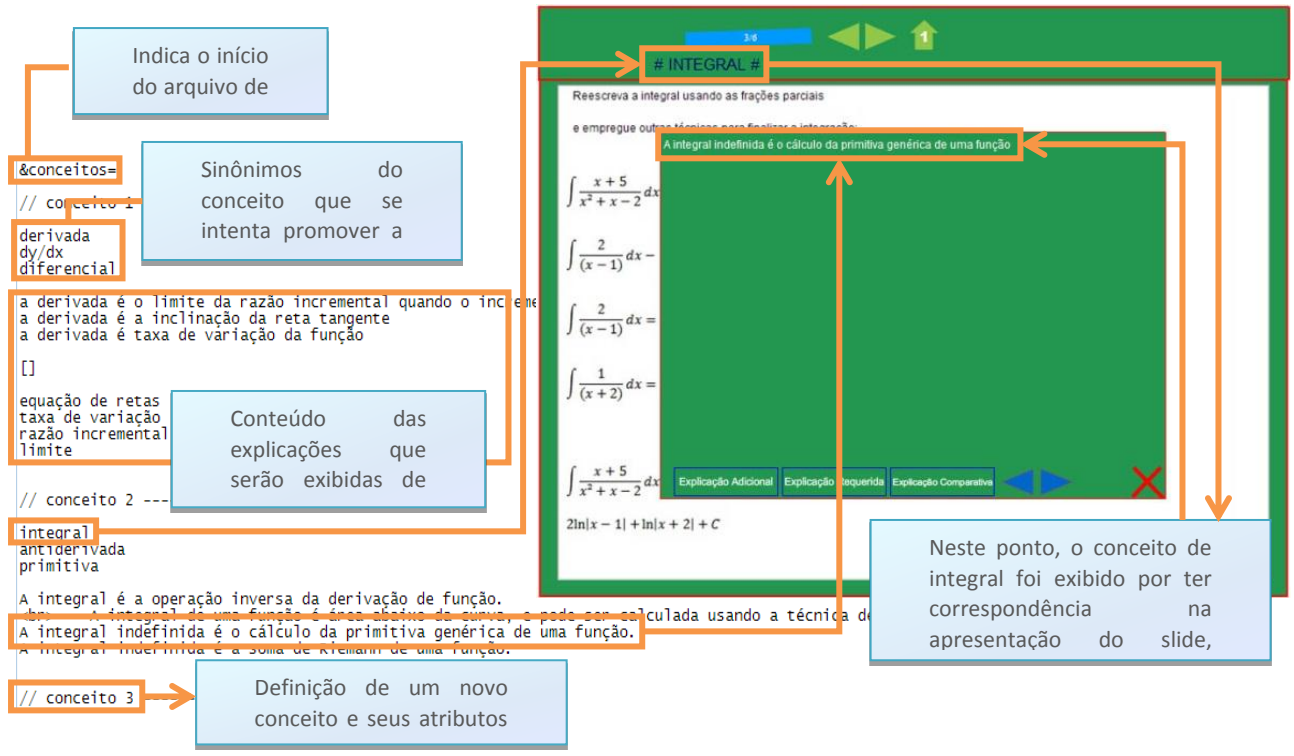


Figura 4: Exemplo de como o arquivo de *conceitos* produz adaptação por meio da aplicação desenvolvida.

Conforme mostrado no exemplo da figura 4, a cada exibição de um slide, o conteúdo é analisado verificando a existência de algum conceito registrado no arquivo de *conceitos*. Se a análise for positiva, uma listagem com esses conceitos é mostrada para o estudante na parte superior da tela e as informações organizadas em vetores podem ser apresentadas de forma adaptada. Se o estudante acessar algum desses conceitos, a aplicação faz a geração de uma tela com as áreas de EA, ER e EC. Por padrão, quando o estudante requerer informações extras, lhe será apresentado uma EA, com possibilidade da exibição de outras, caso forem previamente especificadas pelo autor do conteúdo. Da mesma forma que pode também solicitar a ER, onde será mostrada uma lista com os conceitos necessários para o entendimento do texto que podem ser acessadas, levando a outra tela onde será mostrado o conceito relativo. E, por final, o estudante pode solicitar a EC, que já foi explicada anteriormente neste artigo. O usuário pode navegar entre os diferentes tipos de explicações, assim como também pode prosseguir com a aplicação buscando novos conhecimentos.

4 Resultados

Para análise do trabalho, foi desenvolvido um módulo do Curso de Cálculo 1 baseado nas seguintes técnicas de integração: a) substituição direta de variáveis; (b) integração por partes; (c) expansão por frações parciais; e (d) substituição trigonométrica. Além das técnicas de integração, um módulo de aplicações de integral, com exemplos de aplicações das técnicas voltadas para a solução de problemas iniciais de engenharia, faz parte das aulas desenvolvidas.

Conforme discutido anteriormente, cada módulo consiste em um arquivo-texto e opcionalmente uma pasta com imagens a serem alimentadas pelo sistema. Sendo assim, foram construídos 5 arquivos-texto com suas respectivas pastas com imagens. O arquivo de conceitos é único representando a consolidação de todos aqueles trabalhados nos arquivos ou utilizados como subsunçores. A figura 4 mostra algumas telas com o funcionamento da aplicação.

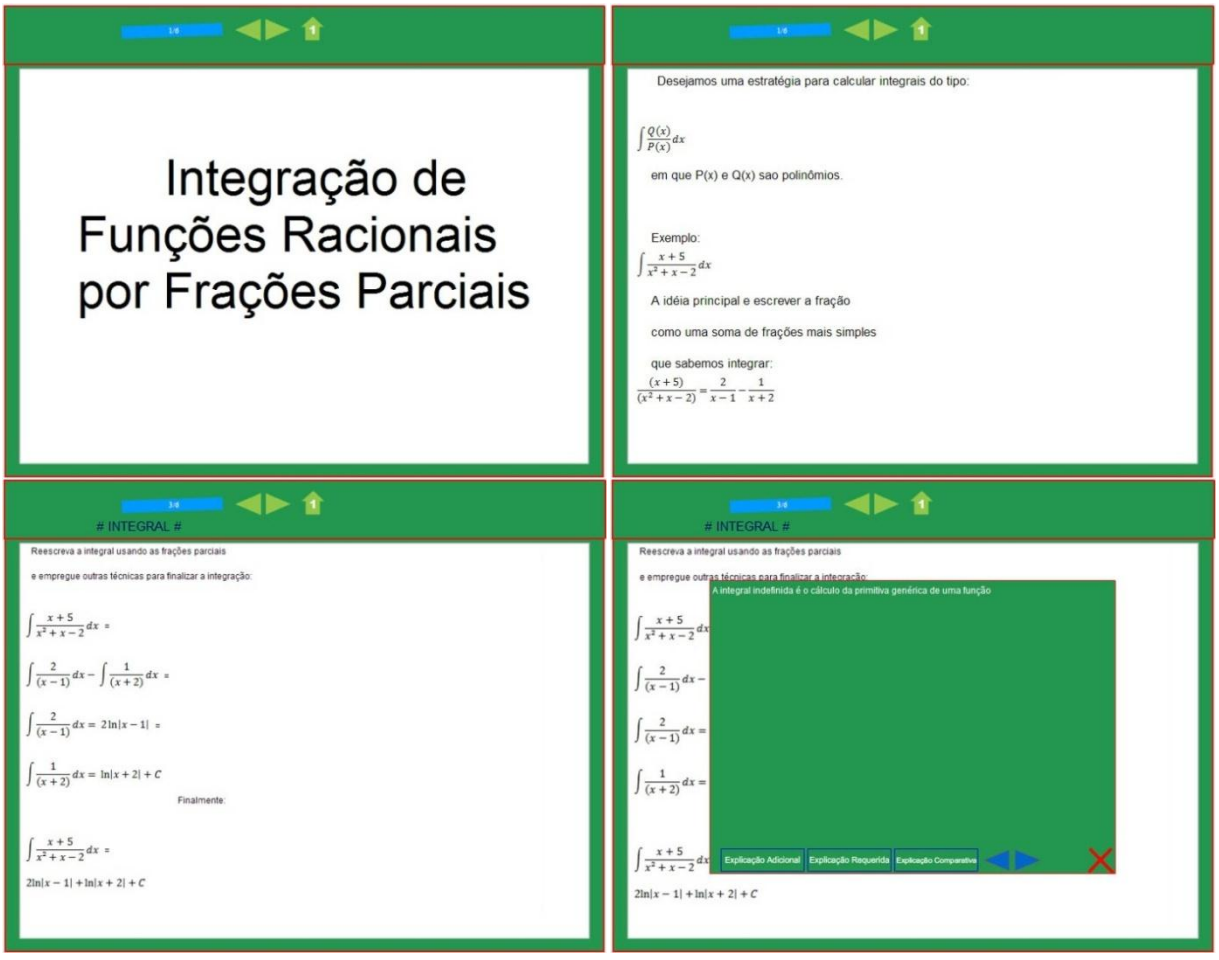


Figura 4: Mostrando a biblioteca em funcionamento com os módulos principais em ação.

As equações utilizadas nas soluções e deduções das técnicas de integração foram inseridas como imagens e organizadas em pastas. Com isso, foi possível testar a técnica de ocultação de elementos do texto de modo que a exibição de passos da resolução é feita de acordo com a necessidade do estudante, ou seja, uma determinada resolução é realizada de modo direto e caso um estudante considere necessário, pode visualizar os passos intermediários.

A aplicação foi submetida a testes para validação e comportou-se bem nas situações simuladas, oferecendo acesso às diversas explicações para os conceitos identificados em cada *slide* e às imagens ocultáveis, *i.e.*, às etapas das resoluções e deduções das técnicas de integração.

5 Conclusão

Este trabalho teve como meta investigar a possibilidade de criação de uma biblioteca de apresentação adaptavida para web que pudesse ser acessada por meio de arquivos-texto devidamente formatados. Desse modo, um professor poderia desenvolver facilmente um material adaptativo para dar suporte aos seus estudantes durante possíveis investigações teóricas na metodologia PBL.

Por meio dos módulos produzidos sobre técnicas de integração, observou-se a necessidade de criação de uma aplicação para facilitar a autoria de conteúdos, tais como exibição de equações, gráficos, simuladores de fenômenos físicos e animações interativas. Contudo, mesmo sem métodos auxiliares de autoria, pode-se considerar que a aplicação desenvolvida torna menos árdua a construção de hipermídias adaptativas para web.

Apesar do módulo de ER ter tido seu funcionamento testado em várias situações hipotéticas, é fácil concluir que as ligações dos conceitos organizados em forma de mapa conceitual têm uma melhor relação com a base teórica utilizada neste trabalho, ou seja, seria uma ferramenta mais indicada para a ocorrência da aprendizagem significativa. Desse modo, pretende-se desenvolver um módulo específico para geração de mapas conceituais com itens acessíveis ao estudante, a ser acoplado ao módulo de ER.

Com os testes e aprimoramentos realizados durante este trabalho, conclui-se que a biblioteca se comportou conforme o esperado para as diversas situações de teste. Desse modo, a biblioteca também pode ser utilizada por um Sistema de Hipermídia Adaptativa (SHA) que tem sua adaptação automatizada por um sistema de modelagem do estudante, sem a necessidade de ser acionada pelo estudante. Para isso, devem ser construídos os módulos para análise de preferências e estilos de aprendizagem do estudante. Como meio complementar a este trabalho, pretende-se aplicar o conteúdo adaptativo em uma turma de Cálculo 1 na Faculdade UnB Gama para verificação de ganho na aprendizagem.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de Bolsas REUNI de Assistência ao Ensino e ao Programa Bolsa de Permanência da Universidade de Brasília pela concessão de bolsas, tornando possível a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

Ausubel, D. P. (1968). Educational psychology: a cognitive view. Nova York: Holt, Rinehart and Winston.

Ausubel, D. P. (2003). Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Porto – Portugal: Plátano.

Brusilovsky, P. (1996). Methods and Techniques of Adaptive Hypermedia. User Modeling and User Adapted Interaction. v. 6, n. 2-3, p. 87-129. Special issue on adaptive hypertext and hypermedia, Kluwer.

Brusilovsky, P. (1997). Efficient techniques for Adaptive Hypermedia. In: NICHOLAS, C.; MAYFIELD, J. (Eds.). Intelligent Hypertext: Advanced techniques for the World Wide Web. Belin: Springer-Verla. p. 12-30. Lecture Notes in Computer Science, v.1326.

Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of Problem-Based Learning: A Meta-Analysis. Learning and Instruction, v. 13, p. 533–568.

Fragelli, R. R. (2010) Uma abordagem de Redes Quantizadas para Modelagem de Domínio em Sistemas de Tutoria Inteligentes. Brasília, 2010. Tese (Doutorado em Ciências Mecânicas) – Programa de Doutorado em Ciências Mecânicas, Universidade de Brasília, Brasília.

Fragelli, R.R., Vainstein, M.H. O Labirinto do Rato Cego: Aprendizagem Baseada em Projeto em Algoritmos e Programação de Computadores. In: PAEE'2011 - Project Approaches in Engineering Education:

Aligning Engineering Education with Engineering Challenges, 2011, Lisboa. Third International Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE 2011): Aligning Engineering Education with Engineering Challenges, 2011. v. 1. p. 99-105.

Huang, C.; Chuang, Y. (2008). Supporting the development of collaborative problem-based learning environments with an intelligent diagnosis tool. Expert Systems with Applications, v.35, ed.3, out-2008, p. 622-631.

Moreira, M. A. (1999). Teorias de Aprendizagem. São Paulo: EPU.

Moreira, M. A. (2006). A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em Sala de Aula. Brasília: Universidade de Brasília.

Oliveira, T.F (2010). Proposta para Criação de Grupo Tutorial – Edital DEG 07/2010. Universidade de Brasília.

Palazzo, L.A.M. (2000). Modelos Proativos para Hipermídia Adaptativa. Tese de Doutorado. Instituto de Informática da UFRGS. Programa de Pós-graduação em computação. Porto Alegre.

Ribeiro, L. R. C. (2008). Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino superior. São Carlos: Edufscar.

Ríos, I. de los; Cazorla, A., Díaz-Puente, J.M. & Yagüe, J.L. (2010). Project–based learning in engineering higher education: two decades of teaching competences in real environments, Procedia - Social and Behavioral Sciences, v. 2, ed. 2, p. 1368-1378.

Paper Session B1

A comparative study of teachers' perceptions of design-based learning

Sonia M. Gómez Puente*, Natascha van Hattum-Janssen+, Luiz Carlos de Campos**

* TEACH- Teaching support for TU/e staff (Education & Training) – Eindhoven University of Technology, Den Dolech 2, 5612 AZ Postbus 513, TR 1.25, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands
+Research Centre for Education, University of Minho, Campus of Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal
** Pontifical Catholic University of Sao Paulo, Rua Marques de Paranaguá, 111, 01303-050, São Paulo, SP, Brazil

Email: s.m.gomez.puente@tue.nl, nvanhattum@ie.uminho.pt, lccampos@pucsp.br

Abstract

Design-based learning (DBL) is an instructional approach in which students gather and process theoretical knowledge while working in the design of artifacts, systems and innovative solutions in project settings. In the context of secondary education, DBL has been used as an educational form to teach sciences. However, there is little investigated empirically about the characteristics of design-based learning in higher education, and more specifically, in engineering study programs. The aim of this study is to examine whether the characteristics of design-based learning theorized along five dimensions, e.g. projects' characteristics, social context, teachers' role, assessment, and design elements are present in engineering education programs in international universities. For our comparative study we have selected different engineering study programs in three technical universities in The Netherlands, Portugal and in Brazil. We have conducted a quantitative survey to gather the teachers' perceptions on the DBL five dimensions. Results show that the DBL dimensions are identified at the engineering programs of the three technical international universities. Conclusions of this comparative study of design-based learning practices in higher engineering education are representative and may be of interest for other technical universities.

Keywords: design-based learning, engineering education, authentic projects

1 Introduction

Over the last 10 years, problem-based and project-based learning approaches have gained acceptance in engineering degree programs. More than a decade ago, project-based learning started to become a response to the challenges that engineering education was facing, like globalization, pace of technological change and industry requiring lifelong learning professionals, who are able to work in teams (Schachterle and Vinther 1996). Engineering programs started to include different forms of project and problem approaches to learning. One of the most noticeable reasons to make a shift to this kind of approaches is the increasing demand for professional skills for engineering graduates (Walther and Radcliffe 2007; Vest 2008).

The vision of the engineer of the future is to work collaboratively in multidisciplinary teams of technical experts to develop design solutions to society problems and communicate with stakeholders (National Academy of Engineering of the National Academies, 2005). Contemporary trends and instructional design practices in engineering education advocate situated learning tasks in scenarios (Brown *et al.,* 1989). In these authentic scenarios students learn to perform as engineers to communicate, plan and organize information and process it to solve ill-defined problems. The character of engineering assignments is to work on open-ended and hands-on experiences approaching problems from multiple perspectives to provide innovative solutions in no one-single correct answer assignments (Dym and Little, 2009; Lawson and Dorst, 2009). Design-based learning is a vehicle to engage students in engineering multidisciplinary assignments in which student teams integrate and generate knowledge in the design of solutions, artifacts, and systems (Wijnen, 2000). Engineering educational tasks are carried out in open-ended projects in which the teacher facilitates and scaffolds the reasoning and inquiry process from novice to expert development working in a social and collaborative settings. Starting from these underpinnings, we define DBL as: the project characteristics, the role of the teacher, the assessment methods, the social context and design elements (Gómez *et al*, published online). Having in mind these five dimensions, we have explored the state-of-the-art empirical literature on DBL or DBL-like educational projects in higher engineering education.

In the coming sections we provide a description of the study conducted. Section two presents the theoretical framework around DBL characteristics. Next, we introduce the research questions for our study. Following, we present the method used to gather the perceptions of the teachers and students at the different engineering departments on the five design-based learning characteristics. We report consequently about the results and findings of the quantitative research. Finally, we elaborate our conclusions based on the results and summarize the implications for instructional design of design-based learning environments.

2 Theoretical framework

Design-based learning (DBL) is an educational approach which centers around the processes of inquiry and reasoning towards generating innovative artifacts, systems and solutions. The pedagogy and didactical insights of DBL are built up on problem-based learning (PBL) (Barrows 1985), where the problems represent design assignments. Evidences to consider DBL a promising instructional method to enhance the learning of the natural sciences in secondary education are to be found in approaches such as Learning by Design (LBD) and Design-based Science (DBS). These approaches are used in secondary science education and present positive results in enhancing reasoning and team work skills. In the context of higher engineering education, it is little known of the characteristics of DBL. We identify four dimensions relevant for organizing the characteristics of DBL in higher engineering education: the project characteristics, the role of the teacher, the assessment methods, the social context and the design elements.

To find out the characteristics of our dimensions, we have conducted a literature review in fifty empirical studies in the context of higher engineering education (Gómez *et al.,* published online). The selection of the articles we followed a criteria: all fifty articles have been published in international peer reviewed journals indexed in either the Thomson Reuters' (Social) Science Citation Index or accepted as scientific research journals by the Dutch Interuniversity Centre for Educational Research (ICO); the selection was based on a series of key terms in relation to higher engineering educational approaches and related to DBL practices, such as Problem-Based Learning, Project-Based Learning, Design Education, Scenario Assignments or Case-Based Studies; and finally, the time span of the publications, which was limited to 2000-2010. The result of the selection of articles based on the four criteria has constituted our database of 50 articles representing the literature on DBL.

With regards to the characteristics of the projects the articles referred to assignments conducted in open-ended (Behrens *et al.* 2010; Chinowsky *et al.* 2006; Roberts 2001; Hirsch *et al.* 2001; Denayer *et al.* 2003; Wood *et al.* 2005; Mese 2006; Maase 2008; Nonclercq *et al.* 2010), authentic (Linge *et al.* 2006; Mckenna *et al.* 2006; Massey *et al.* 2006), hands-on (Wood *et al.* 2005; Lee *et al.* 2010), real-life (Macías-Guarasa *et al*. 2006; Mckenna et al. 2006; van Til et al. 2009), and multidisciplinary (Macías-Guarasa *et al.* 2006; Nonclercq *et al.* 2010; Selfridge *et al.* 2007; Kundu and Fowler 2009; Shyr 2009) design projects.

Regarding the role of the teacher, examples referred to coaching and supervision of the students in which the teacher scaffolds the process as stepping stones for the students in solution generation, or by asking questions during different project implementation phases and in inquiring and troubleshooting (Chang et al. 2008; Etkina et al. 2006; Roberts 2001; van Til 2009).

Concerning assessment we find in the literature examples of individual assessment, formative feedback tool to monitor progress (Baley 2006; Behrens *et al.* 2010; Chang *et al.* 2008; Cheville *et al.* 2005; Lee *et al.* 2010; Masse 2008; Mese 2006; Stiver 2010) but also summative assessment of products and processes. Other examples include self- but also peer-to-peer assessment are oftentimes used assessment methods to enhance both individual and group progress (Cheville et al. 2005, Chang et al. 2008, Shyr 2009).

With regards to the social context a number of studies emphasize the link of student's presentations within industry stakeholders to develop technical and engineering domain terminology (Denayer et al. 2003; Linge and Parsons 2006; Massey et al. 2006; Mckenna *et al.* 2006; Shyr 2009). Other examples of the social context are communication by having students play roles as, for instance, engineers and customers (Martínez Monés *et al.* 2005; Nonclercq *et al.* 2010); peer-to-peer activities (Behrens *et al.* 2010; Mckenna *et al.* 2006; Cheville *et al.* 2005; and Wood *et al.* 2005; Zhan *et al.* 2010) or motivation by holding competitions (Kundu and Fowler 2009; Massey *et al.* 2006; Nonclercq et al. 2010; Roberts 2001;Wood et al. 2005).

In terms of design elements we have adopted the classification of Mehalik and Schunn (2006). This classification includes design activities which take place in the field of software engineering and working environments and may be helpful to identify whether and how design elements common to professional engineering design play a role in DBL in higher engineering education.

3 Research questions

Our interest in this comparative study is to explore whether the design-based learning characteristics are also identified by the teachers' in their educational and project-related practices. To further study empirically the characteristics of design-based learning the researchers have formulated two research questions:

1. What are the perceptions of the teachers at the engineering departments on the five DBL dimensions?
2. Are these dimensions also identified by other engineering departments in other countries?

4 Method and design of the study

To carry out this study we have selected three technical universities around the world, e.g. Eindhoven University of Technology (TU/e) in The Netherlands, University of Minho in Portugal, and Pontifical Catholic University of Sao Paulo (PUC/SP), in Brazil. These technical universities have used problem-based/project-based and design-based learning as instructional approaches in engineering study programs. We take the experience of these universities as a case study to find out whether the DBL characteristics are recognized and what the teachers' perceptions are on DBL features.

4.1 Research setting

DBL was introduced in 1997 at the Eindhoven University of Technology. This model was adopted from the PBL model from Maastricht University (Gijselaers 1996) and from the Aalborg University model of problem-oriented, project-based learning (Kolmos 2002). DBL had been developed as the university's central educational concept and was built upon discussions with directors of studies from the different departments (Wijnen 2000) and from the inspiration of good practices in from the project work model of Aalborg and Roskilde universities in Denmark (Perrenet and Pleijers 2000). The introduction of DBL was initiated, therefore, to build experiences upon practices. This was taken as an initial step to create a platform for further innovation (Perrenet *et al.* 2000). In this way, the six DBL-characteristics were typified and worked out to give direction for further development and integration of DBL in the study programmes (Wijnen 2000). DBL has been implemented for over the past 10 years but it is a concept that still needs further development.

At the University of Minho, most of the engineering degree programmes adapted to the Bologna requirements have included interdisciplinary projects. The first degree programme to do this, was the Integrated Master´s Degree in Industrial Engineering and Management. PLE was started in 2004/2005 with the first edition of an interdisciplinary first year project in which students worked according to an adapted version of the project-led engineering education method of Powell and Weenk (2003). Four courses of the second semester of the first year were transformed into one project that students had to work on during the whole semester. In the following years, the project took place at the first semester of the first year. The shift from traditional teacher-centred learning to a project approach was made for several reasons. A project approach to learning, in the first place, is student-centred and engages the learners in their learning process. It also means a shift away from fragmented disciplinary teaching and learning and creates a context for interdisciplinary learning experiences. Another motive for a change to project-based learning was the closer contact with the professional reality of the future engineers. Students, especially those who just started their degree, and are mainly involved in basic science courses, get a more balanced idea about the problems that engineers work on. The development of professional skills like leadership, working in groups, presentation and communication is another important reason for the implementation of project-based learning. The motives at the other degree programmes are similar, although the model may be different.

The Biomedical Engineering program at PUC-SP began in 2009, fully implemented on Problem Based Learning (PBL) strategy. In the program's project the curriculum organization is no longer by subjects but pass to prioritize a multi-disciplinary organization in modules, allowing inter and transdisciplinarity. The program structure includes five different thematic areas, including activities for biomedical engineers, as suggested by the Brazilian Society of Biomedical Engineering (SBEB 2007), being treated in a progressive manner, complementary and integrated over the duration of the program (five years). The thematic areas are structured around core modules and associated modules, including theoretical and practical contents related to each thematic areas and complementary contents such as communication skills and expression, administration, law, entrepreneurship, bioethics, inclusion and social responsibility and sustainability. The problems that are presented along each thematic area give priority to the technical, ethical and humanist aspects, the most important situations, of higher prevalence and with greater potential for intervention. A challenge faced in the implementation of the process relates to assessment methods. The continuous assessment tools are used and reviewed by the program coordinator and discussed with the program's collegiate so that their interpretations can be used to improve the program and overcome the challenges that stand constantly in this methodology. The aim of such assessments and analyses is to allow continued discussion on all aspects that guide the new curriculum and allow its frequent rethinking. The measurement of the results of the management is done at various levels of evaluation, including the evaluations of the students, contents, format and organization of the program. Another level covers the evaluation of the program's project implementation and the evaluation of the program coordinator besides the support that the dean of the faculty offers.

4.2 Survey

For the purpose of this study we have selected different departments in the three universities. At Eindhoven University of Technology we have included four engineering departments, e.g. Mechanical Engineering (ME), Electrical Engineering (EE), Architecture, Building and Planning (Arch.), and Industrial Design (ID). The rationale behind was to collect the perceptions and the practices of two creative-type of engineering undergraduate studies, e.g. Industrial Design and Architecture Building and Planning, and two technical-oriented studies, Mechanical Engineering and Electrical Engineering.

At the University of Minho we selected the following departments Biomedical Eng., Mechanical Eng., Electrical Eng., Polymers, Maths., Production, Chemistry and Information Systems.

The engineering study program from PUC/SP is Biomedical Engineering (EngBio) department.

4.2.1 Sampling

At the Eindhoven University of Technology we have selected the second year of the undergraduate program for this study because it was part of a larger doctoral dissertation research. Reasons for the selection of the second year both teachers and students were that first year students are less familiar with the educational context of engineering design assignments in teams at undergraduate level; and that projects in capstone courses are carried out sometimes individually in some departments. Subsequently, we selected a population of second year teachers and students who are already familiar with the pedagogical concept of design-based learning and who have already gained some experience in previous teamwork projects. Likewise, we approached teachers who have designed, coached and assessed students in second year projects. For the purpose of this comparative study, we will only focus on teachers' perceptions. The data presented in this study represents only the teachers' perceptions. Data related to students' perceptions have been consequently removed. Table 1 presents the sample size of teachers per department who participated in the survey in the TU/e.

Table 1 Sample size of teachers per department who participated in the survey in the TU/e

Population Teachers	Frequency
ME	12
EE	11
Arch.	11
ID	18
	Total 52

At the University of Minho and PUC/SP we have selected all teachers from all integrated master´s degree because our interest was to gather information on whether the DBL characteristics are recognized in engineering studies. We are also aware that the application of the DBL dimensions, and more specifically, project characteristics, could be sometimes limited due to the scope of some projects in some disciplines. Table 2 and Table 3 summarizes the sampling at these universities. The questionnaire used at the Eindhoven University of Technology has been readjusted and more items were added (N=48) for the purpose of this study at the University of Minho and PUC/SP.

Table 2. Sample size of teachers per department who participated in the survey at University of Minho

Population Teachers	Frequency
Mechanical Eng.	5
Electrical Eng.	2
Polymers	3
Maths	2
Production	6
Chemistry	1
Information Systems	2
	Total 21

Table 3. Sample size of teachers per department who participated in the survey at PUC/SP

Population Teachers	Frequency
Biomedical Eng.	7
	Total 7

4.2.2 Instruments

The instrument consisted of a structured Likert-type questionnaire with a 1 to 5 scale containing N=40 items. This questionnaire was designed to collect perceptions on the disagreement or agreement on statements related to the five dimensions and their characteristics of design-based learning encountered in the empirical studies. This questionnaire was developed in the framework of a doctoral dissertation research to gather the perceptions of teachers and students about DBL.

Prior to sending it to the selected target group, the questionnaire was validated with two teachers, two tutors and two students. We adjusted the questions according to their suggestions for improvement. The list of items was constructed from a literature review of 50 empirical studies on engineering education (Gómez et al., 2011) in which we identified the five dimensions and characteristics of design-based learning which are part of our DBL theoretical framework (Gómez *et al.,* published online). Reliability test of the questionnaire instrument applied in the research study at the Eindhoven University of Technology (Gómez et al; to be submitted shortly to journal) showed that two dimensions, e.g. assessment and social context, are unreliable, due to a low number of items regarding these two dimensions in the questionnaire. The correlations between the five dimensions, however, are substantial ranging from .33 to .68 (Pearson correlation) suggesting that the five characteristics are connected.

Table 4. Reliability per scale according to teachers/tutors' and students' perceptions and example of items*

Dimensions	α	k	Example of questionnaire items
Project charac.	.78	11	"Projects are open-ended, e.g. no unique solution is given in the end, looking for alternatives is encouraged"
			"Each project task opens up a new and different exploring and experiencing phase (e.g. tasks to look for information to solve next problem, to interpret and analyse results, to apply newly-gained knowledge, to try-out)"
Social context	.35	3	"When working in project teams, student-to student feedback on group activities takes place (e.g. feedback on individual contribution to report, writing skills, presentations, analysis of findings)"
			"Project tasks encouraged competition among groups of students"
Teachers' role	.83	8	"Teacher gives feedback on learning process (e.g. teacher gives feedback on selection of information, decisions made by the student, preparation, execution and evaluation of project activities"
			"During project implementation, teacher gives regularly individual feedback on content contributions to the project progress (e.g. conceptual and technical design, prototype)"
Assessment	.29	4	"During project work students are assessed individually on subject matter through quizzes, presentations, interim reports, exams, technical design"
			"In projects, student-to-student assessment takes place (e.g. peer assessment on participation in project group, contributions on assignments)"
Design elements	.80	14	"When student teams are involved in projects, students test hypothesis and explore the reasons for a design to fail"
			"In projects, students explore engineering facts by looking at specific properties of design aspects (e.g. to double-check a given; to articulate principles and compare with others' investigation)"

*The results and examples of questions in this questionnaire are developed in the framework of Ph.D. research.

Results of the reliability test lead the research team at Minho University and PUC/SP university to further adjust the instrument. We have therefore added four more items in the dimensions assessment and in the social context (N=48).

Table 5. Reliability results test show that all dimensions are reliable in the survey conducted in these two universities

Dimensions	α
Project characteristics	.64
Social Context	.74
Teacher's role	.80
Assessment	.76
Design elements	.88

5 Results

5.1 Results and findings of the survey

Results of the Eindhoven University of Technology reveal that the average of mean scores of the four departments varies just above of the average 3 in the Likert scale. There are differences in the means between all departments and Industrial Design in characteristics such as projects' characteristics, the teacher's role, the assessment, and the design elements. The results suggest that Industrial Design projects are closer to the design-based learning characteristics and practices of the state-of-the-art literature.

We have conducted an ANOVA to know whether there are significant differences between groups on the some characteristic. Results of analysis of ANOVA confirm the significant differences among all departments in project characteristics, the role of the teacher, and the design elements. No major statistically significant differences are perceived in the variables social context and in assessment. Subsequently, we have conducted a Post-Hoc analysis to identify the significant differences among departments. Results of the Post-Hoc analysis reveal that there are significant differences between ID and the rest of the departments regarding the project characteristics and the design elements. With regards to the teachers' role significant differences are encountered between ID and ME and EE. (Gómez et al., to be submitted shortly to journal).

Table 6. Means and standard deviation at the Eindhoven University of Technology (The Netherlands), University of Minho (Portugal) and PUC/SP (Brazil)

Dimensions TU/e (The Netherlands)	Mean	SD	Dimensions Un. Minho (Portugal)	Mean	St. Dev.	Dimensions PUC/SP (Brazil)	Mean	St. Dev.
Project charact.	* 3,6	,64	Project charact.	3.7	.44	Project charact.	3.8	4.7
Social context	3,5	,58	Social Context	4.0	.44	Social Context	3.9	.60
Teacher	*3,9	,54	Teacher's role	3.8	.37	Teacher's role	4.1	.67
Assessment	*3.9	.51	Assessment	3.9	.58	Assessment	3.9	.62
Design elements	*3,8	,48	Design elements	3.7	.46	Design elements	3.8	.70

The mean difference is significant at the .05 level

Studying results of the means and standards of University of Minho (Portugal) we perceive that the average of mean score is just above of the average 3 in the Likert scale. Results of ANOVA test conducted in Univ. of Minho and Univ. of PUC/SP (Brazil) shows no significant differences among the departments in these two universities regarding the five DBL dimensions.

6 Conclusion

The purpose of this comparative study was to investigate teacher's perceptions on the design-based learning characteristics. Furthermore, our interest focused on exploring empirically whether the design-based learning dimensions of our theoretical framework, e.g. the project characteristics, the social context, the teachers' role, the assessment, and the design elements, are identified by teachers' at technical universities all over around the world.

Our findings indicate that teachers identify the DBL dimensions. Although teachers at all departments identify the design-based learning characteristics significant differences are however encounter at the engineering departments at the Eindhoven University of Technology and more specifically in the dimensions project characteristics, the role of the teacher, and in the design elements.

Results at University of Minho and PUC/SP reveal that the DBL characteristics are recognized by the teachers at the engineering study programs at these universities.

We can conclude, therefore, that the educational design-based learning model at these universities resembles the current trends in engineering design education as found in the state-of-the-art literature. Moreover, as the data gathered in this comparative study are drawn from teachers' perceptions we can interpret, carefully, that the design-based learning characteristics are part of the educational practices of the engineering study programs at different technical universities, and that design activities conducted by students in project settings represent authentic engineering scenarios. We are aware that this case is a comparative study and that further research on the nature of the projects needs to be examined against the dimensions of the DBL framework. Based on the results, however, we can cautiously affirm that DBL characteristics are encountered in the PLE practices at University of Minho and the PBL practices at PUC/SP.

The perceptions of the teachers could be also representative in other engineering study programs. We imply, therefore, that the results of this case may be of interest for other technical universities and that the results of this study can serve as a mechanism to review the design projects.

It is noteworthy to mention that although the sampling of our research study was small in some universities, such as in PUC/SP (Brazil), and that the differences in the nature and character of the educational project models, this instrument has served to highlight the characteristics embedded in the projects, and to illustrate that the projects include international and state-of-the-art features.

The results in this study provide examples and opportunities for intervention for other universities to include the dimensions in the educational project activities. To prepare students for engineering practices, the instructional design of projects and the learning activities are to situate learning in contexts in which students perform engineering authentic professional tasks, including open-ended problem-solving scenarios in which students learn to inquiry and reason design solutions.

The development of instructional design of design-based learning projects requires further empirical research together with teachers. However, these interventions need to be aligned with curriculum outcomes and academic requirements.

References

Baley, R. (2006). Assessing engineering design process knowledge. International Journal of Engineering Education, 22(3), 508–518.

Barrows, H.S. (1985). How to design a problem-based curriculum for the preclinical years. New York: Springer Publishers.

Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. Assessment in Education, 5(1), 7–74.

Behrens, A., Atorf, L., Schwann, R., Neumann, B., Schnitzler, R., Ballé, J., Herold, T., Telle, A., Noll, T.G. Hameyer, K., & Aach, T. (2010). MATLAB Meets LEGO Mindstorms – A freshman introduction cCourse into practical engineering. IEEE Transactions on Education, 53(2), 306-317.

Brown, J.S., Collins A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning, Educational Researcher, 18(1), 32-42.

Chang, G.-W., et al., (2008). A progressive design approach to enhance project-based learning in applied electronics through an optoelectronic sensing project. IEEE Transactions on Education, 51(2), 220–233.

Chinowsky, P.S., Brown, H., Szajnman, A., & Realph, A. (2006). Developing knowledge landscapes through project-based learning. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 132(2), 118–124.

Denayer, I., Thaels, K., Vander Sloten, J., & Gobina , R. (2003). Teaching a structured approach to the design process for undergraduate engineering student by problem-based education. European Journal of Engineering Education, 28(2), 203–214.

Dym, C.L., & Little, P. (2009). Engineering Design: A project-based introduction. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc.

Etkina, E., Murthy, S. & Zou, X. (2006). Using introductory labs to engage students in experimental design. American
Journal of Physics, 74(11), 979–986.

Gijselaers,W.H., (1996). Connecting problem-based practices with educational theory. In: L. Wilkerson & W. Gijselaers, (Eds.), Bringing problem-based learning to higher education: Theory and practice. New directions in teaching and learning (pp.13–21). San Francisco: Jossey Bass.

Gómez Puente, S.M., van Eijck, M., & Jochems, W. (2011). Towards characterising design-based learning in engineering education: a review of the literature. European Journal of Engineering Education, 36(2), 137-149.

Gómez Puente, S.M., van Eijck, M., & Jochems, W. (published online DOI 10.1007/s10798-012-9212-x) A sampled literature review of design-based learning approaches: A search for key characteristics. International Journal of Technology and Design Education.

Gómez Puente, S.M., van Eijck, M., Jochems, W. (to be submitted shortly to journal). Teachers' and students' perceptions in design-based learning: An analysis of practices.

Hirsch, P.L., Shwom, B.L., Yarnoff, C., Anderson, J.C., Kelso, D.M., Olson, G.B., & Colgate, J.E. (2001). Engineering design and communication: the case for interdisciplinary collaboration. International Journal of Engineering Education, 17(4), 342–348.

Kolmos, A., (2002). Facilitating change to a problem-based model. International Journal for Academic Development, 7(1), 63–74.

Kundu, S. and Fowler, M.W. (2009). Use of engineering design competitions for undergraduate and capstone projects.
Chemical Engineering Education, 43(2), 131–136.

Lawson, B., Dorst, K., (2009). Design Expertise. Oxford: Architectural Press (Elsevier).

Lee, Ch.-Sh., Su, J-H., Lin, K-E., Chang, J-H., & Lin, G-H. (2010). A project-based laboratory for learning embedded system design with industry support. IEEE Transactions on Education, 53(2), 173–181.

Linge, N. & Parsons, D. (2006). Problem-based learning as an effective tool for teaching computer network design. IEEE Transactions on Education, 49(1), 5–10.

Maase, E.L. (2008). Activity problem solving and applied research methods in a graduate course on numerical methods. Chemical Engineering Education, 42(1), 23–32.

Macías-Guarasa, J., Montero, J.M., San-Segundo, R., Araujo, A., Nieto-Taladriz, O. (2006). A project-based learning approach to design electronic systems curricula. IEEE Transactions on Education, 49(3), 389–397.

McKenna, A., Colgate, J.E., Carr, .S.H., & Olso, G.B. (2006). IDEA: formalizing the foundation for an engineering design education. International Journal of Engineering Education, 22(3), 671–678.

Martínez Monés, A., Gómez-Sánchez, E., Dimitriadis, I.A., Jorrín-Abellán, I.M., Rubia-Avi, B., & Vega-Gorgojo, G. (2005). Multiple case studies to enhance project-based learning in a computer architecture course. IEEE Transactions on Education, 48(3), 482–488.

Massey, A.P., Ramesh, V. & Khatri, V. (2006). Design, development and assessment of mobile applications: the case for problem-based learning. IEEE Transactions on Education, 49(2), 183–192.

Mese, E. (2006). Project-oriented adjustable speed motor drive course for undergraduate curricula. IEEE Transactions on Education, 49(2), 236–246.

Mehalik, M.M. & Schunn, C. (2006). What constitutes good design? A review of empirical studies of design processes. International Journal of Engineering Education, 22(3), 519–532.

National Academy of Engineering of the National Academies. 2005. The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century, Washington DC: The National Academies Press.

Nonclercq, A., et al., (2010). Problem-based learning in instrumentation: synergism of real and virtual modular acquisition chains. IEEE Transactions on Education, 53(2), 234–242.

Perrenet, J.C. & Pleijers, A.J.S.F., (2000). OGO over de grens: verslag van een interfacultaire studiereis naar Denemarken, OGO-brochure no.3. Eindhoven: Eindhoven University of Technology, Educational Service Centre.

Perrenet, J.C., Bouhuijs, P.A.J. and Smits, J.G.M.M., (2000). The suitability of problem-based learning for engineering
education: theory and practice. Teaching in Higher Education, 5(3), 345–358.

Powell, P. & Weenk, W. (2003). Project-led engineering education. Utrecht: Lemma.

Roberts, L. (2001). Developing experimental design and troubleshooting skills in an advanced biochemistry lab.
Biochemistry and Molecular Biology Education, 29, 10–15.

SBEB. Áreas de atuação do Engenheiro Biomédico. Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica. Disponível em www.sbeb.org.br, 2007.

Schachterle, L., & Vinther, O. (1996). The role of projects in engineering education. European Journal of Engineering Education, 21(2), 115-120.

Selfridge, R.H., Schultz, S.M. and Hawkins, A.R., (2007). Free-space optical link as a model undergraduate design project. IEEE Transactions on Education, 50 (3), 208–215.

Shyr, W.-J. (2009). Teaching mechatronics: an innovative group project-based approach. Computer Applications in Engineering Education, [preprint]. Available from: http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cae.20377/abstracts.

van Hattum-Janssen N., & Mesquita, D. (2011). Teacher Perception of Professional Skills in a Project-Led Engineering Semester. European Journal of Engineering Education. 36(5), 461-472.

van Til, R.P., Tracey, M.W., Sengupta, S., Fliedner, G. (2009). Teaching lean with an interdisciplinary problem-solving learning approach. International Journal of Engineering Education, 25(1), 173–180.

Vest, C.M. (2008). Context and challenge for twenty-first century engineering education. *Journal of Engineering Education*, 97(3), 235-240.

Walther, J., & Radcliffe, D.F. (2007). The competence dilemma in engineering education: Moving beyond simple graduate attribution mapping. *Australasian Journal of Engineering Education*, 13(1), 41-51.

Wijnen, W.H.F.W. (2000). Towards design-based learning. Eindhoven: Eindhoven University of Technology Educational Service Centre.

Wood, J., Campbell, M., Wood, K., & Jensen, D. (2005). Enhancing the teaching of machine design by creating a basic hands-on environment with mechanical 'breadboards'. International Journal of Mechanical Engineering Education, 33(1), 1–25.

Analysis of the use of project-based learning in an Industrial Engineering course at a public university

Ana Maria Silveira Turrioni, João Batista Turrioni

Instituto de Engenharia de Produção e Gestão, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, Brasil

Email: amsturrioni@hotmail.com, joabatu@gmail.com

Abstract

This paper discusses the adoption of Problem Based Learning in teaching Industrial Engineering at a Public University in Brazil. It is an isolated experience, since the studied institution does not adopt this model in their pedagogic project. This research was developed from the initiative of the teacher who found that there was a possibility to realize the experiment since a public body made a request for a project in the area of Quality Management. The project was developed and the model used was the Problem Based Learning. The scope of the problem was the implementation of a Quality Management System in a public body and the stipulated duration was 24 months. The project team was composed of teachers, graduate and undergraduate students in Industrial Engineering. The results shows that the adopt model may be useful in many aspects of industrial engineering teaching, especially in creating an environment focused on student learning and developing skills for teamwork and interpersonal relationships.

Keywords: Problem Based Learning; Industrial Engineering; Quality Management, Teamwork

1 Introdução

Este trabalho apresenta o relato da utilização de um projeto de pesquisa financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Geral (FAPEMIG) como alternativa para o uso do Aprendizado Baseado em Problemas (ABP) como abordagem didático-pedagógica na disciplina Gestão da Qualidade em um curso de Engenharia de Produção.

O uso do ABP no ensino de engenharia já vem sendo discutido em diversos eventos acadêmicos, com destaque para o *International Symposium on Project Approaches in Engineering Education(PAEE)*, Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia (COBENGE) e Encontro Nacional em Engenharia de Produção (ENEGEP), o que justifica a análise experimental conduzida neste trabalho.

O objetivo foi analisar a adequação do ABP como abordagem em uma disciplina isolada, destacando-se que na situação analisada não ocorreram mudanças na estrutura curricular, mas somente na forma de conduzir a disciplina.

Como principais resultados destacam-se o maior envolvimento dos alunos possibilitando o desenvolvimento de habilidades para trabalho em equipe e melhorando as relações interpessoais entre alunos da graduação e da pósgraduação.

2 O Aprendizado Baseado em Problemas

Atualmente há pesquisadores avaliando outros métodos de ensino que possibilite obter mais dos alunos (conhecimento, habilidades e atitudes). Uma proposta seria a abordagem com foco na atividade prática, que estimule a participação do aluno como agente ativo no aprendizado. (CARDOSO, 2011)

Neste formato de ensino mais prático, é comum o uso de estudos de caso, resolução de problemas, jogos, simulações, enfim, atividades que induzam o aluno a associar o conhecimento e a habilidade adquirida à sua vida profissional (ou pessoal).

Cardoso (2011) define o modelo tradicional de ensino como entediante, estático, previsível e sem desafios. Resumidamente o autor lista as limitações verificadas no atual modelo de ensino:

- Não reconhece ou distingue os domínios cognitivos, afetivos e comportamentais;

- Dificulta a obtenção de competências críticas para avaliar e filtrar fontes de informações externas à sala de aula;

- A própria estrutura física das salas de aula prejudica o aprendizado ativo ou de vida;

- Restringe o aprendizado do aluno ao que o professor tem intenção de ensinar;

- Enfatiza a transmissão do conhecimento por um reconhecido conhecedor do assunto (professor) para indivíduos isolados, não favorece o aprendizado colaborativo e social.

Yeo (2005) defende que as técnicas modernas de educação requerem do aluno um papel mais ativo no processo de obtenção do conhecimento, a fim de fazê-lo experimentar vários processos que vão desde o auto-aprendizado direto até grupos de discussão, passando por estudo em pares e orientação do professor. É válido salientar que neste novo modelo, a responsabilidade maior está sob o aluno e não mais sobre o professor.

O educador passa para um papel de orientador, um verdadeiro guia que habilita o aluno a assumir a responsabilidade pelo seu processo de aprendizado. É normal o uso de problemas relacionados com a vida real, com o cotidiano; onde são identificadas algumas questões pertinentes e as potenciais soluções são discutidas e exploradas (CARDOSO, 2011).

Uma abordagem que vai de encontro às novas propostas de ensino é o Aprendizado Baseado em Problemas (ABP), nela o aluno é induzido a quebrar o paradigma de que depende do professor para aprender; passa-se para a concepção da auto-suficiência. (YEO, 2005)

É sabido que há sinais de desgaste no modelo educacional da engenharia, que se mostra insuficiente para atender as demandas atuais, portanto, Cardoso (2011) infere como grande desafio para os próximos anos, a busca por um novo modelo de organização dos cursos de engenharia.

Cardoso (2011) conceitua o Aprendizado Baseado em Problemas como uma metodologia de ensino e aprendizado que utiliza problemas para iniciar, enfocar e motivar a aprendizagem dos conhecimentos em termos de conceitos, procedimentos e atitudes. Esta metodologia é centrada no aluno, de modo que o estimule a realizar pesquisas, integrar a prática à teoria; e aplicar os conhecimentos para resolver o problema proposto.

No ABP é apresentada uma seleção de problemas e um tutor que orienta e acompanha o desenvolvimento do processo de aprendizado dos alunos.

Ribeiro (2008) afirma que o Aprendizado Baseado em Problemas não está relacionado à teoria, não se trata de uma pesquisa bibliográfica, não é um método de estudo de casos tão pouco uma técnica de resolução de problemas.

A origem do ABP ocorreu no currículo do ensino das ciências da saúde na América do Norte a partir da década de 50. A Universidade de McMaster, no Canadá introduziu em seu curso de medicina o processo tutorial como filosofia central para readequar todo o seu currículo de modo que o foco no aluno, a educação multidisciplinar e o aprendizado na prática fosse características permanentes do curso (SAVERY, 2006)

Nos anos 80 e 90 o ABP passou a ser usado em outras escolas de medicina e passou a ser aceita na América do Norte e na Europa. Estudos realizados comparando o ABP ao processo convencional de ensino mostrou que os alunos que estudaram pelo ABP tiveram melhores resultados nas competências relacionadas a solução de problemas clínicos, embora ambas as abordagens apresentem resultados similares em testes tradicionais de conhecimento (CARDOSO, 2011).

O ABP é o eixo principal do aprendizado teórico do currículo de algumas escolas de Medicina, cuja filosofia pedagógica é o aprendizado centrado no aluno. É baseado no estudo de problemas propostos com a finalidade de fazer com que o aluno estude determinados conteúdos. Embora não constitua a única prática pedagógica, predomina para o aprendizado de conteúdos cognitivos e integração de disciplinas. Esta metodologia é formativa à medida que estimula uma atitude ativa do aluno em busca do conhecimento e não meramente informativa como é o caso da prática pedagógica tradicional.

Berbel (1998) diz que na metodologia ABP é importante preparar uma série de situações que o aluno deverá saber/ dominar. Deve-se analisar cada situação para que se determine que conhecimentos o aluno deverá possuir para cada uma delas. As conjunturas apresentadas deve ser coerentes com os temas de estudo. Cada tema será transformado em um problema para ser discutido em um grupo tutorial.

Sakai e Lima (1996) baseados nas orientações seguidas pela Faculdade de Medicina da Universidade de Maastricht-Holanda, inferem que a construção do problema deve:

1. Consistir de uma descrição neutra do fenômeno para o qual se deseja uma explicação no grupo tutorial;
2. Ser formulado em termos concretos;
3. Ser conciso;
4. Ser isento de distrações;

5. Dirigir o aprendizado a um número limitado de itens;
6. Dirigir apenas a itens que possam ter alguma explicação baseada no conhecimento prévio dos alunos;
7. Exigir não mais que em torno de 16 horas de estudo independente dos alunos para que seja completamente entendido de um ponto de vista científico (complementação e aperfeiçoamento do conhecimento prévio).

A esfera cognitiva do Currículo ABP deve garantir que o aluno estude situações suficientes para se capacitar a procurar o conhecimento por si mesmo quando se deparar com uma situação problema ou um caso real (BERBEL, 1998).

O Aprendizado Baseado em Problemas tem o grupo tutorial como apoio para os estudos. O grupo tutorial é composto de um tutor e pelo grupo de alunos. Dentre os alunos, um será o coordenador e outro será o secretário. Para a equipe são apresentados o problema que deverá ser resolvido (BERBEL, 1998).

Berbel (1998) explica que o método de estudo tutorial é composto por 7 passos:

1. Leitura do problema, identificação e esclarecimento de termos desconhecidos;
2. Identificação dos problemas propostos;
3. Formulação de hipóteses explicativas para os problemas identificados no passo anterior (os alunos se utilizam nesta fase dos conhecimentos de que dispõem sobre o assunto);
4. Resumo das hipóteses;
5. Formulação dos objetivos de aprendizado (trata-se da identificação do que o aluno deverá estudar para aprofundar os conhecimentos incompletos formulados nas hipóteses explicativas);
6. Estudo individual dos assuntos levantados nos objetivos de aprendizado;
7. Retorno ao grupo tutorial para rediscussão do problema frente aos novos conhecimentos adquiridos na fase de estudo anterior.

A Aprendizagem Baseada em Problemas tem uma sequência de problemas a serem estudados. Ao término de um, inicia-se o estudo do outro. O conhecimento adquirido em cada tema é avaliado ao final de cada módulo, com base nos objetivos e nos conhecimentos científicos (BERBEL, 1998).

O método está em plena expansão e tem sido adotado no ensino básico, médio, profissionalizante e superior (também de áreas não relacionadas à saúde) (YEO, 2005).

2.1 O Uso do Aprendizado Baseado em Problemas no Ensino de Engenharia

Estudos estão sendo realizados no sentido de identificar as competências técnicas e comportamentais requeridas aos engenheiros na atualidade. Cardoso (2011) cita algumas dessas competências como capacidade de comunicação, habilidade para trabalhar em equipe, ampla visão dos problemas relacionados à sua profissão (ambientais, sociais e econômicos) além é claro de estar capacitado para aplicar o conhecimento adquirido na sala de aula na vida prática.

Mills e Treagust (2003) chamam a atenção para revisões que estão acontecendo no ensino da engenharia em vários países e que estão alterando a ênfase de "o que está sendo ensinado" para "o que está sendo aprendido". Segundo os autores, em síntese, os pontos críticos no ensino da engenharia que precisam ser examinados são:

1. Os cursos de engenharia não fornecem integração adequada entre o aprendizado técnico e sua aplicabilidade. Os programas são de conteúdo dirigido;
2. Os programas não oferecem experiências de projeto suficiente aos estudantes;
3. Os alunos não têm suas habilidades de comunicação e de trabalho em equipe desenvolvida adequadamente durante seus estudos;
4. É escasso o ensino e o desenvolvimento de questões ambientais, sociais, legais e econômicas durante o curso;
5. O ensino superior é carente de atividades práticas, que capacitam os alunos a relacionar teoria e prática, a promoção recompensa as atividades de investigação e não a experiência prática ou a experiência docente;
6. A estratégia de ensino está desatualizada e precisa ter foco no aluno.

Outra questão abordada por Cardoso (2011) tem cunho cultural, onde a profissão de engenheiro tem predominância masculina, conservadora e foco na técnica. O autor julga a prática ABP como uma resposta parcial aos problemas da educação na engenharia.

Como já abordado anteriormente, a proposta desta pesquisa, nunca teve a ambição de apresentar o ABP como uma metodologia única ou mais adequada no ensino de engenharia. A intenção é oferecer mais uma ferramenta que agregue qualidade na formação do futuro engenheiro.

A gênese deste projeto, ora apresentado, remonta a uma proposta oferecia aos alunos do curso de graduação em engenharia de produção da Universidade Federal de Itajubá, durante a disciplina de Gestão da Qualidade.

Busca-se estimular os alunos a aplicarem os conhecimentos adquiridos em sala de aula relacionados aos modelos de excelência e aos prêmios da qualidade através da metodologia de Aprendizado Baseado em Problemas. O trabalho será realizado em grupos e subgrupos de estudo e os alunos serão apresentados a situações reais que lhes exigirão discernimento para usar seus conhecimentos previamente adquiridos.

Através dos problemas apresentados, os alunos terão a possibilidade de desenvolver competências comportamentais.

3 O uso do Aprendizado Baseado em Problemas na disciplina Gestão da Qualidade

O caso estudado utilizou como referência teórica a proposta de Melo-Solarte e Baranauskas(2008) que propõem a seguinte estrutura para a implantação:

Fase 01: Proposição do Problema – Nesta fase os professores desenvolvem a proposição do problema, que deve ter como característica principal a estrutura aberta. São definidas também as atividades relacionadas ao problema, o material de apoio, o cronograma e os grupos de trabalho.

Fase 02: Análise e Clarificação do Problema – Nesta fase cada estudante faz uma primeira aproximação do problema e dos conteúdos base disponibilizados pelos professores, esta análise ajuda no entendimento da situação real do problema através da discussão e levantamento dos temas que podem contribuir na tomada de decisão para o desenvolvimento da proposta da equipe, destaca-se que toda a documentação gerada nesta fase deve ficar disponível para consultas por todos os grupos.

Fase 03: Propostas e desenvolvimento de soluções - Nesta fase os integrantes das equipes dialogam sobre os resultados das buscas individuais e constroem as propostas de solução, destaca-se que o importante não é a definição da solução, mas sim a reflexão sobre as alternativas existentes.

Fase 04: Socialização – Nesta fase os resultados das equipes são socializados, com cada grupo individualmente apresentado as soluções propostas e recebendo contribuições dos professores e dos demais grupos.

Fase 05: Síntese do Processo – Nesta fase é desenvolvido o relatório com a síntese das atividades, e é de responsabilidade dos professores. Este relatório fica disponível para futuras consultas para o aperfeiçoamento na prática da Abordagem Baseada em Problemas.

O caso que será descrito a seguir trata da utilização desta abordagem para a disciplina de Gestão da Qualidade que é oferecida para os cursos de Engenharia Mecânica, Engenharia de Controle e Automação e Engenharia de Produção na Universidade Federal de Itajubá.

Inicialmente os professores preparam uma abordagem para a implantação de um modelo de Gestão da Qualidade na Prefeitura do Município, a partir desta proposta decidiu-se adotar o problema como base para uma experiência na aplicação da ABP na Instituição.

O curso escolhido foi o de Engenharia de Produção, onde 20 alunos se apresentaram como voluntários para a condução do projeto juntamente com os professores.

Estes alunos foram voluntários, sendo que os professores realizaram um convite para alunos do segundo, terceiro e quarto anos, o primeiro ano e o quinto ano foram excluídos porque a disciplina é oferecida no oitavo semestre, ou seja, os alunos do quinto ano já haviam cursado as disciplinas e os do primeiro ano ainda não estavam adaptados a forma de trabalho da universidade.

Após a definição dos participantes da graduação os alunos do curso de pósgraduação que realizam pesquisas na área de Gestão da Qualidade foram convidados para atuarem como tutores do projeto como parte das suas atividades acadêmicas.

A equipe inicial do projeto contou com a participação de 20 alunos de graduação, 6 alunos do programa de pós-graduação e 4 professores.

O problema abordado foi a proposição de um Sistema de Gestão da Qualidade para uma Prefeitura Municipal no Estado de Minas Gerais.

O modelo teórico que foi utilizado como referencial teórico para o desenvolvimento da solução foi o Premio Nacional de Gestão Publica (PQGF)

De acordo com Brasil (2008a), o PQGF tem o propósito de contribuir para a transformação da gestão pública e estimular as organizações públicas a assumirem o compromisso de mudança, visando a melhoria contínua. O PQGF tem os objetivos de:

- Reconhecer formalmente os resultados alcançados pelas organizações com a implantação da Excelência em Gestão;
- Estimular órgãos e entidades da administração pública brasileira a priorizarem ações voltadas para a melhoria da gestão e do desempenho institucional;
- Alavancar setores estratégicos do Governo para a excelência na Gestão Pública;
- Dar visibilidade ao tema Gestão Pública, investindo na sua melhoria; e
- Disseminar para o setor público brasileiro informações sobre sistemas de gestão bem-sucedidos.

Segundo Brasil (2007), a auto-avaliação é a forma recomendada pelo GESPÚBLICA para a avaliação da gestão organizacional para o início no Programa. A organização deve comparar o seu sistema de gestão com o sistema de gestão de referência do GESPÚBLICA anunciado pelo Modelo de Excelência em Gestão Pública (MEGP), que é instrumentalizado em critérios de excelência cujos conteúdos são requisitos de avaliação. Esses critérios fornecem estrutura e conteúdo aos três instrumentos, que são de 250, 500 e 1000 ponto, para avaliação da Gestão Pública. Recomenda-se que as organizações iniciem pelo instrumento de 250 pontos.

O quadro 1 demonstra os instrumentos de pontuação com os seus critérios de pontuação. Esses critérios de avaliação são constituídos de itens que descrevem os requisitos relativos às práticas de gestão e resultados. Todos os critérios foram originados do MEGP.

Quadro 1 - Critérios e itens de avaliação e pontuações máximas

Critérios de avaliação	Itens	Instrumentos		
		250	500	1000
1 Liderança	1.1 Sistema de liderança 1.2 Cultura da Excelência 1.3 Análise crítica do desempenho global	25	45	90
2 Estratégias e Planos	2.1 Formulação das estratégias 2.2 Desdobramento e operacionalização das estratégias 2.3 Formulação do sistema da medição do desempenho	25	45	90
3 Cidadãos e Sociedade	3.1 Imagem e Conhecimento mútuo 3.2 Relacionamento com os cidadãos-usuários 3.3 Interação com a Sociedade	25	45	90
4 Informação e conhecimento	4.1 Gestão das informações da organização 4.2 Gestão das informações comparativas 4.3 Gestão do conhecimento	25	45	90
5 Pessoas	5.1 Sistemas de trabalho 5.2 Educação e capacitação 5.3 Qualidade de vida	5	45	90
6 Processos	6.1 Gestão de processos finalísticos 6.2 Gestão de processos de apoio 6.3 Gestão de processos de suprimentos 6.4 Gestão orçamentária e financeira	25	45	90
7 Resultados	7.1 Resultados relativos aos cidadãos-usuários 7.2 Resultados relativos à interação com a sociedade 7.3 Resultados orçamentários e financeiros 7.4 Resultados relativos às pessoas 7.5 Resultados relativos a suprimento 7.6 Resultados relativos aos serviços e produtos 7.7 Resultados dos processos de apoio e organizacionais	100	230	460

Fonte: adaptado de Brasil (2008b)

Como forma para a adoção do modelo foi definida uma proposta contendo 5 etapas:

1. Definição dos módulos de treinamento.
2. Preparação do material didático.
3. Capacitação dos funcionários Públicos.
4. Acompanhamento das atividades de implantação.
5. Realização da auto avaliação.

Os alunos participaram de todas as etapas, sendo que os professores e alunos da pós-graduação tiveram atuação limitada as etapas 3 e 5.

Todo o material desenvolvido foi anexado ao relatório enviado a FAPEMIG e está documentado e arquivado em forma eletrônica, permitindo, desta forma, a consulta no caso da utilização da mesma abordagem em futuras turmas.

4 Resultados e Conclusões

Apesar da Prefeitura Municipal não ter dado continuidade ao processo de implantação do Sistema de Gestão da Qualidade desenvolvido. O projeto pode ser considerado em termos acadêmicos como bem sucedido.

O projeto teve a duração de dois anos e muitos dos alunos envolvidos cursaram a disciplina de Gestão da Qualidade juntamente com alunos que não participavam do projeto, foi observada uma grande mudança em relação aos alunos não participantes do projeto, principalmente no que diz respeito a autonomia e a iniciativa para a participação tanto em sala de aula, como nas atividades complementares.

Além deste aspecto notou-se que os participantes do projeto disseminaram a proposta entre os colegas e os próprios alunos começaram a solicitar que a abordagem continuasse a ser adotada para possibilitar a participação de um maior número de alunos.

Estas solicitações resultaram em um novo projeto que se iniciou no ano de 2012 junto ao Batalhão da Polícia Militar do município.

Este aspecto já propiciou a discussão no colegiado do curso para a revisão do currículo e análise da melhor forma para introdução da abordagem no curso de Engenharia de Produção.

Agradecimentos

Os autores do trabalho gostariam de agradecer a FAPEMIG, a CAPES e ao CNPQ pelo apoio na condução desta pesquisa.

Referências Bibliográficas

Berbel, N. N. "Problematization" and Problem-Based Learning: different words or different ways? Interface - Comunicação, Saúde, Educação, v.2, n.2, 1998

Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Gestão. Programa Nacional de Gestão Pública e Desburocratização - GESPÚBLICA. Documento de Referência- Cadernos GESPÚBLICA, Brasília, 2007.

Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Gestão. Programa Nacional de Gestão Pública e Desburocratização - GESPÚBLICA; Prêmio Nacional da Gestão Pública – PQGF. Instruções para a candidatura – Ciclo 2008/2009, Brasília, 2008 a.

Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Gestão. Programa Nacional de Gestão Pública e Desburocratização - GESPÚBLICA; Prêmio Nacional da Gestão Pública – PQGF. Instrumento para Avaliação da Gestão Pública 2008/2009, Brasília, 2008b.

Cardoso, I. M. Métodos Ativos de Aprendizagem: O Uso do Aprendizado Baseado em Problemas no Ensino de Logística e Transportes. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG, 2011.

Melo-Solarte, D.S; Baranauskas, M.C.C. Uma Abordagem para a EaD baseada em resolução de problemas. XIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, 2008

Mills, J.E; Treagust, D.F. Engineering Education – Is problem based or project based learning the answer? Australasian Journal of Engineering Education, vol. 4, 2003

Ribeiro, L.R.C. Aprendizagem baseada em problemas na educação em engenharia. Revista de Ensino de Engenharia, v.27, n.2, p.23-32, 2008.

Sakai, M. H.; Lima, G.Z. PBL: uma visão geral do método. Olho Mágico, Londrina, v. 2, n. 5/6, n. esp., 1996.
Savery, J.R. Overview of Problem-based Learning. The Interdisciplinary Journal of Problem-based learning, v. 1, n.1, p.9-20, 2006.
Yeo, R. Problem-based learning: lessons for administrations, educations and learners. International journal of Educational Management, Vol. 19 No. 7, pp.541-551, 2005

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PROJECT APPROACHES IN ENGINEERING EDUCATION

Project based education as motivation factor in undergraduate program in Electronics at Copenhagen University College of Engineering

Anna Friesel

Department for Information Technology & Electronics, Copenhagen University College of Engineering, Lautrupvang 15, DK-2750 Ballerup, Denmark

Email: afr@ihk.dk

Abstract

This paper summarizes the contents of our experience with project based courses and team work in the undergraduate program in Electronics. The main points of our program are described in this paper, where the leading idea is to combine theory with practical engineering projects. Our students work in teams of four to five students from the first semester. Team work helps students to overcome the difficulties caused by the big change in their life, which is to start at the university combined with moving away from home. Another benefit is the fact that the students will see that they are already making progress towards completing engineering work by working effectively with real engineering projects. The project approach helps students to illustrate mathematical and physical problems and increase students' learning potential, this is essential in order to achieve the goal – positive experience for the students, higher pass-rate and lower drop-out rate.

Keywords: project based teaching and learning; teamwork, motivation.

1 Introduction

Success in today's knowledge-based economy requires that graduates are educated on the basis of critical thinking and problem solving. Several studies carried out in many countries have proven that there still exists a gap between the range of skills that graduates are equipped with and the skills and qualifications that are sought after by employers (Frank, Lavy, Elata, (2003); Frank, Barzilai, (2006)). At the same time the research confirms improvement of the learning outcomes in education when the theory is combined with practical training or projects (Moesby, (2002); Niss, (2001); Waks, Sabag, (2004); ASSE professional books (1998)). Many colleges and universities introduce project-based courses after the students have passed the first two to four semesters of their engineering education. During the first two to four semesters of engineering studies the students need to study major parts of modern mathematics and physics, like calculus, linear algebra, mathematical analysis, mechanics, statics, dynamics and electromagnetism. There are still many universities where the only practical engineering subject during the first two years is computer programming. Students who wish to work professionally with electronics, computers and telecommunication, and who do not wish to continue for Master's Degree, are not motivated to use so much time for purely theoretical studies . These students usually have a high failure rate in mathematics and physics in the first 1-2 semesters and, as a result, many of them drop out. Engineering faculties at the universities and colleges in Denmark have experienced a decreasing amount of applicants over the last 7-8 years, and do not want high drop-out rates of the students in their faculties. Once young people have shown an interest in technology and engineering, it is important to design the education to fit their expectations; the expectation of working on engineering projects and having an influence on the future development of technology. It will be a great benefit to all involved parties: students, universities, industry and governments, because this will increase development in their country.

Considering the students' desire to work on real engineering projects and the requirements to master the major parts of modern mathematics and physics in order to deal with modern technology, the message is clear – the universities need to motivate students to study the theory including derivatives, integrals and differential equations. The students will be more likely "to stick with derivatives and integrals" if we can offer them some evidence of how necessary these tools are in order to find solutions for engineering problems (Friesel, Timcenko, (2011)), and it is necessary to use this strategy from the first semester in order to decrease drop-out rates. In team-based project work the students will see (motivation factor) that they are already making progress towards completing engineering work/projects and the positive influence will be shown in students' evaluations and in results of examinations, as an increased pass rate. Problem-based learning and working with projects is a part of our program at the Copenhagen University College of Engineering since 1999 (http://int.ihk.dk/bachelor-programmes/electronics-and-computer-engineering). At the department of Electronics and Computer Engineering we implemented new educational program based on team work and projects for the first time in 2002.

2 Structure of the Bachelor program in Electronics at the Copenhagen University College of Engineering

In 2002 we went through the process to renew the educational study structure in our department and we decided to change the study structure of the Bachelor program in Electronics towards more projects and teamwork. The changes were made for all semesters in our program, involving the basic courses in mathematics and physics. Since 2002 we adjusted and renewed this program several times and at the moment the first four semesters of our program are like that shown in Figure 1.

ECTS	1. semester	2. semester	3. semester	4. semester
5	Object Oriented Prog. 1	Object Oriented Prog. 2	Electromagnetism	Control Theory
5				
5	Project 1	Project 2	Project 3	Project 4
5				
5	DSM1 (MAT1)	DSM2 (MAT2)	Circuit Theory	DSM4 (MAT4)
5				

Figure 5: The first four semesters of program in Electronics.

Project- based learning requires a high degree of concentration in particular topics, and in order to support this educational method we also changed the weekly time schedule. Students have only two modules/topics during per day (Friesel, (2006)), one from 8:30-12 and one from 12:30-16:00. Each module includes four lectures of approximately 45 minutes and some necessary breaks in between. One module of tuition is usually related to a course of 5 ECTS credits, and one module of teacher tuition requires on average 4 hours of self-study for the student. Each semester the students carry out one or two projects connected to the theory they have learned. During the semester, the students also develop the following non-technical/scientific skills:

How to work in teams
How to make a presentation for tutors and other teams on seminars
Define and describe the fundamental problems and concepts introduced in the course – using proper notation
Define and describe the fundamental methods for solution introduced in the course – using proper language and notation.
How to work out written reports in connection to the course assignments and projects
How to collect information and acquire new information and knowledge
How to communicate technical problems in writing and speech
How to cooperate in teams

The change of educational structure at our department was also traumatic process for the teachers/professors. The most common questions were:

1. Can we cover the syllabus?
2. Are the students ready to study independently?
3. Are all the students active in teams?
4. How to manage the conflicts in teams?
5. How to examine and grade the students?

In order to succeed with changes in the program and in educational methods we organized a seminar involving all faculty members, teachers, technicians and administration staff. We discussed the expected changes in our program and how to deal with possible problems (Andersen, (2001)). We have at our college a pedagogical adviser, who is involved in all the plans in advance according to the changed structure of the programs, and ready to help to solve practical problems when implementing these programs. Some of the teachers participate in Project Based Learning (PBL) courses organized by Aalborg University (Heidelbach et al. , (2006); Kofoed, Fisker, (2005)).

3 Preparing first semester students for teamwork and project work

The benefits of project based team work compared to traditionally taught classes in the basics of engineering are for instance deeper level of understanding, and by that students retain information/knowledge better and for longer time, higher level of communication skills and ability to study new subject independently. However, these benefits are not given automatically. Not all students starting at the universities are familiar with the teamwork, project management, conflict handling, communication, presentation and cooperation skills. Some of the students did practice teamwork and working with projects in high schools, but we cannot expect the students to be familiar with engineering projects requiring high levels of mathematics and physics.

Consequently project work, student interaction and cooperation, advising, and communication and presentation of the results of the projects are fundamental features in our program. In order to gain the most from this educational method, it is worthwhile to put time and effort into learning about teamwork and the structure of the project from the very beginning. To set off the learning process in relation to project work, new students are trained in teamwork and project management as a part of the introductory courses in the first semester. Previously new students were offered the study module Com1 (Communication module of 2.5 ECTS) in project work at the first semester, but the last two years we included this module in one of the projects. This module is meant to introduce new students to the structure of the project and to the requirements for a finished product. It is up to the student – in cooperation with his or her fellow students and adviser – to put this knowledge into practice. The module also deals with questions such as how to use the project form.

The introduction module to project management and teamwork consist of the following parts (Heidelbach et al. , (2006)):

1. Introduction – what is a project?
2. Summary of the project's phases
3. Defining the project's subject
4. The role of the supervisor (teacher)
5. Teamwork
   - ✓ Academic cooperation
   - ✓ Social cooperation
   - ✓ Problems' handling
6. Project management
   - ✓ Meetings
   - ✓ Time schedule
7. Documentation - writing the final report
8. Oral presentation of the project
9. Deadline and the evaluation/examination

3.1 Teamwork

The first task of the supervisor is to start forming the teams. Our experience shows that for the projects we offer during the first four semesters the most effective teams are teams of four to five students. Usually we allow students to form teams by them self, but in some cases we need to force students into certain teams. This is usually the case with the students with the previous record of poor results, it is difficult for these students to be accepted in teams. The process of forming the teams must be finished during the first two weeks of the semester.

The team acts as an independent unit, the participants control the process. The supervisor should be conceived as a consultant, not as an expert, whom the group can ask for advice. The supervisor is not a member of the group and cannot be held responsible for the lack of the results, the delays according the original time schedule, or the incoherent conclusion.

3.2 Cooperation Contract

The adviser can bring the cooperation contract to the first meeting and fill it out with the students whereupon both parties receive a copy.

Example of the contract (Heidelbach et al. , (2006); http://int.ihk.dk/bachelor-programmes/electronics-and-computer-engineering):

1. The group has _____ hours available for advising whereof approximately _____ can be used for meeting. 2. The group should hand in their work sheets including group meetings minutes _____ business days before the meetings. 3. Agreements in cancellation, absence, and etc. should be reported to: _____	
Supervisor's phone number:	
Supervisor's email:	
Supervisor's office hours:	
Group members, phone, e-mail:	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____
Group's web address:	

All meetings should be recorded for the documentation and in order to find out what was good and bad during the project. Example of a template for records of meetings with the supervisor (Heidelbach et al., (2006); http://int.ihk.dk/bachelor-programmes/electronics-and-computer-engineering):

Team no.:	Team leader:	
Supervisor:		
Date:	Start time:	End time:
Location:		
Agenda: 1. Review agenda 2. Choosing a reporter 3. Follow-up on work done since last meeting 4. Evaluate team co-operation 5. Review time schedule 6. Planning future work 7. Evaluation of meeting		

4 Example - the second semester project: The Bike Computer

An example of a group engineering project at IHK is the "Bike Computer" (Friesel, Howard, (2010)), (see block diagram in Figure 2 and system's functional requirements), and this is described here by one of the students (Nicholas Juel Howard). It is given during the second semester at IHK and gives 10 ECTS. It incorporates subjects from previous semesters, like object oriented programming, digital electronics, and some of networking. In some of the projects students applied the theory they learned during DSM2-course: Digital Signal Processing and Mathematics 2.

This project involves creating an interface for an exercise bike that reads information from the bicycle's onboard computer and displays it as a graph on a PC. The computer also controls the gears of the bike so that the user can create preprogrammed exercise routines. This is a relevant example of an engineering project for the students at the second semester, because it incorporates several disciplines into a single project, force them to work as a team and draw on their different strengths to accomplish the task.

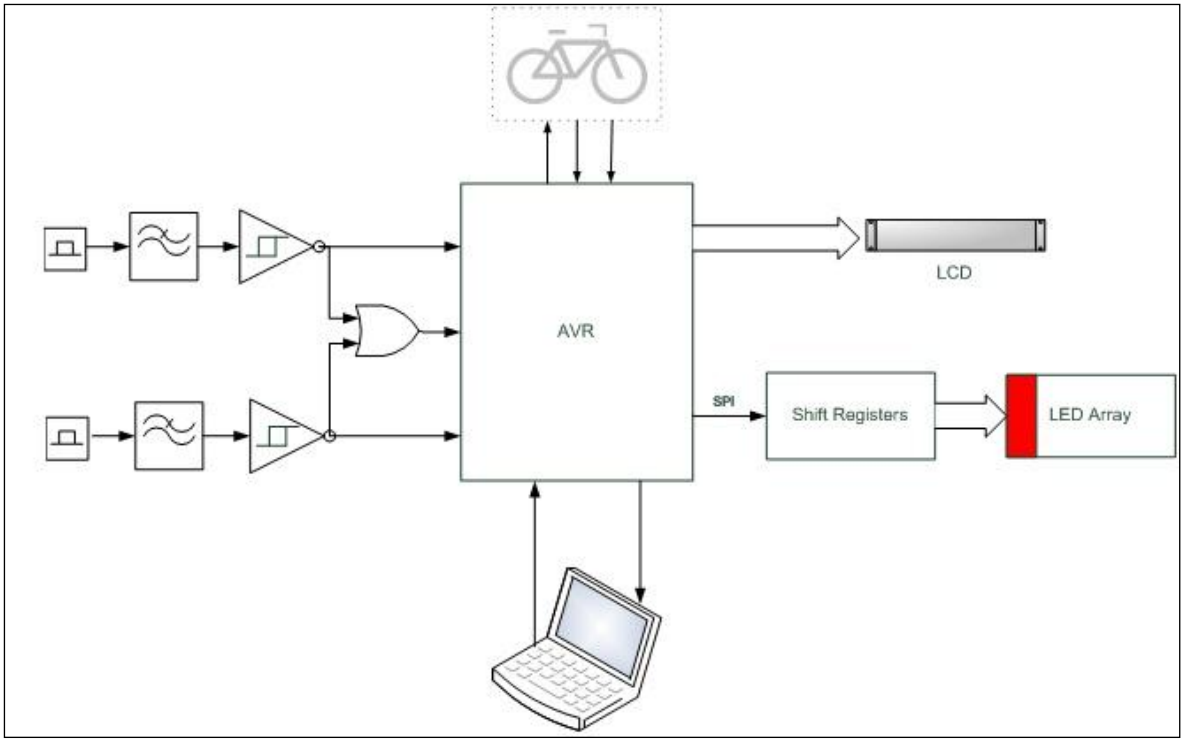


Figure 2: Block diagram of the Bike Computer System.

Functional requirements	
R1	The BMA (Bicycle Monitor Application) ***shall*** receive Bike Data from the BC-system (Bicycle Computer) via a serial port connection.
R2	The BMA ***shall*** receive simulated Bike Data from a simulator.
R3	The user ***shall*** be able to select one or more pre-defined Training Programs, when he starts a new Training Session.
R4	Information about the current load (gear) ***shall*** be sent to the BC-system via the serial port communication.
R5	The user shall be able to choose if he wants to monitor both of the Pulse, Speed and Gear graphs simultaneously or none of them.
R6	The user ***shall*** be able to save all of the Bike Data from a Training Session. The name of the file into which Bike Data is saved is ***chosen*** by the user.
R7	The user ***shall*** be able to load Bike Data saved from previous Training Sessions.
R8	The user ***shall*** be able to read values corresponding to a specific time from each Graph monitored.

Group work has both its advantages and disadvantages. The key advantage to group based projects is learning from other students. When one brings several people together to work on a project with several aspects, they will all bring their own talents to the group. This means that each person in the group has the opportunity to learn something new or augment their existing skills. Another advantage is that the students can work with large projects, and have the possibility to finish their projects. This is best from a business perspective and good at the educational level, because a student can see how to put something together at a larger scale and learn to work in the business environment. When it comes to international groups, there is also a third benefit: learning about new cultures. When the students work with people from other countries, they tend to get know the culture of these countries. This doesn't necessarily give a direct benefit to the project itself, but it does offer something to society in general - understanding. People seldom get to know

other cultures and this often leads to prejudice and stereotyping. When students come together to collaborate on a common goal, they learn that others are not quite as different as they thought.

There are of course some disadvantages connected to group work too. A big problem with working in a group is getting used to how other people do their job. This is usually a problem, because of the way they interact socially, and they use different methods for solving problems. This can lead to conflicts with planning and communication. In international groups this is especially a problem as it is possible that some members of the group do not speak the common language as well as the others. Often this is a temporary problem since those students will get many hours of practice and others will eventually get used to each others' accents. The best way to resolve planning issues, is to schedule meetings on fixed times. Other breakdowns in communication can be resolved by using the meetings as open forums for ideas. Another problem, in an educational setting, is the possibility that students start to specialize and do not always get the full view of the project. This can be avoided by giving the students mandatory assignments covering all theoretical parts of the project during the semester.

5 Conclusion

After several semesters of completed courses where engineering basics like mathematics and physics are combined with project work and team work in our program of Electronics and Information Technology, we can make the conclusion, that the objectives like lower drop-out rate and increased pass-rate have been achieved. The students' evidence and evaluations show increased motivation to learn the theory in a practical approach. Another motivation factor is the freedom to choose their own solutions, freedom to build up the models for engineering products and the combination of different theoretical disciplines in a project. The international exchange students participating in our courses adapt very well to this form for studying, even if they did not try it before. It takes about 3-5 weeks on average for exchange students to adapt to teamwork and project based learning. The motivation to learn the theory, to design and implement hardware in connection with their projects is very high. More than 60% of the students achieve grades over the average and the teams work very hard to make their hardware and software work properly before the examination. The examination results are shown in graphs on Figure 3 for MAT1/DSM1 (first semester) and MAT2/DSM2 (second semester). It is clear that we have highly improved the pass rate for first and second semester students, and the overall dropout rate.

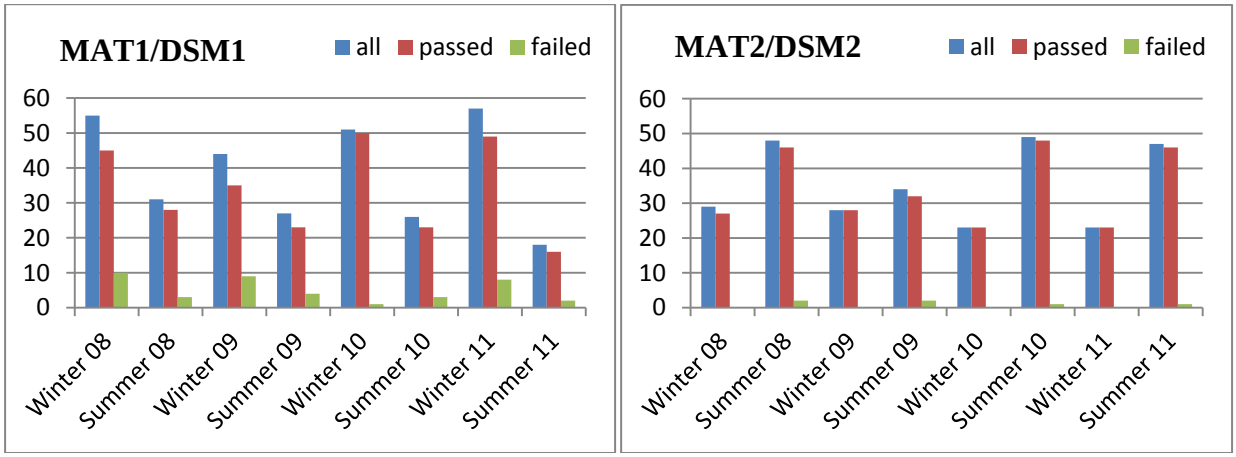


Figure 3: MAT2/DSM1 and MAT2/DSM2 examination results.

Our department has the tradition to invite the students' family and friends for the last day event, which takes part the last day of the tuition period, before the examination period begins. Students at all levels are present and demonstrate their projects for the guests and all the other students. The last day event contributes positively to the students' motivation, because they want to show the results of their work to family and friends. Implementation of project- and team-work from the first semester strengthen also the students' engineering skills and competencies to work as engineering professionals and to study new subjects independently.

Acknowledgments

I would like to thank my colleagues, the professors Ole Shultz and Ib Christoffersen, at the Copenhagen University College of Engineering, for our good discussions and close cooperation. Thanks to all the students for valuable discussions on future development of our program, and thanks to I.Stauning, H.Surkau, H.Sehested and J.Greve for technical support in connection to the practical implementation of the projects. Special thanks to Professor David Ashworth for his for his comments concerning this paper.

References

Andersen, A. (2001),"Implementation of engineering product design using international student teamwork – to comply with future needs", European Journal of Engineering Education, Vol. 26, No. 2, pp. 179-186.

Frank, M., Lavy, I., Elata, D., (2003), "Implementing the Project-Based Learning Approach in an Academic Engineering Course", International Journal of Technology and Design Education, Vol.13, pp.273-288.

Frank, M., Barzilai, A. (2006), "Project-Based Technology: Instructional Strategy for Developing Technological Literacy. Journal of Technology Education 18(1), 39–53.

Friesel A. (2006), "Learning Robotics By Combining The Theory With Practical Design And Competition In Undergraduate Engineering Education"; AutoSoft Journal, International Journal on Intelligent Automation and Soft Computing; Special Issue on Robotics Education.

Friesel, A., Timcenko, O. (2011), "Applied mathematics – teaching math connected to practical projects in order to engage and motivate engineering undergraduates", the 40th IGIP International Symposium on Engineering Education, COPEC – Science and Education Research Council, March 27 - 30, 2011, Santos, Brazil.

Friesel, A., Howard, N.J., (2010), "Increasing Motivation and Engagement to Study Engineering with Project Based Courses", Turkey's vision 2023 - International Engineering Education Conference, November 4-6, 2010, Antalya, Turkey.

L.P. Heidelbach et al. , (2006), Handbook of Project Work, Aalborg University publication, (2006), revised by Ole Schultz at Copenhagen University College of Engineering, 2006, 2.edition.

Kofoed, L.B., Fisker,. A.M. (2005) "Changing curriculum bit by bit", 4th ASEE/AaeE Global Colloquium on Engineering Education.

Moesby, E, (2002), "From Pupil to Student - a Challenge for universities: an example of a PBL study programme", Global J. of Engng. Educ., Vol.6, No.2 , 2002 UICEE

Niss, M., (2001), "University Mathematics Based On Problemoriented Student Projects: 25 Years Of Experience With The Roskilde Model", In: Holton, Derek Allan(Editor). The Teaching and Learning of Mathematics at University Level: An ICMI Study., Hingham, MA, USA: Kluwer Academic Publishers, p.p. 153--166

Waks, S., Sabag, N. (2004), Technology Project Learning Versus Laboratory Experimentation. Journal of Science Education and Technology 13(3), 332–342 .

ASSE professional books (1998), "How do you measure success? Designing effective processes for assessing engineering education".

http://int.ihk.dk/bachelor-programmes/electronics-and-computer-engineering

Aprendizagem em Engenharia e Tecnologia: desafios e possibilidades de atuação usando a metodologia PBL

Laurete Zanol Sauer, Diego Piazza, Diorge Zambra, Neide Pessin, Rodrigo Panosso Zeilmann

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, 95070-560, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil

Email: lzsauer@ucs.br, dpiazza1@ucs.br, dabzambra@ucs.br, npessin@ucs.br, rpzeilma@ucs.br

Abstract

The project-based learning (PBL) may offer to students a means to acquire knowledge and develop skills and attitudes valued in working life in order to foment the training of engineers with the ability to address the problems and challenges of their profession. This work presents a proposal to conduct the Sumo Robot Project, using PBL, in the discipline Project Integrator, from Automation Control Engineering, Technology in Industrial Automation and Technology in Industrial Electronics courses of the University of Caxias do Sul. It will be developed to promote the development of skills such as: ability to search and organize information, communication, teamwork, time management, autonomy, creativity, among others. We argue for the need of an approach that requires give a new meaning to the action of the student and also the teacher, which gives another meaning to the acts of learning and teaching.

Keywords: project based learning (PBL); engineering education; team work; skills development.

1 Introdução

A aprendizagem baseada em projetos (PBL) possibilita oferecer aos estudantes um meio de adquirir conhecimentos e desenvolver habilidades e atitudes valorizadas na atuação profissional, visando à formação de engenheiros com capacidade de enfrentar com competência os problemas e desafios de sua profissão. Este trabalho, visando ao emprego da metodologia de aprendizagem PBL na educação em Engenharia e Tecnologia, apresenta uma proposta de realização do projeto Sumo de Robô na disciplina Projeto Integrador, dos cursos de Engenharia de Controle e Automação, de Tecnologia em Automação Industrial e de Tecnologia em Eletrônica Industrial, da Universidade de Caxias do Sul. Para a proposição do projeto foram identificadas, preliminarmente, as disciplinas dos referidos cursos, cujos conceitos estruturantes formam a base necessária para a implementação das ações, bem como as disciplinas que apresentam maior potencial de envolvimento com o tema. O projeto será desenvolvido em quatro etapas, com cronograma definido conforme o período acadêmico, durante as quais espera-se promover o desenvolvimento de competências tais como: capacidade de investigar e organizar informações, comunicação, trabalho em equipe, gestão do tempo, autonomia, criatividade, dentre outras.

Na seção 2 são apresentadas considerações sobre aprendizagem baseada em projetos, destacando suas potencialidades na Educação em Engenharia, que ultrapassa a prática da transmissão de informações e do discurso centrado na fala do professor. Para tanto argumenta-se sobre a necessidade de uma postura que requer ressignificar a ação do estudante e também a do professor, o que dá outro sentido para os atos de aprender e de ensinar. Somente assim será possível o emprego de estratégias pedagógicas que envolvem estudantes e professores em processos de aprendizagem onde ambos atuam de forma ativa, interagindo e colaborando mutuamente, na identificação de problemas reais e de possibilidades de soluções.

Diante dessas considerações, na seção 3 descreve-se o problema que originou o projeto Sumo de Robô, desde sua concepção até as soluções previsíveis.

Na seção 4 são discutidos os papeis sugeridos na organização dos grupos e as ações a serem propostas no desenvolvimento do projeto. Na seção 5 discute-se sobre competências a serem desenvolvidas e estratégias com potencial para atender aos objetivos previstos. Na seção 6 são considerados os critérios de avaliação da disciplina Projeto Integrador e, finalmente, na seção 7, são apresentadas considerações sobre os resultados esperados.

2 PBL na Educação em Engenharia e Tecnologia

A comunidade acadêmica, formada por professores responsáveis pelas disciplinas nos diferentes cursos de Engenharia e Tecnologia, associações de professores representantes de universidades, comissões encarregadas da análise e elaboração de currículos e integrantes de órgãos administrativos, no Brasil e no mundo, tem se empenhado na organização de programas que contemplem as necessidades atuais em Engenharia, estas cada vez mais exigentes quanto à qualidade da formação acadêmica, de forma tal, que o

futuro engenheiro ou tecnólogo se sinta responsável pelo desenvolvimento do seu processo de aprendizagem. Em congressos, pesquisas e determinações de órgãos responsáveis pela Educação Superior, nacionais e internacionais, cada vez mais tem sido enfatizada a importância do desenvolvimento de competências e de habilidades e, conseqüentemente, a organização e efetivação de um processo didático-pedagógico que contemple essa possibilidade. (Sauer, Lima, Soares, 2009)

De fato, o desenvolvimento de competências e habilidades se dá sob a concepção de desenvolvimento do estudante, a partir do que ele já conhece e não acontece sem a participação ativa de todos os envolvidos no processo. A participação ativa, por sua vez, requer o abandono de práticas através das quais, basta copiar, repetir respostas prontas, decorar, ouvir ou assistir, para aprender. Participar ativamente, em sala de aula significa envolver-se de tal modo, que todos, professor e estudantes, estejam integrados e comprometidos com a modificação do ambiente, à medida que novos conhecimentos vão se consolidando e, com isso, fornecendo novos indicadores capazes de orientar os rumos do processo de aprender.

Diante dessas considerações "as aulas nos cursos de Engenharia e Tecnologia" precisam ser redesenhadas, considerando as teorias educacionais emergentes, que apontam a necessidade de planejar ambientes de forma a privilegiar as interações e a cooperação entre estudantes e entre professores e estudantes, onde as trocas cooperativas prevaleçam em relação à fala e à instrução do professor, como única fonte de informações.

Para isso propõe-se a criação de ambientes de aprendizagem, centrados em estratégias e intervenções baseadas em interações sócio cognitivas que podem promover a construção de conhecimentos por meio de reflexões ocasionadas por discussões e trocas de ideias fundamentadas em argumentos e justificativas baseadas na teoria estudada, onde a prática mecânica de exercícios é substituída por um cenário de investigação, no qual os estudantes são convidados a se envolverem em processos de exploração e de argumentação justificada, assumindo seus processos de aprendizagem e, promovendo, dessa maneira, uma dimensão crítica da Educação.

Essa forma de planejar o processo de ensino-aprendizagem desloca o foco do conteúdo programático para o desenvolvimento de competências e habilidades requeridas na atuação profissional, para a qual os estudantes estão se preparando.

Diante dessas considerações, a aprendizagem baseada em projetos parece ser uma possibilidade para a Educação em Engenharia ou em Tecnologia que oferece vantagens em relação à abordagem tradicional de ensino, na medida em que pode despertar no estudante a curiosidade e a motivação, imprescindíveis para que a aprendizagem ocorra. Além disto, a oportunidade de trabalhar em grupos permite que os estudantes interajam, troquem ideias, informações e conhecimentos, aprendendo a valorizar opiniões, bem como defender seus pontos de vista. Ao explorar uma situação problema espera-se que seja possível examinar as lacunas em seus próprios conhecimentos e habilidades a fim de decidir quais informações eles precisam adquirir para resolver ou lidar com a situação que lhes foi apresentada.

A aprendizagem baseada em projetos, com características relacionadas com aprendizagem colaborativa, aprendizagem cooperativa, aprendizagem ativa e aprendizagem em grupo, tem sido utilizada com sucesso (Soares, Sepúlveda, Lima, 2010) no que diz respeito, especialmente, à motivação, responsabilidade, participação, compromisso e espírito crítico.

Tais autores argumentam que os membros do grupo precisam uns dos outros para ter sucesso. Todos devem estar envolvidos e comprometidos com o sucesso do grupo e a interação deve ser destinada a promover cada um dos membros e também o grupo. Ajudam-se uns aos outros, fornecem feedback para melhoramentos contínuos e estimulam um clima de abertura à diversidade e novas ideias. Além disto, cada estudante, individualmente, deve ser responsabilizado pelo seu trabalho e pelas suas contribuições individuais para o grupo.

Desta forma, é possível o desenvolvimento de habilidades sociais que permite o desempenho do grupo de forma mais eficaz, o que inclui tomada de decisões, desenvolvimento de confiança, comunicação e gestão de conflitos. A análise em grupo é outro fator de destaque, pois permite a identificação de pontos fortes e pontos fracos e assegura a melhoria constante.

Na próxima seção é apresentado o projeto Sumo de Robô, que vem sendo planejado pela equipe de professores dos cursos de Engenharia de Controle e Automação, de Tecnologia em Automação Industrial e de Tecnologia em Eletrônica Industrial, da Universidade de Caxias do Sul, a ser implementado no segundo semestre de 2013.

3 O projeto Sumo de Robô

3.1 Contextualização

Os cursos de Engenharia de Controle e Automação e de Tecnologia em Automação Industrial, da Universidade de Caxias do Sul, tiveram sua grade curricular reformulada no ano de 2010. No segundo semestre de 2010, iniciou-se a implantação destes novos planos curriculares, nos quais, foi inserida a disciplina Projeto Integrador no sétimo semestre de ambos os cursos.

No primeiro semestre de 2011, foi implantado o curso de Tecnologia em Eletrônica Industrial e, neste novo curso, também foi incluída a disciplina Projeto Integrador no sétimo semestre.

No começo de 2012, os coordenadores de cursos do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, interessados em novas metodologias de ensino com potencial para promover aprendizagem, realizaram um *workshop* sobre Aprendizagem Baseada em Projetos. Nesta ocasião, se vislumbrou como tendo grande potencial para aplicação da metodologia PBL a disciplina de Projeto Integrador que ocorre concomitantemente no sétimo semestre dos três cursos acima mencionados. Portanto, o objetivo desta sessão é descrever como será implementada a PBL, descrevendo o projeto que será proposto, as disciplinas que servirão de base e as que ocorrerão simultaneamente e servirão de suporte para o projeto. A partir desta proposta, espera-se um *feedback* da comunidade acadêmica, que já aplica PBL no plano curricular de seus cursos, a respeito de sua viabilidade nas condições apresentadas.

3.2 Objetivos da disciplina Projeto Integrador

Dentre os principais objetivos a serem alcançados na disciplina Projeto integrador, destacam-se:

- Integrar fundamentos teóricos obtidos ao longo da vida acadêmica nas diferentes unidades de aprendizagem, tais como Desenho Técnico II e Linguagem de Processadores.
- Solucionar um problema das áreas Engenharia de Controle e Automação, de Tecnologia em Automação Industrial e de Tecnologia em Eletrônica Industrial, através de implementações de sistemas eletrônicos, computacionais e mecânicos.
- Contribuir para o engajamento dos alunos, nas disciplinas concomitantes ao Projeto Integrador, despertando a curiosidade e corroborando com a busca de conhecimentos ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

3.3 Metodologia

A disciplina de Projeto Integrador ocorrerá pela primeira vez no segundo semestre de 2013, tendo como tema o Projeto Sumo de Robô. Foi escolhido um tema que possibilite o desenvolvimento de competências técnicas e com potencial de estimular os estudantes no desenvolvimento do projeto o qual culminará em uma competição ao final do semestre letivo. A equipe campeã receberá suporte para competir no *Winter Challenge* do ano seguinte, ou competição similar com abrangência nacional.

Serão envolvidos três cursos de graduação: Engenharia de Controle e Automação, Tecnologia em Automação Industrial e Tecnologia em Eletrônica Industrial. Para cada curso serão disponibilizadas 8 vagas por curso, sendo que cada grupo será composto por 6 estudantes (2 de cada curso), totalizando quatro equipes.

Será uma turma de 24 alunos, os quais serão organizados em 4 grupos de 6 componentes, sendo que cada grupo deverá ter 2 alunos de cada curso, a fim de desenvolver a habilidade de compartilhamento de informação e conhecimento, conforme Figura 1.

A disciplina de Projeto Integrador terá como pré-requisitos obrigatórios as disciplinas: Desenho Técnico II, Linguagem de Programação e Microprocessadores II. Estas disciplinas deverão ter sido concluídas antes da realização do Projeto Integrador, servindo como base técnica para o desenvolvimento do robô. A disciplina de Desenho Técnico II propicia o embasamento para o desenho das partes mecânicas e dispositivos para fixação dos circuitos eletrônicos. A disciplina de Programação ajudará no desenvolvimento de algoritmos de identificação de oponentes, linha da borda do Dojô e algoritmos de controle dos motores. A disciplina de Microprocessadores II fornece o embasamento para programação de microcontroladores, os quais serão utilizados para o controle de todos os sistemas eletrônicos.

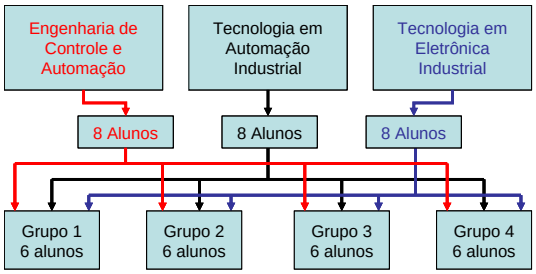


Figura 1. Organização dos grupos

Cada curso terá pelo menos uma disciplina que deverá ser cursada simultaneamente com o Projeto Integrador. Para o curso de Engenharia de Controle e Automação serão as disciplinas de Processamento Digital de Sinais e Sistemas de Controle Linear; para o curso de Tecnologia em Automação Industrial serão Acionamentos Elétricos e Sistemas de Controle Linear e para o curso de Tecnologia em Eletrônica Industrial serão Eletrônica de Potência II e Instrumentação, conforme Figura 2. As disciplinas que ocorrem concomitantemente com Projeto Integrador terão suas atividades laboratoriais voltadas para o projeto do robô, corroborando para o desenvolvimento do projeto e da disciplina. A disciplina de Processamento Digital de Sinais fornecerá informações para discretização de sinais analógicos adquiridos a partir de sensores, bem como discretização das leis de controle para posterior implementação em microcontrolador. A disciplina de Sistemas de Controle Linear fornecerá suporte à modelagem dos motores empregados e noções de projeto de controladores de velocidade e de torque. A disciplina de acionamentos elétricos mostrará os tipos de acionamentos empregados para controle de velocidade e torque de motores de corrente contínua. A disciplina de eletrônica de potência II fornecerá suporte no projeto dos drives para controle dos motores e a disciplina de Instrumentação fornecerá suporte para a definição dos sensores empregados para reconhecimento da borda do Dojô e localização do oponente. As disciplinas a serem cursadas concomitantemente ao projeto também fornecerão subsídios para a avaliação do mesmo, conforme é mencionado na seção 6.

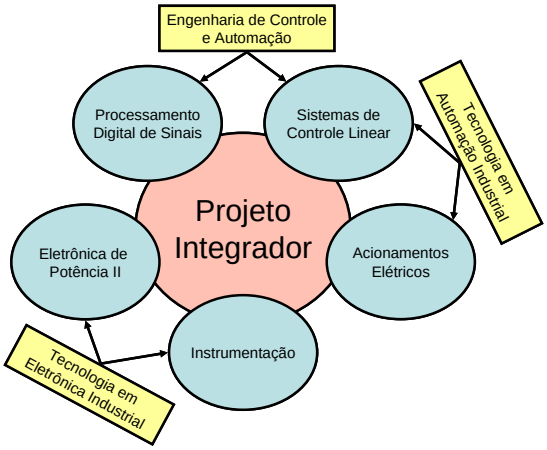


Figura 2. Distribuição das disciplinas de apoio por curso

As regras básicas para o desenvolvimento do projeto seguem as regras da competição *Winter Challenge*, da qual a equipe vencedora participará, podendo ser resumidas nos seguintes itens: peso máximo: 3 Kg; tamanho máximo: ilimitado x 20,0 cm x 20,0 cm (A x L x C); após o início da partida, o robô poderá se expandir, desde que não perca partes; o robô deverá possuir sistema de controle autônomo e embarcado; dispositivos que interfiram na eletrônica ou danifiquem o oponente não são permitidos; são permitidos mecanismos que aumentem a força normal; as partidas serão realizadas por dois robôs, terão 3 rodadas, sendo vitorioso o que tirar o oponente da arena 2 vezes; o Dojô deverá ser de aço com cobertura de poliuretano, com 5,0 cm de altura e 154,0 cm de diâmetro; haverá uma linha para posição inicial dos robôs de cor marrom com 2 cm de largura e 20 cm de comprimento; a borda do Dojô deverá ter uma linha branca de 5 cm de largura. Um exemplo de robô para sumo pode ser visto na Figura 3.

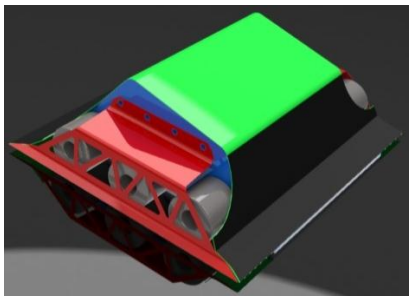


Figura 3. Robô para sumo

O projeto estará dividido em quatro etapas, representadas na Figura 4.

Na primeira etapa, denominada de Pré-Projeto, será apresentado o projeto que os estudantes deverão desenvolver, será definido o tutor de cada equipe, os critérios de avaliação e também as equipes. Nesta primeira etapa, as equipes deverão desenvolver uma revisão bibliográfica a respeito de robôs destinados à competição de sumo, a fim de buscar conhecimento básico para posteriormente propor uma solução. A primeira etapa terá duração de 2 semanas, ao final da qual deverá ser entregue um relatório contendo a revisão bibliográfica. As equipes deverão apresentar sua revisão bibliográfica e realizar a avaliação *peer*.

A segunda etapa é destinada ao Projeto Teórico, ao longo da qual os estudantes deverão caracterizar o problema, e apresentar as especificações técnicas do projeto, delimitar o problema e identificar as variáveis envolvidas. Ainda nesta etapa, deverão realizar o projeto mecânico e eletrônico, simular os circuitos, projetar as técnicas de identificação de oponente e controle do robô para combate, programar o mocrocontrolador e desenvolver os *layouts* das placas de circuito impresso. Esta etapa terá duração de 7 semanas, ao final da qual as equipes deverão entregar relatório, apresentar o projeto teórico com as soluções propostas e realizar a avaliação *peer*.

A terceira etapa é dedicada à Implementação do Projeto. Nesta etapa as equipes farão a usinagem das peças mecânicas, bem como montarão a estrutura mecânica do robô. Também irão confeccionar as placas de circuito impresso, montar os circuitos eletrônicos, realizar os testes comprobatórios e as adequações finais. Esta etapa terá duração de 9 semanas, ao final das quais deverá ser entregue relatório, apresentar as implementações e modificações necessárias no projeto teórico e realizar avaliação *peer*.

A quarta etapa será destinada à Competição. Nesta etapa as equipes irão competir todas contra todas, saindo vencedora a que tiver o maior número de vitórias. Em caso de empate, será considerada campeã a equipe que tiver obtido a melhor média nas notas de cada uma das etapas. A competição será realizada na última semana de aula.

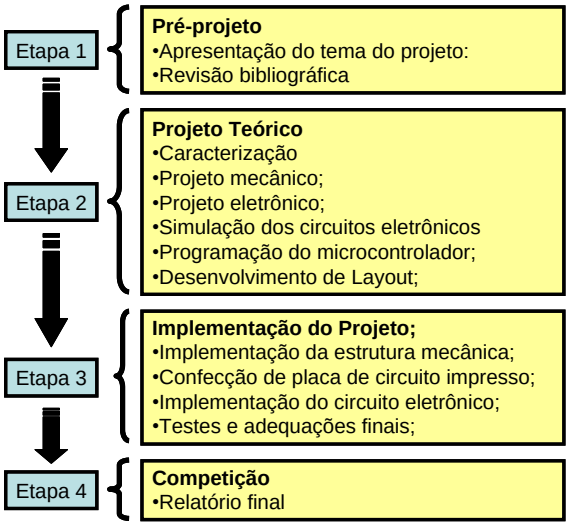


Figura 4. Etapas do projeto

Na seção seguinte são discutidos os deveres de cada um dos atores envolvidos na disciplina de Projeto Integrador.

4 Principais envolvidos e respectivos papéis

Na sequência discute-se sobre o envolvimento da cada um dos diferentes atores no desenvolvimento do projeto, com base nas características mencionadas na sessão 3. Como principais atores da proposta estão o coordenador da disciplina de Projeto Integrador, o tutor técnico, os professores das áreas afins, considerados como apoio técnico, além dos estudantes.

O coordenador da disciplina de Projeto Integrador tem fundamental importância na primeira fase do projeto, tendo em vista que deve fornecer as orientações iniciais relativas ao projeto, tais como: equipe de professores envolvidos, o papel dos tutores para as equipes, constituição das equipes, metodologia de desenvolvimento da disciplina, acompanhamento das equipes, avaliação, dentre outras. Deve participar da constituição das equipes, apresentando os tutores técnicos designados, monitorar as equipes no sentido de gerenciar possíveis conflitos relativos a tomadas de decisão ou intervir sempre que o tutor e a equipe técnica não obtiverem êxito nos encaminhamentos.

Os tutores técnicos desempenham papel na gestão das atividades a serem desenvolvidas pelos alunos e na dinâmica de trabalho das equipes. Para tanto, devem reunir-se semanalmente com as equipes de maneira a acompanhar o desenvolvimento das atividades propostas e o avanço do projeto, durante as quatro fases relacionadas. É fundamental ao perfil do tutor acompanhar, questionar e apoiar o trabalho dos alunos.

O tutor não fornece apoio técnico à equipe, mas, sim, aponta diferentes possibilidades e questionamentos relativos às características e problemas de cada proposta. Quando os questionamentos configuram-se dúvidas de natureza técnica e específica das áreas de conhecimento, envolvidas no projeto, o tutor deve encaminhar os grupos para os docentes das disciplinas que acontecem concomitantemente à disciplina de Projeto Integrador. Deve-se salientar que o papel do tutor, de monitorar o processo de aprendizagem dos estudantes, dá-se através de feedback e estímulo permanentes, o que implica em maior envolvimento e motivação ao longo do processo.

A equipe de docentes denominada apoio técnico, como já mencionado, deve colaborar, por meio das disciplinas de apoio, com o desenvolvimento de competências técnicas previstas na disciplina de Projeto Integrador. Estes professores, concomitantemente, estarão ministrando as disciplinas consideradas pré-requisitos do Projeto Integrador. A colaboração desta equipe no desenvolvimento dos projetos será no esclarecimento de dúvidas relacionadas com o embasamento técnico necessário, através da sistematização de conteúdos específicos, que sejam considerados fundamentais para as tomadas de decisão técnicas pelos alunos.

Por fim, o papel desempenhado pelos estudantes é o de desenvolver o projeto tema apontado na disciplina Projeto Integrador. Cada equipe de alunos deve necessariamente organizar-se de modo que o planejamento e a participação de todos sejam indispensáveis para atingir as metas do projeto. Os estudantes devem manter as informações atualizadas e os dados disponíveis a todos os membros da equipe, ao tutor e ao coordenador.

Fomentar um trabalho em equipe não é apenas uma meta a alcançar com os grupos de estudantes, mas um requisito fundamental para o desenvolvimento de competências de uma equipe de sucesso. Para tanto, todos os papéis a serem desempenhados devem ser rigorosamente discutidos e acompanhados pelo coordenador da disciplina, no sentido de propiciar encontros periódicos com equipe técnica de professores, tutores e estudantes; de discutir os problemas emergentes; de tomar decisões no âmbito do projeto da disciplina; planejar as atividades semestrais e disponibilizar recursos necessários, dentre outros desafios. Tais desafios requerem atuação docente conjunta e integração entre as diversas áreas do conhecimento, ultrapassando o papel tradicional da docência.

Neste sentido, a adoção de metodologias de ensino-aprendizagem como a PBL, contribui para o desenvolvimento de inúmeras competências para os diferentes atores envolvidos nesta proposta, conforme descrito na sequência.

5 Competências a serem desenvolvidas

Estudos recentes (Inova Engenharia, p. 32, Tuning América Latina, 2006) destacam competências e habilidades, requeridas hoje de um engenheiro, para que ele possa atuar de forma compatível com as necessidades contemporâneas. Elas estão relacionadas à aplicação de conhecimentos de Matemática, Ciência e Engenharia; concepção e realização de experimentos; projeção de sistemas, componentes e processos para atender a necessidades específicas; atuação em equipes multidisciplinares; identificação, formulação e solução de problemas de engenharia; senso de responsabilidade ética e profissional; compreensão do impacto das soluções de engenharia num contexto global e social; reconhecimento da necessidade de treinamento continuado; conhecimento de temas da atualidade; utilização de técnicas e

ferramentas modernas da prática da engenharia; abstração espacial e representação gráfica; utilização de tecnologias da informação; capacidade de abstração, análise e síntese; capacidade de aplicar os conhecimentos na prática; capacidade de identificar, propor e resolver problemas; capacidade de tomar decisões; capacidade de trabalhar em equipe; capacidade para formular e desenvolver projetos e compromisso ético.

Ainda, conforme o Inova Engenharia (2006), o Ministério da Educação, através do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) propôs as seguintes habilidades e competências para os futuros engenheiros: argumentação e síntese associada à expressão em língua portuguesa; assimilação e aplicação de novos conhecimentos; raciocínio espacial lógico e matemático; raciocínio crítico, formulação e solução de problemas; observação, interpretação e análises de dados e informações; utilização do método científico e de conhecimento tecnológico na prática da profissão; leitura e interpretação de textos técnicos e científicos; realização de pesquisas, obtenção de resultados, análises e elaborações de conclusões; proposta de soluções para problemas da engenharia.

De uma maneira geral, percebemos que embora de fontes diferentes, existe uma convergência sobre o entendimento das competências e habilidades destacadas por profissionais que têm em comum a preocupação com a qualidade da educação em Engenharia e em Tecnologia, de forma que seja possível, além de formar engenheiros e tecnólogos demandados hoje pelo mercado, formar os profissionais de que o país precisará amanhã. (Inova Engenharia, 2006).

O projeto aqui proposto visa ao desenvolvimento de competências gerais e específicas. As competências gerais são comuns em todas as fases de desenvolvimento do mesmo. No decorrer do projeto, o estudante deverá aprimorar habilidades que visem ao desenvolvimento: da capacidade investigativa e de organização de informações; da comunicação escrita e interpessoal; do trabalho em equipe e da gestão do tempo. A visão macro das competências gerais previstas pelo coordenador da disciplina prevê que o estudante, em consonância com as orientações do tutor, possa gerar uma capacidade de mobilizar conhecimentos pré-adquiridos durante a vida acadêmica, tendo como desafio saber selecioná-los e integrá-los, a fim de resolver situações problema.

Com a disciplina Projeto Integrador espera-se que os estudantes sejam capazes de efetuar a integração dos conhecimentos e metodologias fomentadas na graduação, de forma a aplicá-las no projeto. Em cada etapa de desenvolvimento do projeto será promovido o desenvolvimento de competências relacionadas às respectivas ações propostas. Na primeira etapa os estudantes poderão desenvolver a habilidade de visualização espacial e de comunicação escrita. Ao migrarem para a segunda e terceira etapa as ações desenvolvidas no projeto irão promover o desenvolvimento de competências específicas, que se complementam, com base na capacidade de conceber algoritmos e testá-los em simulação; programar microprocessadores e aplicá-los ao controle de processos; projetar conversores para acionamento dos motores; especificar sensores e efetuar o condicionamento de sinais; e desenvolver estratégias de controle. Ao aprimorar as habilidades especificadas em cada uma das fases, espera-se que o estudante, ao ingressar na quarta fase do projeto, articule suas habilidades a fim de gerar novas competências de desenvolvimento pessoal e de trabalho em equipe, as quais estarão relacionadas à capacidade de liderança, responsabilidade, gestão de conflitos, espírito crítico, autoavaliação e auto regulação.

6 Avaliação da disciplina Projeto Integrador

A avaliação sempre é um elemento complexo, especialmente para este tipo de trabalho. Entendida como um processo que possibilita “mapear" ou “diagnosticar” como está acontecendo a aprendizagem, a avaliação formativa fornece informações para professor programar novas intervenções, propondo problemas, discussões e questões que auxiliem os alunos a superar dificuldades encontradas, a estabelecer relações e a desenvolver habilidades e condutas de valor.

Questões como: quais as dificuldades?; quais os obstáculos?; quais os avanços?; que aspectos precisam ser aperfeiçoados?, fazem parte do processo de avaliação formativa, que está relacionada à regulação do processo de aprendizagem. Concebida dessa maneira, a avaliação não é um momento específico do processo de aprendizagem, mas o integra de forma contínua, constituindo um modo de diagnosticar dificuldades e obstáculos e uma fonte de (re)planejamento da prática pedagógica. Assim, a avaliação é o acompanhamento da aprendizagem, é a identificação de conquistas, é a intervenção mediadora do professor, com base nos erros ou dúvidas do estudante.

Nesse cenário a avaliação *peer* é uma estratégia da avaliação formativa e pode ser entendida como um mecanismo de auto-regulação do processo de aprendizagem, pois pode auxiliar o estudante a entender como está acontecendo a sua aprendizagem. Considerada sob esse ponto de vista, uma função importante da

avaliação é indicar ao estudante o que precisa ser feito, revisto, estudado, (re)elaborado, para superar dificuldades e estabelecer relações para o desenvolvimento de estruturas cognitivas. Para serem compatíveis com a avaliação formativa, e nesse sentido, educativas, as estratégias pedagógicas precisam incentivar o estudante a analisar e avaliar seu próprio desempenho.

São ações promovidas com esse propósito que colaboram para o desenvolvimento da autonomia intelectual do estudante, que pode ser entendida como "processo autônomo de aprendizagem", ou seja, como capacidade de aprender a aprender. Atividades de auto-avaliação também podem fornecer ao professor, indicativos de estratégias e intervenções pedagógicas capazes de auxiliar no desenvolvimento da autonomia.

A proposta de avaliação da disciplina de Projeto Integrador é realizá-la no âmbito das quatro das etapas descritas na seção 3, considerando, também, a avaliação da(s) disciplina(s) de apoio.

Assim, nas etapas 1 a 3, a avaliação consistirá em ítens e pesos distintos, ou seja, avaliação *peer* com peso de 20%; o relatório com peso de 30%; a apresentação com peso de 30%, a avaliação na(s) disciplina(s) de apoio com peso de 10% e a pontualidade com peso de 10%. Já na etapa 4, a equipe campeã receberá nota 10 e as demais equipes perdem um décimo na ordem crescente de classificação.

A nota final será a média ponderada a ser considerada na disciplina e será composta por diferentes pesos: etapa 1, peso 1; etapa 2, peso 4; etapa 3, peso 4 e etapa 4, peso 1.

Diante das considerações apresentadas, espera-se que a avaliação permita a composição da nota final considerando todos os principais elementos do projeto e a importância de cada um, de forma a contemplar o desenvolvimento do projeto pelas equipes, a realização das atividades intermediárias e a participação dos estudantes.

7 Considerações Finais

Ao ser incentivado a estudar ambientes conforme descrito, onde é preciso desenvolver autonomia, raciocínio organizado, autocrítica, habilidades de interpretação, de elaboração de ideias e de análise, dentre outras competências, o estudante pode tomar consciência do que é capaz de realizar e, assim, desenvolver competências de valor. O processo de aprender sai do foco diretivo e informativo, para um foco transformador e criador, mais compatível com as necessidades e exigências atuais.

Espera-se que a estratégia de PBL na disciplina de Projeto Integrador contribua para que estudantes e professores envolvidos comecem a mudar a concepção do processo de aprendizagem e, consequentemente, aperfeiçoem estratégias de ensino adequadas ao que se propõe.

Para uma avaliação da experiência, ao final da primeira edição da disciplina de Projeto Integrador, será avaliado o impacto da metodologia de PBL, tanto na visão dos estudantes, quanto na dos professores envolvidos, direta ou indiretamente. Para tanto serão realizadas entrevistas, de forma que seja possível uma abordagem qualitativa de análise dos resultados, que forneça indicadores quanto à eficiência e à eficácia da metodologia de PBL, utilizada na disciplina de Projeto Integrador. Além disto, como as disciplinas de apoio ao Projeto Integrador contarão com estudantes que não estarão participando da realização do projeto, os desempenhos desses estudantes em cada disciplina de apoio poderão ser comparados com aqueles obtidos pelos estudantes participantes do projeto. Espera-se, desta forma, obter indicadores que permitam corrigir falhas identificadas e aperfeiçoar as estratégias empregadas.

De fato, esta proposta não está isenta de dificuldades. Sabe-se dos desafios a serem enfrentados, principalmente no que diz respeito à mudança de paradigma, necessária, tanto por parte dos estudantes, quanto dos professores envolvidos. Trata-se de uma construção lenta, difícil, passível de discussões, pois o abandono de práticas pedagógicas consolidadas é muito difícil e não se trata de um processo espontâneo. Mudanças qualitativas implicam experiências, voltar atrás. Porém, no cenário atual, mais do que nunca, é preciso uma abertura para o trabalho em equipe, permitindo uma troca de experiências que possibilite uma reflexão crítica e contínua produção de conhecimento sobre este tema.

Referências Bibliográficas

Inova Engenharia – Propostas para a Modernização da Educação em Engenharia no Brasil. (2006). Brasília: Instituto Euvaldo Lodi. Núcleo Nacional. SENAI.

Paniagua, M. J. A. et all. (2007) In: Beneitone, P. ; Esquetini, C.; González, J. ; Maletá, M. M.; Siufi, G.; Wagenaar, R.. (Org.). Tuning América Latina: Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. 1 ed. Deusto.

Sauer, L. Z.; Lima, I. G.; Soares, E. M. S. (2008). Active learning: strategies in mathematics for engineering education. In: Rafael Enrique Gómez; María Catalina Ramírez. (Org.). Designing and implementing an active and equitable engineering education. 1 ed. Bogotá: Cargraphics S.A, v. 1, p. 105-115.

Sauer, L. Z.; Lima, I. G.; Soares, E. M. S. (2009). Matemática para a Engenharia: identificação de aplicações nos contextos de atuação profissional dos estudantes. In: XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Recife.

Savin-Baden, M., Howell, M. C. (2004). Foundations of Problem-based Learning. McGraw-Hill Education, New York.

Soares, F., Sepúlveda, M. J., & Lima, R. M. (2010). An integrated project of entrepreneurship and innovation at university of Minho. Paper presented at the 9th Portuguese Conference on Automatic Control – CONTROLO'2010, Paper88_01-06, Coimbra, Portugal, 8 to 10 september 2010.

Paper Session B2

Teaching platform for electronic injection to control internal combustion engines

Bruno Martin de Alcântara Dias*+, Edson Caoru Kitani*+, Felipe Serafim Albadaladejo*+, Armando Antônio Maria Laganá*+

*Escola Politécnica, Universidade de São Paulo , Av. Professor Luciano Gualberto, 158- travessa 3, sala A1-41 LSI – São Paulo – SP – Brasil
+ Faculdade de Tecnologia de Santo André, Rua Prefeito Justino Paixão, 150 – Santo André – SP – Brasil

Email: alcantara.dias@hotmail.com, edson.fatec@yahoo.com.br, serafim@lsi.usp.br, lagana@lsi.usp.br

Abstract

This work developed a teaching platform (hardware) that allows new developments and technological innovations in automotive electronics, more specifically in electronic control units (ECU), applied to control an internal combustion engine. This hardware provides facilities for undergraduate and postgraduate students to develop new technologies in their projects. Considering the strong increase of electronics devices in the cars, and a huge increase in the cars production in Brazil, this work intends to provide an excellent tool for engineers and technologists in Brazil and the world to increase their knowledge and keep up with the growing demand for qualified professionals in the automotive industry.

Keywords: Teaching Platform; Hardware; Electronic Control Unit; Internal Combustion Engine.

1 Introduction

In the future it is expected to increase significantly the number of vehicles existing in the large cities. When the number of vehicles was relatively small, there was no concern about the issue of toxic gas wasted from the combustion of the Otto cycle engines. The effects of increasing global fleet drove the automotive industry in two directions: in the search of alternative fuels and improvements in engine management, for example, electronic fuel injection (Hrovat, D. & JING SUN, 1997).

There is a huge concern for the governments in relation to emissions of pollutants. In some countries, environmental laws emissions restrictions on internal combustion engines in a very rigid. These laws require manufacturers to invest in emissions control technologies on internal combustion engines, developing for example, an electronic fuel injection and idle control by decreasing the incomplete combustion of fuel on the engines, which is responsible for much of the environmental problems and health problems of the global population (CÂMARA, 2006).

Brazil has launched in 2003 the bi-fuel or flexible fuel technology for vehicles with internal combustion engines Otto. This technology allows vehicles to operate with gasoline, hydrated ethanol or a mixture of both in any proportion. This technology has great penetration in the Brazilian market in 2006 representing approximately 75% of new vehicle sales in the country (MELO, 2007). Engines that operate with the flex technology necessarily need an electronic control unit that make the management of this engine, setting the appropriate mass of fuel and spark advance for the engine operate with high performance decreasing the fuel consumption and emissions of pollutants. In this way, the demand for knowledge in this area becomes very necessary today in Brazil. Our skilled engineers have increased, but not in proportion to the required demand. This limitation is, among other reasons, lack of qualified human resources in the country. This situation becomes more adverse if we focus the analysis in the area of embedded electronics and automotive electronics.

1.1 Motivation

The analysis of the dynamics of an internal combustion engine depends on a number of parameters quite complex, which can vary from an analysis of the mechanical losses in the system by a complex chemical analysis of the fuel and the respective yield. This paper proposes the development of a teaching electronic control unit capable of managing specific functions of an internal combustion engine, providing facilities for undergraduates and postgraduate studies to develop their projects in this theme.

The main motivation was the possibility of designing a system that can totally replace the original electronic control unit of the car and control all basic parameters needed to keep the engine working. In the same way the possibility to understand the signals emitted by the car sensors and work properly in the main system actuators will generate facilities for teachers to teach their lessons in automotive electronics and electronic management of an internal combustion engine.

2 Basic Concepts

The theoretical basis needed to understand the part of an electronic management system for an internal combustion engine begins by understanding the mechanics and dynamics existing in these engines. This section has been divided into three sub-sections containing the relevant information in an organized way, explaining from basic to the specific issues of this work.

2.1 Fundamentals of Internal Combustion Engine Otto Cycle

The internal combustion engines are based on thermodynamic cycles. The implementation of a thermal machine based on the Otto cycle typically takes place as alternative engines, this means that the engines work in different stages of the cycle, occurring repetitive movement of the piston over the cylinder. These machines are also classified as four-stroke engines, and four-stroke refer to the four movements of the piston to perform the different stages of the cycle: intake, compression, combustion and exhaust.

2.2 Basic Principles of Mixture formation and the Gases Present in the Exhaust

The engines used in the vehicles are known as thermal engines because it converts the calorific energy of fuels into mechanical energy, which appears as shaft work of the crankshaft. Calorific transformation occurs when the mixture of fuel and oxygen ignite. The combustion is an oxidation process; this process releases a large quantity of energy as heat. To occur the combustion it is necessary that the fuel, a compound of carbon and hydrogen, grouping together with oxygen molecules in the air in our atmosphere. In the complete oxidation, hydrogen (H) is combined with the oxygen (O2) to produce water (H2O), and carbon (C) is combined with the remaining oxygen to form carbon dioxide (CO2) (ANDREOLI, 2009). The real combustion produce other products in addition to carbon dioxide and water, some of these are toxic and restricted by the governments. With environmental laws becoming more rigid and the growing desire of the client in obtaining fuel economy, more precise control of fuel mixture formation was required. The electronic control system of an internal combustion engine has emerged as an alternative to the functional, but few flexible carburetors.

2.3 Electronic Control on Internal Combustion Engines Otto Cycle

The electronic fuel injection systems were initially established as an alternative to carburetors having the purpose of controlling the fuel injection in the engines. However, thanks to the easy integration offered by electronic systems, the automotive industry concentrating various functions of control and monitoring of the engine, extending its functions in the car. Today, the electronic injection systems can be considered complex electronic systems formed by multiple sensors and actuators responsible for complete management of the engine. Electronic fuel injection systems have the function of correctly dosing the mass of fuel to the engine operating conditions and are classified depending on the control strategy, the number of injection valves and the position of injector valves in the intake system of the vehicle. For the electronic control unit (ECU) act precisely in the engine, the ECU must estimate with the greatest possible accuracy the present regime of operation of the engine. In this case the ECU receives signals from several sensors installed in the car and controls the engine operating parameters, optimizing yield. Figure (1) illustrates the three stages required for an electronic control unit to act on the engine.

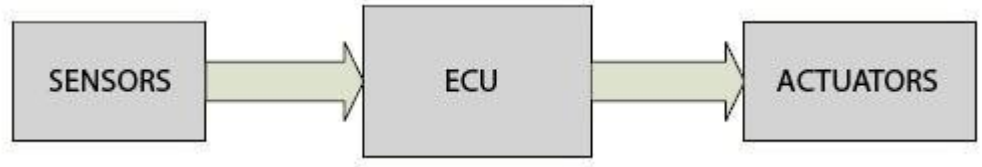


Figure 1: Three stages for the controllers of the ECU [Extracted of BRAGA, 2007].

You can assign the following functions to the ECU:

- Control of the fuel injection
- Control of the ignition
- Idle control
- Electronic throttle control
- Traction control
- Control of exhaust gas recirculation

The basic controls are the control of fuel injection, which ensures the ideal amount of fuel to keep the engine working at all operating points, the control of the ignition, which ensures the occurrence of a spark at the correct time to ensure enough energy to initiate combustion, and finally, the idle control system keep the

engine operation when the vehicle meets the throttle valve closed. These are the three considered basic or essential controls for the engine to work properly. The other controls are used to increase performance, improve handling, reduce fuel consumption and reduce emissions of pollutants and are not considered basic or essential, but widely used in commercial systems and motor racing (BRAGA, 2007). In Figure (2) illustrated below is a basic diagram of an electronic control unit for internal combustion engines.

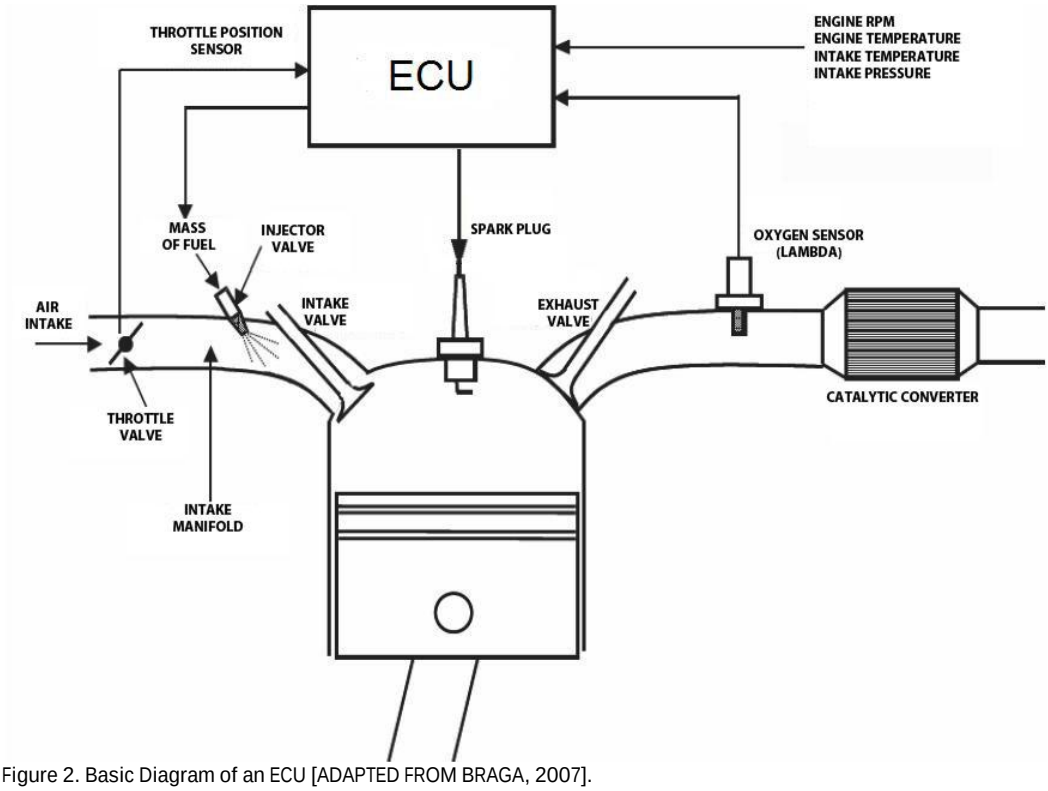


Figure 2. Basic Diagram of an ECU [ADAPTED FROM BRAGA, 2007].

The ECU receives as input variables such as engine rpm, the instantaneous position of the throttle, the engine temperature, the temperature of the intake manifold and the pressure in the intake manifold to determine the mass of fuel to be injected and spark advance.

In the next chapter we will see the whole process of development of the teaching hardware, mentioning all the tools used to construct the same and their respective functions in implementing the system.

3 Methodology Used To Make the Teaching Platform

We describe below, how was performed the confection of this hardware, the tools we used and the idea proposed in this project.

3.1 General Description

It was established to develop the teaching platform an evolutionary process. The teaching platform will pass through multiple versions of hardware, adding new functions to each step. Therefore, the first version, which is the focus of this paper, must present the minimum conditions to management and control mock-ups. In Figure (3), can be observed a mock-up of an internal combustion engine used to perform the tests in this project.

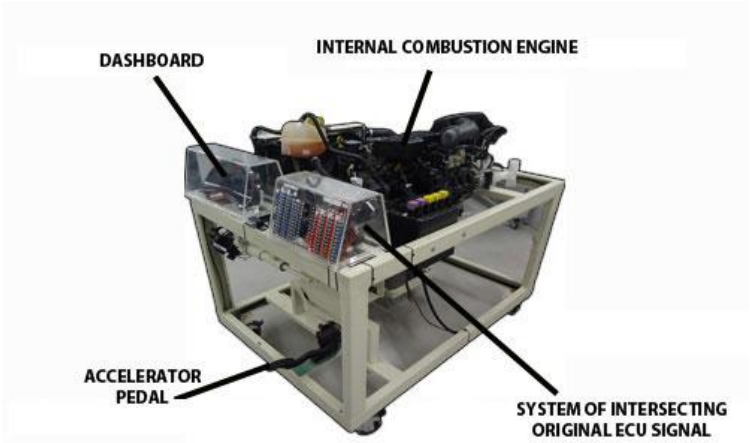


Figure 3. Mock-up of an internal combustion engine.

The electronic control unit (ECU) has a decentralized concept, this means that each block performs a specific function in the engine management. The ECU has three basic blocks, respectively, management, synchronization and communication / diagnosis. The management block receives signals from several sensors and must identify the operating regime of the engine, setting the appropriate parameters for the different actuators, basically, throttle valve, injector valve and ignition coils. The synchronization block have the function of generating control signal to act in fuel injection and ignition system, taking as reference the signal of the phonic wheel and parameters determined by the management block. The communication and diagnosis block has a function of receive information from the management block making it available in a CAN bus network and also performing in a liquid crystal display.

Because it is a teaching platform for electronic injection to control internal combustion engine, was established the use of the most basic electronic components for the interface circuits, in order to facilitate the learning of undergraduate students in their practical experiments in different disciplines. In this first version, were not used integrated circuits used on commercial applications, giving chronological order in the learning of the student. In figure (4) will be displayed the block diagram of this first version, which represents the general idea of this project.

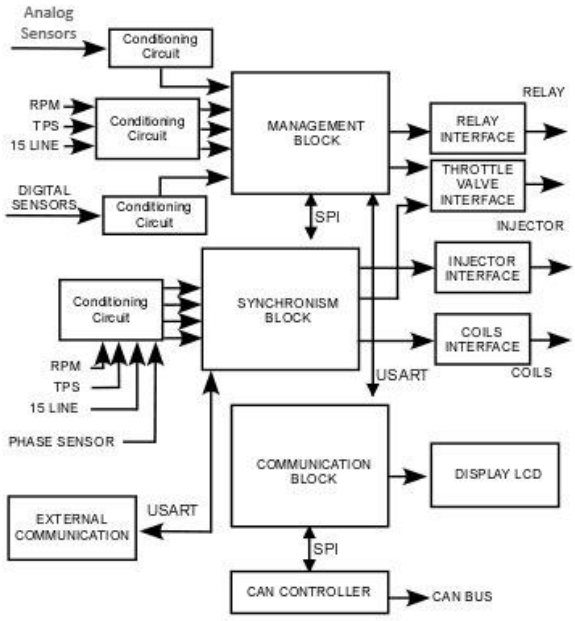


Figure 4. Block diagram of the ECU blocks.

For the three blocks mentioned above was chosen for this first version, the PIC18F452 microcontroller that has a program memory of 32K bytes, data memory of 1536 bytes, 256 bytes of EEPROM memory, analog / digital converter with 10 bit resolution, support oscillator 40 MHz or 10 MHz with PLL (Phase Locked Loop) module to multiplier 4x, support SPI, USART and I2C protocol, two modules of comparison / capture / PWM, four timers and 18 interrupt sources (MICROCHIP, 2002).

3.2 Tools used to develop the hardware

To develop this hardware it was adopted as CAD platform software simple to use and with great functionality. The Proteus developed by Labcenter Electronics, is very powerful and functional software. Proteus includes two software ISIS and ARES. ISIS was used to develop the electrical schematic and simulate the functionality of the system and ARES to define the usable area, to perform the placement of components and routing of the tracks. This software accelerated the whole process of development the teaching platform for electronic injection. In figure (5), it was illustrated the routing of tracks and placement of components in the electronic control unit finished. Being ready to be printed and manufactured.

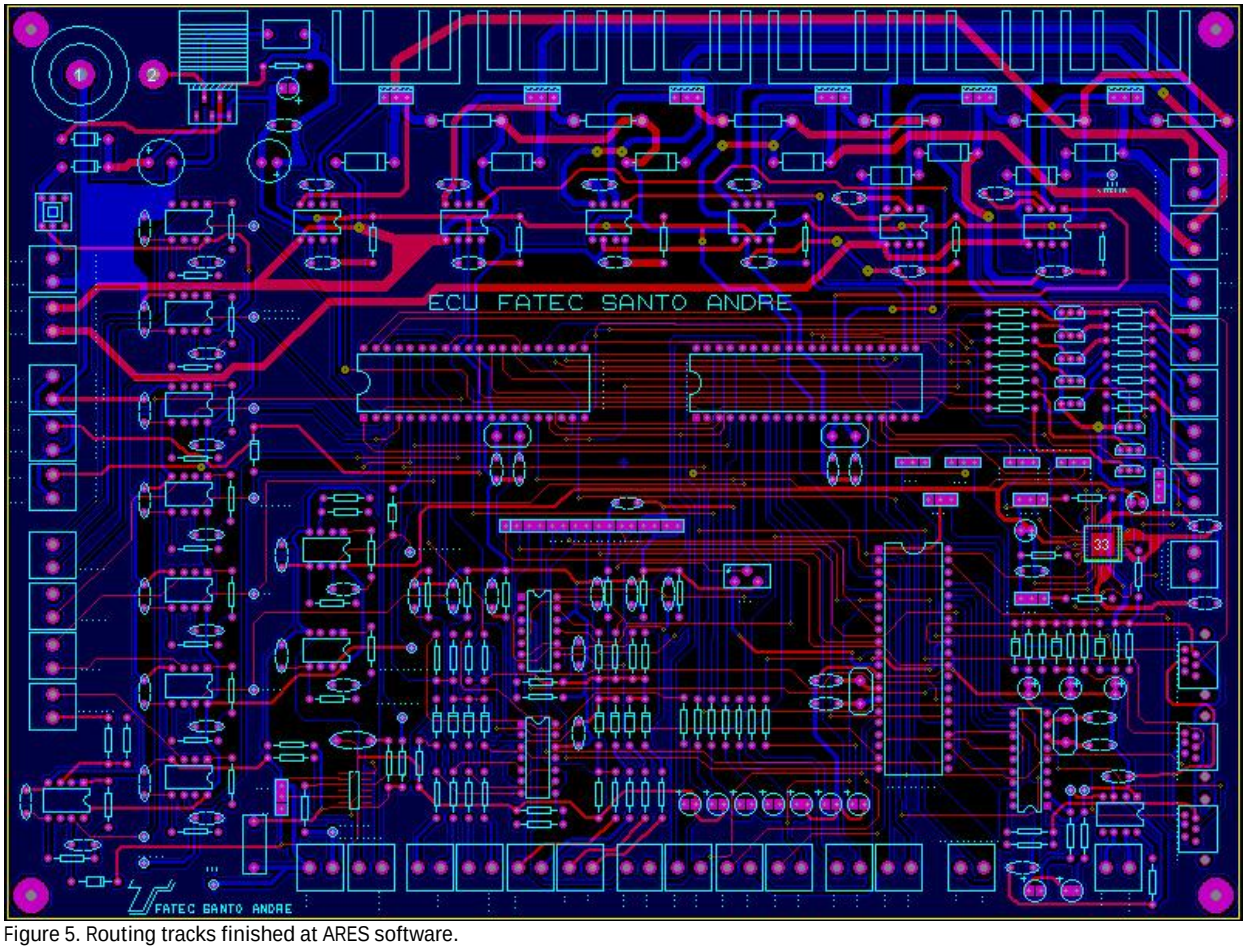


Figure 5. Routing tracks finished at ARES software.

Among the most important aspects of an embedded system are reliability, efficiency and cost. In the next chapter will be detailed tests and results, stratifying them for a comparative study between the desired and achieved. We will see if the target was achieved and what were the difficulties experienced in this project.

4 Results Achieved

This chapter will detail the trials and the results achieved. We will check if the methodology employed in this project is valid and if the teaching platform for electronic injection can management an Otto cycle engine.

4.1 Circuit Completed

In Figure (6), it is illustrated the teaching platform for electronic injection to control internal combustion engine completed.

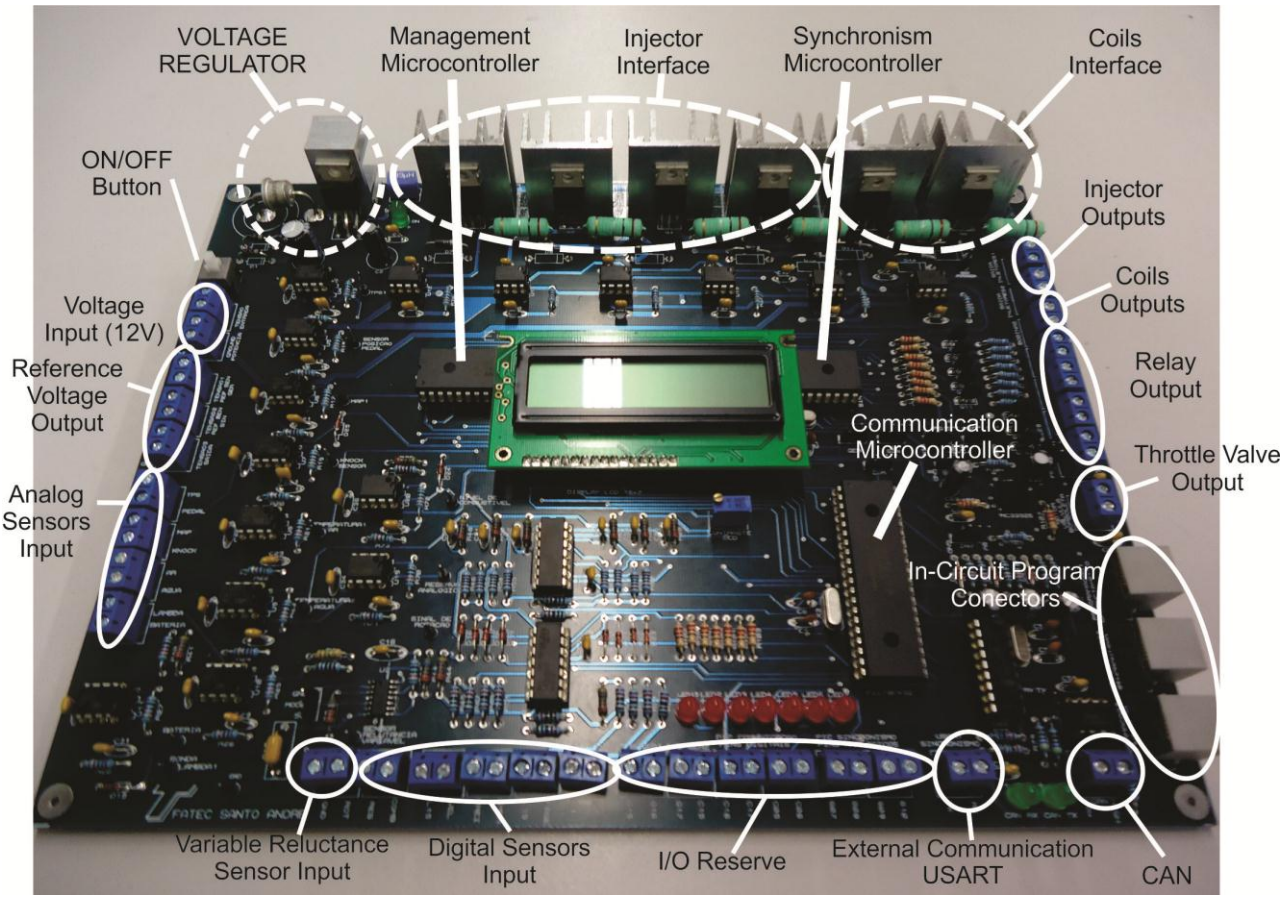


Figure 6. Teaching platform for electronic injection to control internal combustion engine completed.

In figure (6) is illustrated clearly how the three microcontrollers were placed, the liquid crystal display, connectors for In-Circuit program, the LEDs and On/Off button. It is also illustrated, the input of all sensors available in the project and the outputs for all the actuators. It is able to see the connectors of the CAN network and external communication USART.

4.2 Teaching and Learning Aspects of the Platform

Basically, this platform allow students to test their own software code related on ECU strategies such as: start crank, warming phase, idle speed control, acceleration and so on. Using C compiler and MPLAB GUI from Microship, the student can compile and download their code into one of three CPUs. As mentioned before, this kind of architecture gives an easy way to create a complex engine control in collaboration, because that complex task can be divided and shared with a group of students, each one working on a part of strategies. As well known software strategy named "divide and conquer", here we use the same strategy with the hardware. Instead of using a single and powerful microcontroller, we developed a hardware that allows students to create complex software in parts. There are platforms based on commercial hardware, but those system offer limited access to change engine strategies or even only allow modification in the engine mapping.

To be efficient, this teaching platform must be used with students that have previous knowledge in, PIC programming in C, basic knowledge in internal combustion engines and electronic control units for engines. The teacher must offer some initial information about the architecture of the hardware and how to integrate it with the engine. Then, the students must start creating programming in C to read sensors and control the outputs based on engine condition informed by the sensors. The outcomes should be the engine starting and controlled by this hardware and the software strategies created by the students.

In Brazil, as mentioned earlier, the need for skilled workforce increases over the years. This platform will assist teachers to teach practice lessons on courses focused in electronic management of internal combustion engines. Students will improve their theoretical knowledge in practical lessons under the supervision of teachers, understanding how to perform and processes the signals from the main sensors in the engine with the objective of acting on the engine. Also the students will be able to compare the original control signals from the engine with the signal developed by them using this Teaching Platform.

There are currently three projects, being one of Masters Degree student and the other two of undergraduate's students, using this Teaching Platform of Electronic Injection to Control Internal Combustion Engines as a platform for testing and trials. And some classes of the undergraduate course in automotive electronics of Fatec Santo André University, for example Microcontrollers and Management of Internal Combustion Engines already use this teaching platform in their theoretical and practical lessons.

5 Conclusion

Today we discuss a lot about emissions of pollutants gases not only to human health as well as the environment, and as is our knowledge the cars are one of the largest producers of these gases, and Brazil as one of the largest car producers in the world has it is great importance to these issues. To decrease this rate of emissions a solution was adopted by the automotive industry to invest increasingly in electronic management in Otto cycle engines. The electronic management process in an Otto-cycle engine is increasingly sophisticated, increasingly more sensors and actuators are added to the system in order to improve the yield and consequently reduce emissions always seeking of the so called stoichiometric ratio to obtain a complete combustion of all fuel admitted into the combustion chamber with the maximum utilization of the torque and power. In this way, the demand for knowledge in this area becomes very necessary today in Brazil and in the world.

The results of this project were positive about the choice of an experimental methodology and evolving with high educational value, allowing graduate and postgraduate students to use the knowledge acquired from this project in the development of new technologies contributing positively to the Brazilian and world society.

Also with the results achieved in experiments with real elements we can anticipate that with the improvement of the software, will be possible to manage an Otto cycle internal combustion engine, considering that the main inputs and outputs of the ECU were provided in the original work.

The teaching platform for electronic injection to control internal combustion engines developed in this project will contribute to the learning of undergraduate students and will also be useful for classroom teachers who minister focused on electronic management for an internal combustion engine and all other themes directed to embedded and automotive electronics. The final perception from the students will be the possibility to understand and interact with a technology considering it not a "black box". Several outcomes can be achieved using this teaching platform. We can summarize as: developing skill in C program, developing knowledge in internal combustion engine, creating a structured conception between engines strategies software, engine mechanics and electronics.

References

Andreoli, Alexandre Giordani.(2009) Injeção Eletrônica Programável para Automóveis, Monografia de Graduação, UFRS, Porto Alegre - Brasil.

Braga, Gabriel Teixeira.(2007). Uma Contribuição ao Controle de Motores de Combustão Interna de Ignição por Centelha na Condição de Marcha Lenta. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica - UFMG. Belo Horizonte - Brasil.

Câmara, Júlio César Chaves.(2006). Monitoramento Eletrônico da Mistura Ar/Combustível em Motores de Combustão Interna Ciclo Otto, Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da UFBA, Salvador – Brasil.

Hrovat, D. & SUN, Jing.(1997). Models and control methodologies for IC engine idle speed control design, Control Eng. Pratice, Vol 5, No. 8, PP. 1093-1100.

Melo, Tadeu Cavalcanti Cordeiro de.(2007). Modelagem Termodinâmica de um motor ciclo Otto tipo Flex-Fuel funcionando com Gasolina, Álcool e Gás Natural. Trabalho de Formatura – UFRJ. Rio de Janeiro - Brasil.

Microchip. (2002). *PIC18FXX2 Data Sheet*. U.S.A.

A New Method for Learning Electronic Management of an Internal Combustion Engine with a Mock up

Felipe Serafim Albaladejo[*], Marcos Antonio de Carvalho Guedes[*], Armando Antonio Maria Laganá[*], Alexsander Tressino de Carvalho[+], Fabio Delatore[+].

[*] Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Av. Professor Luciano Gualberto, 158- travessa 3, sala A1-41 LSI – São Paulo – SP – Brasil
[+]Faculdade de Tecnologia de Santo André, Rua Prefeito Justino Paixão, 150 – Santo André – SP – Brasil

Email: serafim@lsi.usp.br, maguedes@lsi.usp.br, lagana@lsi.usp.br, tressino@lsi.usp.br, f.delatore@terra.com.br

Abstract

In order to make people capable to work in automotive area, this paper suggests a new process of electronic management of an internal combustion engine, where the engine control unit was divided in a decentralized architecture. The first block of this unit is being responsible to do the synchronism of the engine in order to act in the coils and injectors valve in the correct moment and with an exact time of duration. These parameters are calculated by the second module, which has the function to do the effective engine management: to monitor the sensors, process the information, calculate all the parameters and transmit them to the synchronism module through a Serial Peripheral Interface (SPI) communication. And the last module was created to do an interface with an external environment. All experiment was done in a mock up which the Electronic Control Unit was totally intersecting.

Keywords: electronic management, internal combustion engine, decentralized architecture.

1 Introduction

During the last years, the growth of the vehicle production in Brazil was greater than 3 million vehicles per year. This fact culminates in a bitter dispute between Brazil and India for the seventh position in the world in vehicle production. In this scenario, the number of engineers that the companies demanded increased significantly. But compared with other countries, this number is not enough considering the amount of vehicles produced. This situation is even more adverse when this analysis is focused only on the area of automotive electronics, which since the implementation of the environment laws with control of exhaust gas emission, is growing considerably in the development area of the automotive companies. In this context USP Polytechnic School (POLI-USP) and FATEC Santo André have dedicated efforts to develop an Electronic Control Unit (ECU) of an internal combustion engine Otto cycle in order to contribute with the formation of human resources in this deficient area (automotive electronics), creating a platform complete for future developments with mock-up systems and active dynamometer bench.

A platform composed by three main components was created: the mock-up system (containing the engine and all the sensors and actuators demanded), the printed circuit board (that has all the electronic stuff to perform the engine control) and the system software (that will manage some items of engine operation).

1.1 Motivation

The global vehicle production increased about 3.2% in 2011 comparing to the previous year, representing 80.2 millions of vehicles produced only in one year. Considering this scenario, Brazil gets the seventh place of the global ranking of countries that produce vehicles in the world, losing one position to India in the last year. This bad result is due a low percentage Brazilian growth in this area (only 0.7% in the last year) compared with the global average that was 3.2%. (OICA, 2012).

Observing the last ten years, the situation presented before is completely different: the Brazilian´s vehicles production all over the last ten years is much greater than the global production: the global vehicle production increases 42% while in Brazil this same rate increases 87%, which gives to Brazil the fourth position in the global ranking of vehicles sales. These numbers demonstrate that Brazil has a vast potential in the automotive area, which greats changes to grow more, since the sales of vehicles increased much more than vehicle production, about 2.9% in the last year. (*AUTOMOTIVEBUSINESS*, 2012).

The numbers presented before show that Brazil still demands more qualified workers, engineers and mainly new students that can be developed in the automotive area. This is the reason and the main motivation to develop this project. The conception of suitable tools that help to improve the qualification of all the students that, direct or indirect, will contribute to raise the vehicle production, the embedded electronic on the automobile and the development of this country.

2 Overview

The first steam engine was constructed by French Jesuit missionaries, Ferdinand Verbeist and Philippe Marie Grimaldi, in China in 1665 (FLINK, 1990). Still in the seventeenth century, another idea came up: the use of gunpowder to try to produce a linear movement in a piston inside a cylinder. However this invention demonstrated not efficient enough, but it was used to inspire others, such as the two steams powered vehicles built by Nicholas Cugnot from 1765 to 1770 explorating the replacement of the gas fuel by liquid fuel. (CÂMARA, 2006)

Researches about internal combustion engine increased, and the steam engines became obsolete. So in 1862 the French physicist Aphonse Beau de Rochas described the four theoretical cycles of an internal combustion engine (which was operated with some fuel derived from petrol): intake, compression, ignition (made through a spark) and exhaust. But this engine has only assembled in 1876 by a German engineer Nikolaus Otto and it was named Otto's Engine. (MILHOR, 2002)

Some years later this invention was inserted in a vehicle by Gottilieb Daimler and Carl Benz and thereafter the automobiles were evolving and adding more technologies in the cars. Since starters, carburettors, transmissions, brakes in the four wheels until nowadays with electronic injection, engine electronic management, ABS (Anti-Lock Brake System), airbags etc. So it is noted with the passing of the years automobiles became much more comfortable, safety, practical, economical and, the most important, emitting less harmful gases to the atmosphere.

2.1 Air fuel Mixture an Electronic Management System

An internal combustion engine can be considered as a thermodynamic machine, where occurs an internal combustion in the cylinders that generated a thermal energy that expands the gases and performs the responsible work of giving a liner movement to the piston. This linear movement is made after changed to a rotating movement due to "teamwork" of the rod connection and the crankshaft.

In order to have combustion inside of the cylinder, it is necessary to have a mixture of three chemical reagents in the cylinder, they are: fuel, oxygen and heat provided by the spark plugs. Without one of these reagents the combustion does not occur, and if it is missing a part of one of them, the combustion is not complete and, consequently, there is not the best performance of the engine. Moreover, if the combustion is not complete, the harmful gases that would leave to atmosphere would be higher.

So, in the beginning, the amount of air and fuel that entered in the cylinders was done by a mechanical dispositive called carburettor, where the vacuum generated by the downward movement of the piston sucked the air that dragged the fuel inside the cylinder. However this mechanical system has become obsolete due the creation of governmental gas emission's laws.

Therewith the electronic management systems (ECU) emerged. It had the function of controlling the amount of harmful gases that were expelled in the vehicles. This system suffers a lot of modifications in the course of time but still today the functionality of it, is the same. And to do this control of gas emission, the ECU is composed by many electronics components, manly by a powerful processor. Besides ,it was inserted in the engine many sensors and actuators to help on this control. The sensor's signals are feeding the ECU with parameters to estimate the amount of air and fuel that has to enter in the cylinder. With some output signal, the ECU controls some actuators that have the function of controlling physically the passing of air by the throttle body and the amount of fuel injection by the injectors.

With these technologies applied in the automobile's engines, the complexity to develop, evolve and repair these components was very difficult, which makes the automotive industry a closed market, monopolizing knowledge and information about these systems. Where the only person who really knows about these themes and can develop something like this are smalls groups of developers spread around the world, mainly in Germany and United States, where the most automotive development companies are consolidated, for example: Volkswagen, Bosch, Continental and BMW from Germany and General Motors, Ford and Delphi from United States.

Following this scenario, especially in Brazil, we observe the need of forming trained professionals with good technical information different than that information provided in the market. With the purpose to improve this situation, support some graduations and master's projects and helps in some sensors development, this paper focus on a build of a new platform to learn electronic management of an internal combustion engine.

3 Methodology

The software management system was developed together with a printed circuit board, named as this point on as hardware board, and it is responsible to control the engine actuators. It permits to keep the engine working without the original ECU. The software management and hardware board was separated in three blocks: management, synchronism and communication/diagnosis. The first block is responsible to do the management of the engine, receiving the sensor's signals, calculating some control parameters and transmitting them by a SPI (Serial Peripheral Interface) communication to the synchronism block. The synchronism block will receive all these parameters and control the exact moment and also the period of time that the actuators (injectors and sparks) are turned on. The last block, the communication/diagnosis, will be an interface of the management block and the external environment, getting some information from the management block, recording it in a memory. This memory could be accessed to discover the system faults or just to show some parameters value from the communication block, that will be printed on a LCD display (Liquid Crystal Display).

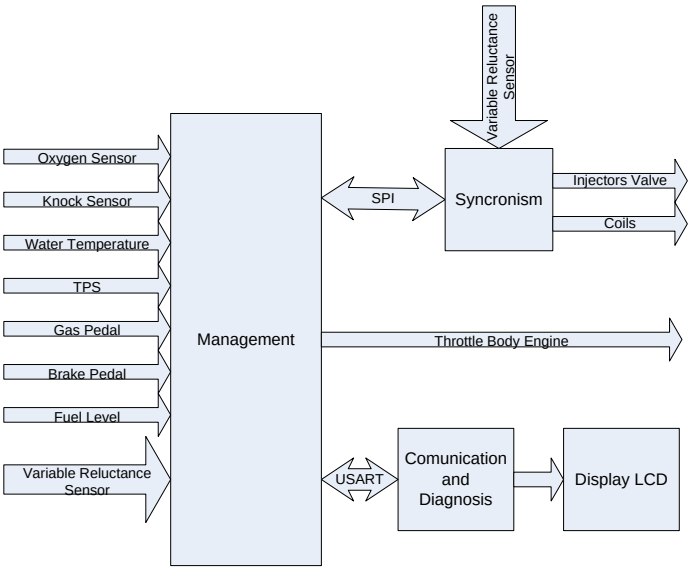


Figure 1: Block diagram of the "home-made" ECU.

The hardware board, is used to test the engine management software, responsible to conditioning some engine sensors signals and commands some engine actuators. This hardware are mainly composed by three microcontrollers (management, synchronism and diagnosis), interface to the injectors and coils (LM1949), interfaces to the relays (ZTX450), recording circuit for the microcontrollers, controller and transceiver CAN (MCP2515 and PCA82C251 respectively), digitals and analogues signals conditioners, variable reluctance sensor signal conditioner (LM1815, interface to throttle body (MC33926), reference voltage outputs and to finish an on/off bottom.

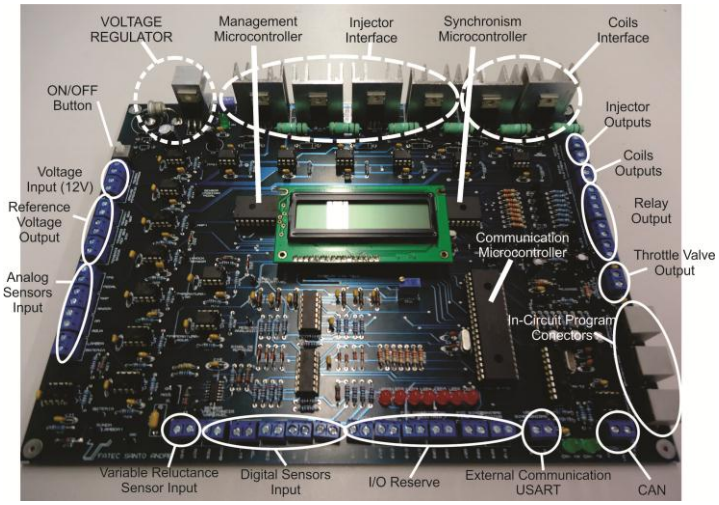


Figure 2: Hardware board used for software's application.

3.1 Management block

The management block unit is responsible to the read all the sensors from the engine: the manifold air pressure and the air temperature (measured by the MAP sensor – Manifold Absolute Pressure), the throttle body position (measured by the TPS sensor – Throttle Body Position Sensor), the engine rotation (measured by the variable reluctance sensor), the gas and brake pedal position, the oxygen sensor (measured by the lambda sensor), knock sensor and water temperature (measured by the NTC sensor - Negative Coefficient Sensor). This block will computing and process all these acquired signal and will calculate the exact moment and time of the actuators will activate the injectors valves, sparks and throttle body. At least, all these parameters will be transmitted by the SPI communication to the synchronism module. The strategy begins while the ignition key is on the *off* position. At this moment, the management block remains in a loop condition until the position of key on is detected. Leaving this condition, the management system prepares the basics conditions to start the engine, checking the gas pedal position, the engine rotation and finally, open the throttle body in a position that supplies the engine with sufficiently air to promote the initial mixture and combustion. The management systems also have already actuated on the general and fuel pump relay, energizing all the system in order to get the fuel gallery pressurized. The system keeps on a rotation checking loop into it detect that the engine starts a movement. This movement is detected by the management block when the variable reluctance sensor send alternate voltage signals to the conditioner circuit, which will treat this signal, sending it to the management microcontroller. When the movement is detected, the second stage begins, where the key and the engine are on: the engine is rotating only by the starter force and remains in a loop into achieve 200 rotations per minute (RPM). When the rotation is greater than 200 RPM the starter stops of acting on the flywheel. The management block will update the injections and ignitions parameters, sending the information to the synchronism block. In this way, the engine keeps working with the combustion forces.

The throttle body also is controlled by the management block, and this part of the program is responsible to control the amount of air that enters in the cylinders. To perform this control, the gas pedal position sensor is observed and according with it, the management block acts into the DC motor that will open the throttle body, by using a pulse width modulation (PWM) signal.

3.2 Synchronism block

The synchronism block has the mainly function of reading the parameters calculated by the management block by using the SPI communication, where the synchronism block is the slave module of this communication. After taking the parameters, this block starts a subroutine to find the reference mark of the toothed pulse ring. This toothed pulse ring with reference mark is composed by fifty eighty teeth minus two teeth. This count is performed in order to synchronize the injector valves and spark pulses to the correct cycle of each cylinder.

Initially the synchronism block performs the configuration of the microcontroller hardware (timer delays, pins states and interruptions configurations). After that, it initializes the variables and performs the first search for the reference mark. Later, it enables the external interrupts (where is done the count of the tooth) and the program enters in a loop into achieve the thirty four teeth. At this moment, the parameters begin to be updated and tooth by tooth, one by one, the following parameters are changed: ignition reference tooth for cylinders one and four, ignition reference tooth for cylinders two and three, injection reference tooth for cylinders one and four, injection reference tooth for cylinders two and three, ignitions actuation time, injections actuation time, injection time, spark energizing time and the variable round that defines in which cycles are each cylinder.

3.3 Communication/Diagnosis block

The mainly function of this block is to collect information from the engine CAN (Controller area Network) network and from the management block, in order to characterize some fault on the engine, showing it on the LCD display. As mentioned before, this block is under development. However the intention of having an exclusive module to do this task, is to become easier to teach to the students the conception of the on board diagnosis system.

This block will only starts when the key is on the *on* position, followed by the hardware and variables initialization. With the basics configurations active, the communication/diagnosis block starts the communication with the management block by an USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver/Transmitter) communication and with the CAN network, taking the information of the engine status, recordering them in a flash memory (freeze frame), and identifying some faults, if they happen, generating codes for each fault.

4 Some Practical Results

To test the software and for the students better understand the process of an engine management was assembled an experimental didactic kit using a General Motors 1.800 cm^3 flex fuel engine. Where, the first challenge was to allow this engine to work in a perfect synchronization with the original ECU and the intersecting system. This intersecting system is responsible to get the original signals of the sensors and actuators from the original ECU, accessing them by external systems, as the printed circuit board that is an "home-made" ECU developed on the Laboratories of FATEC Santo André and demonstrated its results on Albaladejo *et al*, 2011.

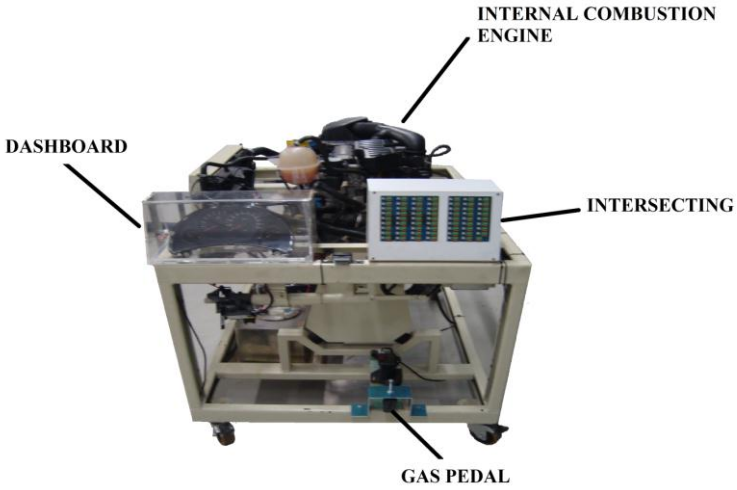


Figure 3: Mock-up using for tests in the development of the ECU.

This mock-up together with intersecting, hardware board and the software allow students from FATEC Santo André develop graduations project. An example for this is a project that is under development by the students, in order to finish the communication block with the entire characteristic described before.

A master thesis is still under development to refine all the software developed. The focus is to maintain the decentralized architecture of the "home-made" ECU unit, but developing the software for different engine conditions states (cold and heat start, warm-up, idle speed, acceleration, deceleration and full load state) using different strategies of control for each situation. It was possible to create tables, as presented by Table 1, of some basics parameters, which can be adopted as initials values in the calculation of the injection and ignition time.

Table 3: Simplified Table of the electronic control unit in a decentralized architecture for the GM Mock-up.

Parameter	Rotation					
	1000	2000	3000	4000	5000	6000
Injection reference teeth for cylinder 1 and 4	8 38	5 35	14 44	13 43	10 40	58 28
Injection reference teeth for cylinder 2 and 3	15	13	4	1	58	56
Ignition reference teeth for cylinder 1 and 4						
Ignition reference teeth for cylinder 2 and 3	46	43	44	31	29	26
Injection time (ms)	4	4.12	4.62	4.64	4.66	5.88
Coil energizing time (ms)	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7

Some classes form FATEC Santo André and USP also were improved after the creation of this system, using all these developed apparatus on the practical classes of Sensors and Actuators and Engine Management, where the students have the opportunity to modify the ECU software and check its performance. An example the student used the table above to do or change the engine calibration, knowing how performs an engine calibration taking into accounts the gas emissions.

Finally this platform still can be used to test new hardware and sensors that in the future could be into the automotive industry. Thinking about this, some free inputs signals were leave on the microcontroller allowing performing the tests of these new, changing some parts of the software in order to include the new control that will be done.

5 Conclusion

Considering the global market and the Brazil current situation on this scenario we can conclude that our country has a lack of good professionals on the automotive area. Consequently the automotive force in Brazil was going down in previous year and if we do not take the necessary steps, our automotive industries will be stagnated, providing workers that only do the hard work in the assemble lines.

However, it was achieved with this project a significant improvement in some subjects from FATEC Santo André and USP Polytechnic School with the use of this didactic platform, getting with this a better formation, qualification and capacity for the students, preparing them to work and develop some new projects for automotive companies in the future.

This paper also presented that some graduated and postgraduate projects are being done and applied in this "home-made" ECU, improving the software of control the engine and creating new embedded technologies that can be used in the future to improve and make the engine a more sustainable tool.

Therewith this paper showed that it is possible to improve and change the current situation of Brazil in global the market. Notwithstanding, this project is just a small and initial action to do this. It is necessary to continue searching for some new technologies to improve the knowledge in the automotive area.

References

Automotivebusiness. Brasil foi o 4º mercado mundial de veículos leves em 2011. Automotive Business, 2012. Disponível em: <http://www.automotivebusiness.com.br/noticia/13157/Brasil%20foi%20o%204%C2%BA%20mercado%20mundial%20de%20ve%C3%ADculos%20leves%20em%202011>. Acesso em: 29 mar. 2012.

Câmara, Júlio César Chaves; Monitoramento Eletrônico da Mistura Ar/Combustível em Motores de Combustão Interna Ciclo Otto, Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da UFBA, Salvador – BA. 2006

Albaladejo, Felipe et al; Desenvolvimento de um Sistema Didático de Gerenciamento Eletrônico para Motores a Combustão Interna. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2011. 8p.

Flink, James, The Age of Automobile. Massachusetts, Halliday Lithograph, 1990. 440p

Milhor, Carlos Eduardo. Sistema de Desenvolvimento para Controle Eletrônico dos Motores de Combustão Interna Ciclo Otto. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002. 86 p.

Oica. 2011 Production Statistics. Paris: Organisation Internationale Des Constructeurs D'automobiles, 2012. Disponível em: <http://oica.net/category/production-statistics/>. Acesso em: 29 mar. 2012.

Didactic Sets for the Study of Automotive Electronics

Cynthia Thamires da Silva+ , Bruno Silva Pereira+ , Bruno Martin de Alcântara Dias* , Marcos Antonio Carvalho Guedes* , Armando Antonio Maria Laganá* , Felipe Serafim Albaladejo*

*Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, Av. Professor Luciano Gualberto, 158 – travessa 3, sala A1 – 41 LSI – São Paulo – SP – Brasil
+Faculdade de Tecnologia de Santo André, Rua Prefeito Justino Paixão, 150 – Santo André – SP – Brasil

Email: cynthiathamires@hotmail.com , brunoice06_spp@hotmail.com , alcantara.dias@hotmail.com , maguedes@lsi.usp.br , lagana@lsi.usp.br

Abstract

The on board electronics are more present in automotive vehicles due to the low cost of the electronic components. Because of that, the automotive systems are upgrading the engine performance, combining fuel economy and reduced emissions. In this way, it is important to develop teaching tools that allow expansion of knowledge in the electronic automotive area. This work intends the development of teaching kits to help electronic automotive lessons. All kits developed are for a specific part of automotive systems like injection, ignition, oxygen sensor, temperature sensor, phonic wheel, pressure sensor, airflow sensor and throttle position sensor. Each kit teaches the student in its own didactic way. These kits provide the necessary basement to study each sensor and actuators present in the automotive system. Through these kits, it is possible to teach didactically all the sensors and actuators present in the automotive system increasing the knowledge of the students in general.

Keywords: Automotive Electronic, Engine Management, Didactic Sets, Teaching Engineering.

1 Introduction

1.1 Objective

The main objective of this study was to develop a didactic set for the practical teaching of components sensors and actuators automotive, specifically members of an electronic injection system used in Otto cycle internal combustion engines. There were developed six didactic sets, covering temperature sensors, pressure, rotation, position, oxygen (lambda) and air flow, and covering the other three actuators, throttle body, fuel injectors and ignition. The development of the didactic sets above were the guideline to meet the demands of the Sensors and Actuators discipline (EES001) and allow the development of projects for automotive electronics within the Microcontrollers discipline (EEM001), taught in the course of Technology in Automotive Electronics of the Faculty of Technology of Santo André - SP - Brazil.

The same set has been used in the discipline Automotive Electronic Circuits and Practices of Electricity and Electronics II (PSI2222) of Polytechnic School of the University of São Paulo - SP - Brazil, for experiments between the statements and preparation of projects, including completion of the course.

1.2 Basic concepts

The carburetor is a purely mechanical component and extremely ingenious, that from the pull of a cable connected to the accelerator pedal is controlled the opening for passage of the air. Simultaneously the carburetor using the Venturi principle aspired to mix air/fuel admitted.

With the advent of electronic fuel injection, the carburetor has become a component mechanically simple, but still controlled by a cable connected to the accelerator pedal, called throttle body, that received a position sensor of opening the air passage (PUJATTI, 2007).

In Brazil in the late nineties, was introduced in the injection systems, an electronic pedal, eliminating the traction cable for opening the throttle body, introducing a torque motor controlled by a complex electronic management system (ECU). In this latter modification is possible to eliminate some servomechanisms used to better tailor the entry flow of intake air to the various engine speeds.

The management system employs several sensors for determining the exact condition of the engine, such as temperature, pressure and mass flow of air intake, with this information the control unit calculates the amount of fuel to be injected increasing the vehicle performance. The system needs to perform synchronization, this is done by a sensor that determines the angular position of the crankshaft, so you can identify the engine speed and calculate the best time for the performance of the system of fuel injection and ignition.

2 Motivation and Justification

2.1 Motivation

Initially the highlight motivation for this work is the growing use of electronics in vehicles aiming to reduce emissions, improve performance and increase safety and comfort. Today the most sophisticated vehicles employ tens of microcontrollers that manage the engine, brakes, suspension and various other functions.

Another strong motivator fact is the expressive growth in production of vehicles produced in Brazil that has surpassed the mark of 3 million. In this scenario our engineering body has increased, but not in proportion to production. This limitation is among other reasons for the lack of skilled human resources in the country. This situation becomes more adverse if we focus the analysis in the area of embedded electronics.

2.2 Pedagogical Justifications

The theoretical education of the sensors mentioned use many mathematical concepts, including Laplace transform, making it complex, and requiring concentration of the student. Moreover the formation of Technologists (upper level) requires that students apply in practice the theoretical acquired knowledge, including the handle shape, obtaining signals and others, and preferably in this case with particular components used in vehicles.

2.3 Practical Justifications

The didactic sets in question facilitate access signal to be studied and increase understanding by students in practical classes, without requiring access to the engine with all its difficulties for the study of their signals.

The study of Automotive Electronics is complex and difficult to access. As a result, stay limited to understand the workings of an Otto cycle engine; because are various sensors and actuators controlled by Electronic Control Unit, and there are several difficulties to obtain the study of signs in an engine, even safety is an important difficulty. Being a highly reliable electronic, with studies and tests upon engine operation, can break any connection or lead to a malfunction, which would delay the studies and hinder your progress.

With the individual sensor signals and separate with access to a bench, you can initially observe, study, and modify their modes of action, without worrying about damaging a car or undergo some risk. So what is shown in books, manuals and professional experiences can be seen and evaluated by each student in practice. Improving your understanding and academic progress.

3 Methodology

3.1 Guidelines adopted

Initially we define that the process of assembling the didactic set should be simple and low cost, considering the low demand; the amount to be produced is reduced. A second guideline was applied using sensors in vehicles for the student becomes well acquainted with the reality automotive.

We have also established that the installation should provide terminals and connectors required to perform the proper connections, including microcontrollers and interface circuitry and finally should be robust.

3.2 Description of the didactics sets

3.2.1 Temperature Sensor

The set of temperature sensors consist of an aluminum block with engaging holes for resistance and the thermocouple, temperature controller (Contemp), ATX voltage source, a sensor that measures the temperature of engine cooling water (NTC) and a sensor electronic LM35.

In demonstration lessons, students can monitor the heating process by checking the temperature measured by the controller (reference only). Parallel to this, the student verify voltage measuring points on the sensor mounted on a voltage divider setting, and verify that it falls with increasing temperature. This measurement is generally performed using a microcontroller, making more real experiment.

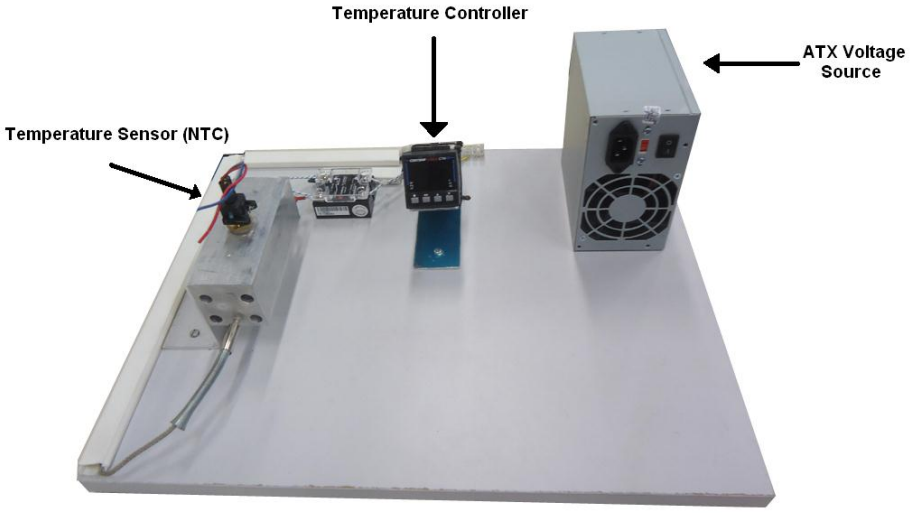


Image 15 – Set of temperature sensor.

3.2.2 Pressure Sensor (MAP)

This assembly comprises a vacuum pump, the MAP sensor, stuck on a fixation bracket, a small valve to control entry of air and a source (ATX).

To check the operation, the pump is connected with the valve closed, which will imply a reduction in internal pressure of the hoses, measured by MAP sensor. When the operation occurs, the valve opens, the pressure increases while increasing the voltage at the output pin of the sensor. This measure can also be performed by a microcontroller for the same purpose of the previous set.

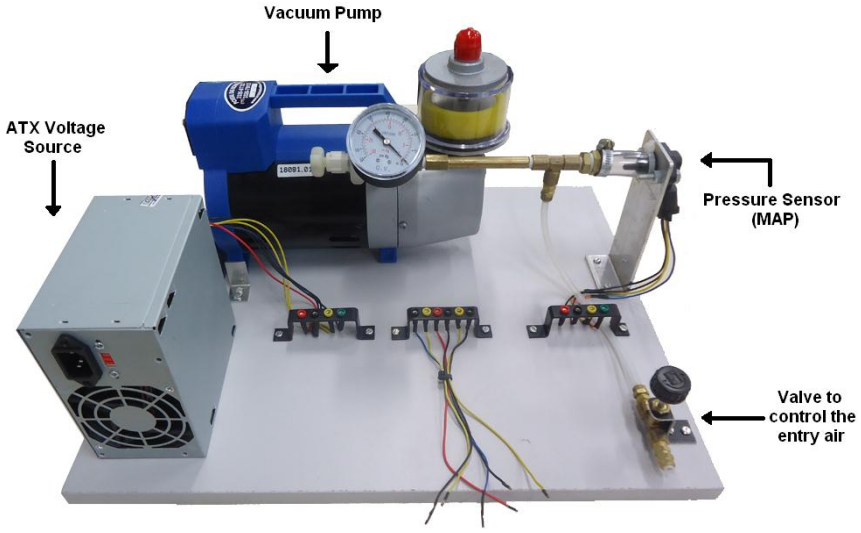


Image 16 – Set of Pressure Sensor (MAP).

3.2.3 Rotation Sensor (phonic wheel)

This kit comprises a phonic wheel similar to that used in most vehicles today, an electric motor controlled by a frequency inverter, from which a pulley moves the phonic wheel connected to a variable reluctance sensor.
The sensor is coupled to a toothed wheel, whose division is 60 teeth, with the lack of two, which region is called a failure. The width of a tooth is equal to the space between them. Due to variation of magnetic flux generated by the rotational movement of the phonic wheel, the signal from the sensor is a sine wave which properly transformed into a square wave, will have a signal that will generate the appropriate pulses to properly synchronized to the injection valves and to the coils ignition.

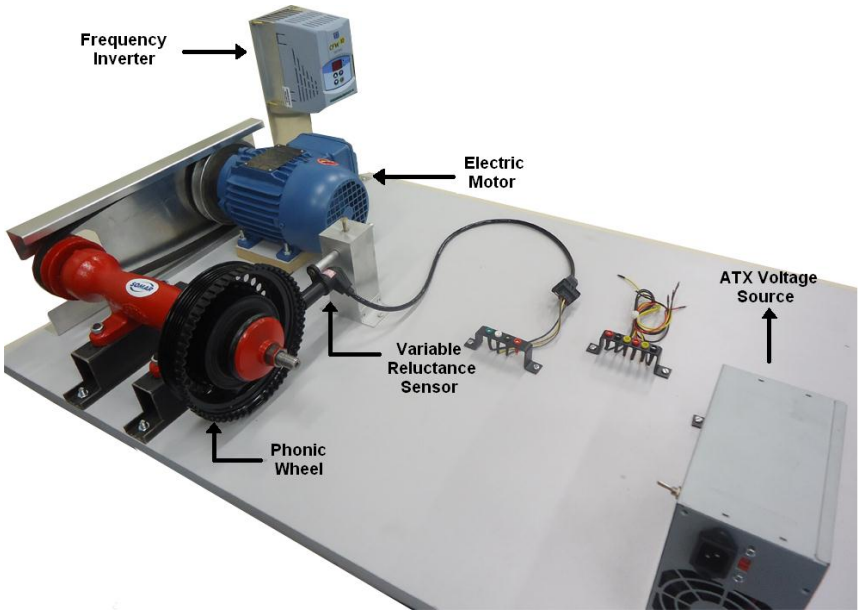


Image 17 – Set of Phonic Wheel

3.2.4 Position Sensor Accelerator Pedal and Position Sensor of the Opening of Throttle Body (TPS)

This set consists of a throttle body, the accelerator pedal and the voltage source (ATX). In this set the student first examines the terminals of the throttle body identifying the pin that starts the opening motor, by measuring a common low resistance (≈ 10Ω), and then identify the other pins with the known model. It is conducted an identification operation similar to the accelerator pedal.

The teaching set also allows the student to develop a control of the throttle opening with the use of a microcontroller, from the position of the accelerator pedal.

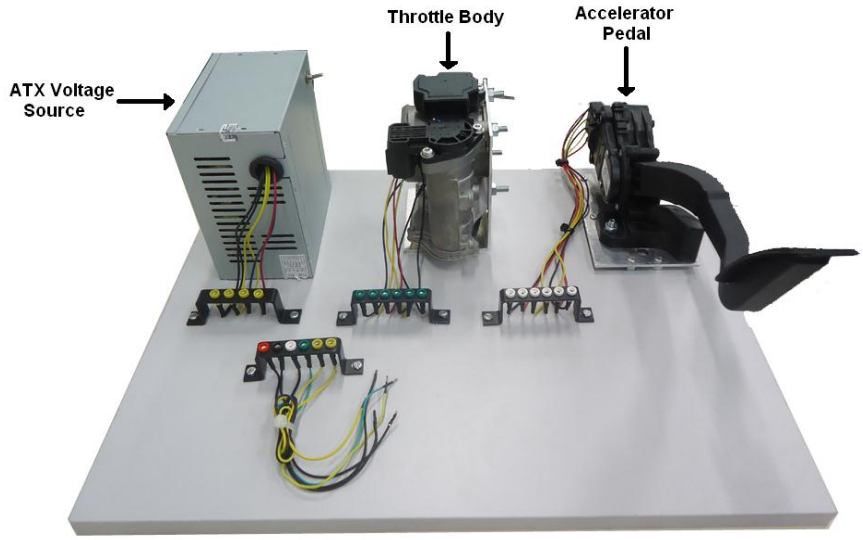


Image 18 – Pedal Set and Throttle Body

3.2.5 Air Flow

By understanding the operation of the throttle body and the pressure sensor, the student can now simulate the condition of intake air in the collector through a vacuum cleaner which generates a depression. Thus, with the throttle body actuation it's possible to make the analysis of the pressure sensors (MAP) and air flow (MAF).

The MAF sensor allows measuring directly the mass flow for determining the injection time. Its operation occurs by varying the resistance of a resistor according to the air temperature due to the mass flow of air.

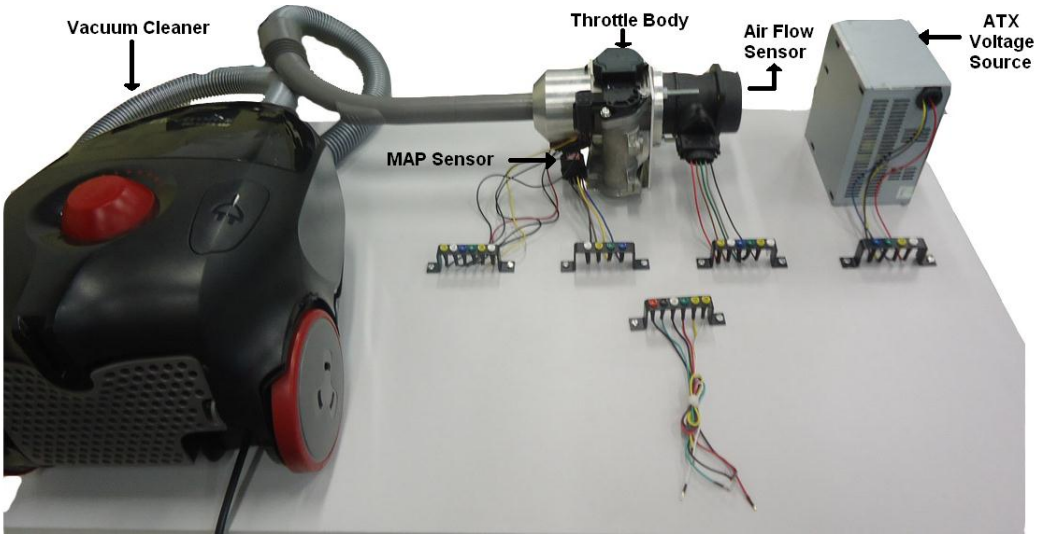


Image 19 – Air Flow Set

3.2.6 Oxygen Sensor (Lambda Probe)

With the growing concern of reducing pollutants emissions generated by automobiles a device was developed, capable of detecting the concentration of oxygen present in exhaust gas, so it's possible to control the right amount of fuel to be injected into the cylinders in order to promote a "clean combustion", ie, generate a smaller amount of harmful gases to the environment.

To design this sensor it was developed a set composed of an internal combustion engine and an oxygen sensor coupled to its exhaust so the analysis can be performed in different sensor systems of combustion.

The lambda probe consists essentially of zirconium oxide (ceramic) coated with platinum. The central region is normally in contact with ambient air presenting an oxygen percentage of about 18%, the outside of the probe will be in direct contact with the exhaust gases of the engine. The difference of the oxygen concentration between the outside and inside of the probe generates a potential difference that is used to determine whether the result of combustion contained more oxygen than fuel or vice-versa so it controls combustion according to the ideal engine (CÂMARA, 2006).

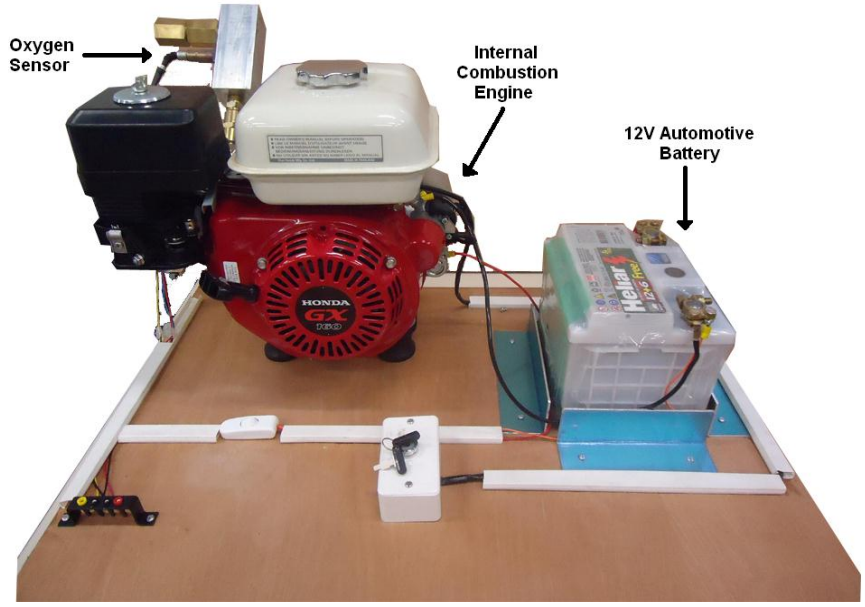


Image 20 – Oxygen Sensor Set

3.2.7 Throttle Body

This set consists of a throttle body and a source (ATX). The student can check the valve opening, process from a PWM signal provided by a microcontroller interfaced by a Darlington assembly.

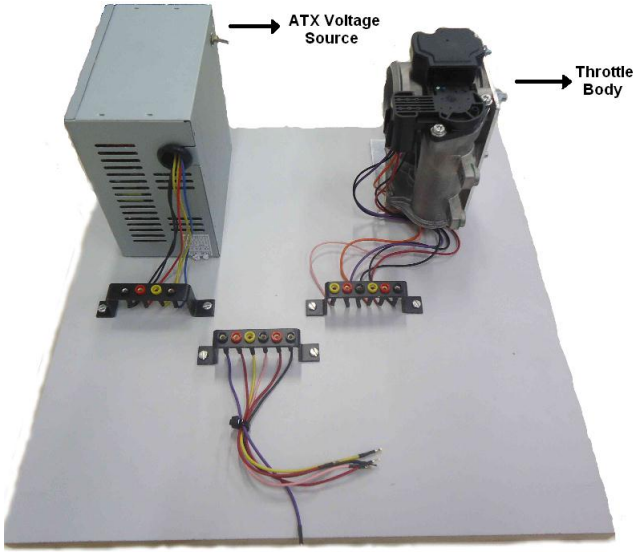


Image 21 – Throttle Body Set

3.2.8 Combustion Injectors

To increase the power demand of the internal combustion engine and ensuring control of exhaust emissions, the injectors were developed based on the principle of operation of solenoid actuated by solenoids.

These actuators control the amount of fuel to be injected into the cylinders by a voltage pulse. This pulse is determined from the data acquired from sensors and actuators discussed earlier, so it can determine the best time and duration of fuel injection through a micro-controller that operates in command of the injectors and fuel pump.

This set consists of a fuel pump, injectors and an ATX power supply.

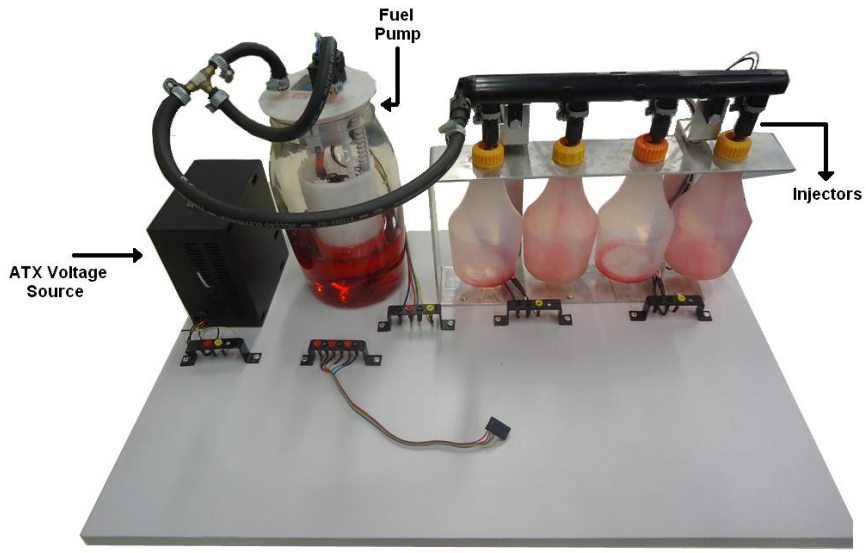


Image 8 – Injection Set

3.2.9 Ignition

The injected fuel requires activation energy for the combustion of the fuel / air mixture in the cylinders. This energy is provided by an ignition through a coil that turns the low voltage of the battery to a high voltage capable of generating a spark at the spark plug.

Consisting of a pair of coils to activate the four spark plugs this set is similar to the set fuel injection, ignition is also controlled by a micro-controller based on the information acquired in the sensors and actuators previously seen, controlling the time and moment of ignition.

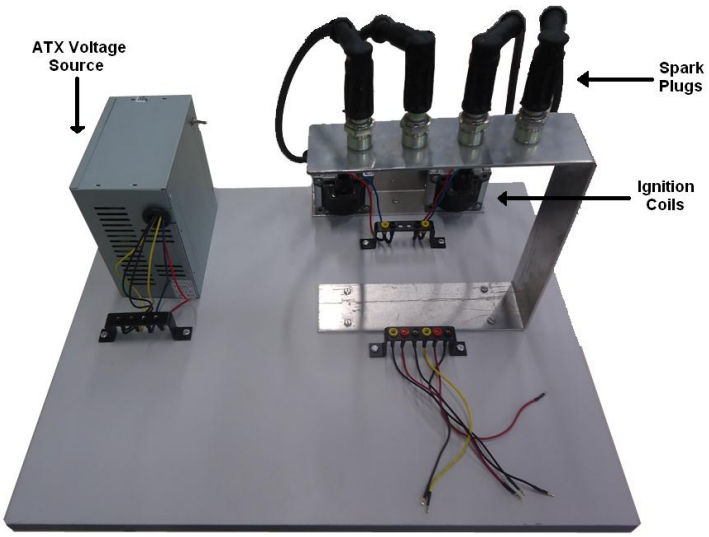


Image 9 – Ignition Set

4 Obtained Results

The didactic set, object of the present study are already used in demonstration lessons in the discipline of Sensors and Actuators in the Technology course in Automotive Electronic FATEC Santo André. In addition, the rotation sensor, fuel injection and ignition are used by students in developing projects in the discipline Microcontrollers and Practices of Electricity and Electronics II (PSI2222) of the Polytechnic School of USP.

It is illustrated an example of the use of these sets, the rotation sensor set and the combustion injectors set. The rotation sensor set simulates engine speed signal. The signal passes to the microcontroller that simulates an electronic injection management program, identifying the failure of the phonic wheel to make the timing and acting in the command of the combustion injectors.

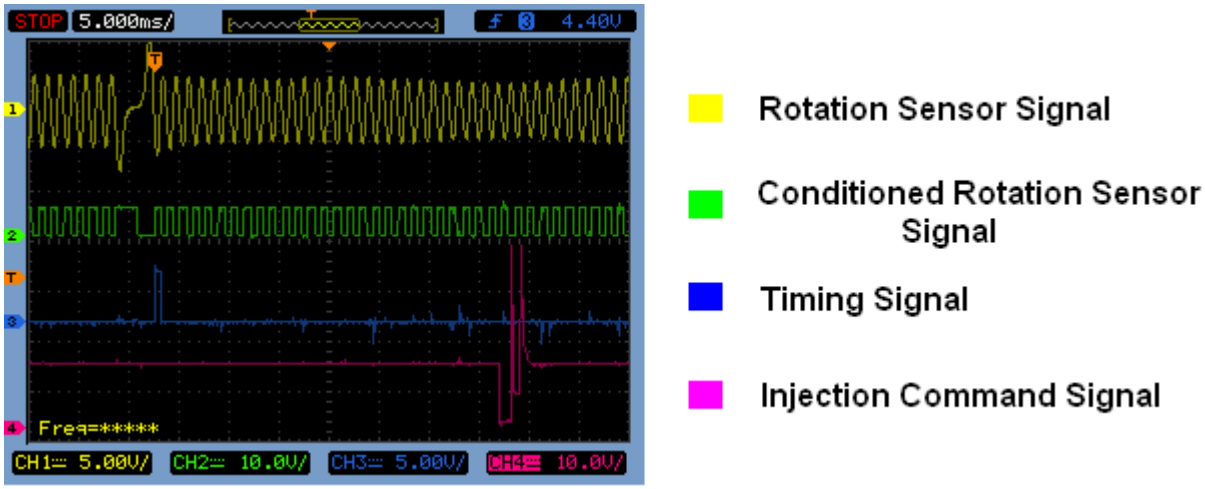


Image 10 – View of the signals on the oscilloscope

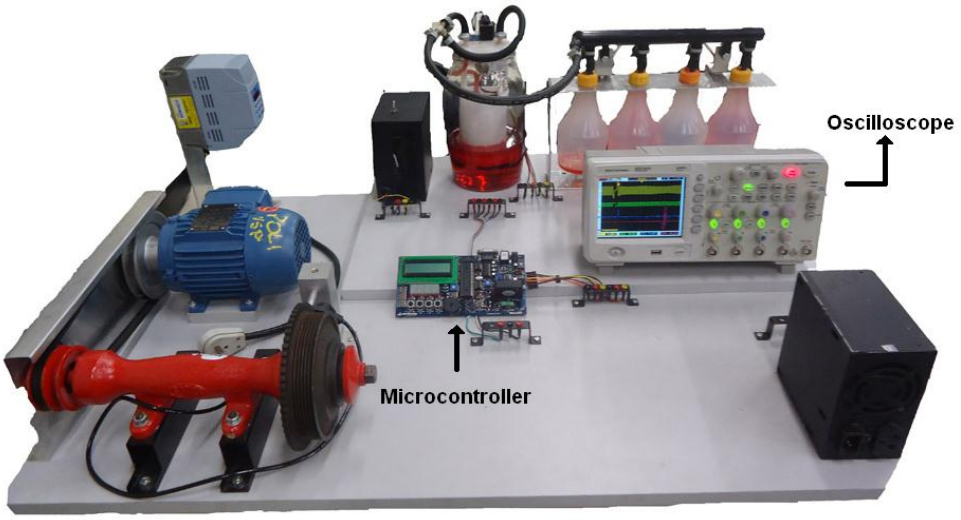


Image 10 – Illustration of the obtained results

5 Conclusion

With the growth of electronics in the automotive industry, the study of electronic components present in the car becomes extremely necessary because currently the engine is controlled by an electronic management system very complex and extremely reliable, which aims to provide more torque, better fuel economy and lower emission of pollutants.

However, this system has a lot to evolve, and this needs to be more accessible to the academic world, so that each sensor and actuator to be studied separately and so acquire a thorough understanding of each component.

With the didactic sets presented in this paper, the analysis of these components becomes accessible and highly simplified, favoring the development of new technologies for the automotive sector and training of qualified professionals in the area.

References

Pujatti, F. J. T. 2007. "Desenvolvimento de um sistema de gerenciamento eletrônico para motores de ignição por centelha". Engenharia Mecânica, UFMG – Belo Horizonte, MG.

Câmara, J. C. C. 2006. "Monitoramento eletrônico da mistura ar/combustível em motores de combustão interna ciclo Otto". Mecatrônica, Universidade Federal da Bahia – Salvador, BA.

Paper Session B3

Motivando Estudantes de Ensino Médio para as Carreiras de Exatas e Engenharias: Programas de Capacitação Docente Utilizando um Modelo de Ensino por Projetos

Galeno José de Sena[1], Maria Cecília França de Paula Santos Zanardi[1], Leonardo Mesquita[2], Marco Aurélio Alvarenga Monteiro[3], André Amarante[4], Fábio Esteves da Silva[5]

[1]Departamento de Matemática, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Guaratinguetá, 12516-410 Guaratinguetá SP, Brasil
[2]Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Guaratinguetá, 12516-410 Guaratinguetá SP, Brasil
[3]Departamento de Física e Química, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Guaratinguetá, 12516-410 Guaratinguetá SP, Brasil
[4]Departamento de , Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Guaratinguetá, 12516-410 Guaratinguetá SP, Brasil
[5]Laboratório de Energia, Meio Ambiente e Sustentabilidade, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Guaratinguetá, 12516-410 Guaratinguetá SP, Brasil

Email: gsena@feg.unesp.br, cecília@feg.unesp.br, mesquita@feg.unesp.br, marco.aurelio@feg.unesp.br, andre.fatec@gmail.com, fabesteves@yahoo.com.br

Abstract

The project "Lab Incognita" has as its main goal to motivate high school students, from public schools in the region of Guaratinguetá, for Earth Sciences and Engineering. Training programs are conducted in the project for the teachers, focusing on "Energy and Environment", in which one seeks to subsidize them in the conceptual and experimental approaches of scientific and technological subjects. It is proposed the use of a Project Based Learning model, which includes tools to support the planning and the management of a project. One proposes also the use of a Virtual Learning Environment and, in this respect, the project foresees investigating software extensions for project management. This article aims to briefly describe the project and adopted PBL model and to discuss, from the conducted trainings, some results concerning the use of the model by teachers in their schools. One intends also to comment on the possible software extensions.

Keywords: project-based learning; teacher training; PBL model; high education.

1 Introdução

Em 2011 iniciou-se na UNESP/Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, o desenvolvimento do projeto "Lab InCognITA – Laboratório de Inovação em Cognição, Informação, Tecnologia e Aprendizagem", tendo como objetivo principal motivar alunos de Ensino Médio (EM) da região da Diretoria de Ensino (DE) de Guaratinguetá, para as áreas de Ciências Exatas e Engenharias. O desenvolvimento do projeto compreende a realização de eventos tanto para os alunos como para os professores. Os eventos têm como foco principal "Energia e Meio Ambiente" e, mais especificamente, temas de interesse das Engenharias.

Os eventos para professores são programas de Capacitação em que professores dos cursos de Engenharia da UNESP, conjuntamente com educadores da DE, procuram subsidiar os professores de EM no tratamento conceitual e experimental de temas científicos e tecnológicos em sala de aula. Os programas de capacitação são organizados segundo o modelo de Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) do Instituto BIE – Buck Institute for Education. Este modelo inclui um amplo conjunto de ferramentas, destinadas a apoiar tanto o trabalho de planejamento como o de gerenciamento de um projeto. O emprego de um modelo de ABP se justifica, entre outros aspectos, considerando que se espera que os professores atuem de forma a promover uma transição na pedagogia de ensino, da forma tradicional para uma forma mais centrada no estudante.

O artigo está organizado como segue. A seção 2 apresenta uma caracterização geral do projeto Lab InCognITA. A seção 3 apresenta as principais características do modelo de ABP adotado no projeto. A seção 4 descreve, de forma sucinta, um dos programas de capacitação realizados. Enfatiza-se também a conveniência de utilização de um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), considerando-se a investigação de extensões de software para o gerenciamento de projetos. Na seção 5 são apresentados alguns dos resultados do projeto, obtidos a partir da realização do programa de capacitação descrito. A seção 6 apresenta algumas conclusões preliminares.

2 Projeto Lab InCognITA

O projeto "Lab InCognITA – Laboratório de Inovação em Cognição, Informação, Tecnologia e Aprendizagem" objetiva, essencialmente, promover o desenvolvimento de um conjunto de atividades e projetos com escolas de nível médio, buscando despertar o interesse dos alunos para as áreas tecnológicas e engenharias (SENA, *et al.*, 2011). As atividades estão sendo desenvolvidas dentro de um convênio estabelecido entre a UNESP e a FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, com a anuência do Governo do Estado de São Paulo (Convênio No. 01.08.0386.00, Referência No. 5017/06). O projeto foi aprovado no âmbito da Chamada Pública: MCT/FINEP/FNDCT – PROMOVE – Engenharia no Ensino Médio 05/2006, que tinha como objetivo principal: "selecionar propostas para apoio financeiro a projetos inovadores que promovam maior interação das escolas de engenharia com as atividades de ensino de ciências exatas e naturais de nível médio, visando a despertar vocações e recrutar mais e melhores estudantes para as áreas tecnológicas". Para efeito da chamada, entendiam-se como ciências exatas e naturais: a Matemática, a Física, a Química, a Biologia e a Informática. As atividades desenvolvidas no projeto têm como tema catalisador "Energia e Meio-ambiente".

Cumpre observar, com relação ao objetivo de motivação dos alunos para as carreiras de exatas e engenharias, que, em recente pesquisa realizada pelo Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial (IEDI, 2010), apenas 5,1 % dos alunos egressos dos cursos superiores no Brasil são de cursos de engenharia. Esse percentual, em países como o Japão, é de 19,4%. Esse dado evidencia uma baixa procura dos estudantes que concluem o Ensino Médio pelos cursos de engenharia e de ciências exatas em geral, fato este que tem gerado perspectivas alarmantes. Segundo previsões do IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, a totalidade de engenheiros de todas as áreas não suprirá as demandas do país em 2015. Esta deficiência é também apontada em outros trabalhos como, por exemplo, (DALBEM *et al.*, 2010), em que se enfatiza o uso da robótica como fator de motivação dos alunos para as "áreas das ciências exatas, que vem sofrendo queda de procura nos vestibulares dos últimos anos" DALBEM *et al.*, 2010, p.2).

Neste contexto, o projeto Lab InCognITA compreende um conjunto de ações voltadas para o objetivo de se procurar despertar o interesse dos alunos de ensino médio pelas Ciências em geral, e, em particular, para os princípios da Física. Para este propósito, o projeto busca desenvolver atividades didáticas partindo de elementos do cotidiano dos alunos, que favoreçam a aquisição de competências e habilidades de forma a enfatizar uma maior interação entre o conhecimento e a realidade dos alunos (contextualização). As ações realizadas visam não apenas formar profissionais para as áreas de Ciências e Tecnologia como também "cidadãos conscientes das necessidades de tais conhecimentos para a melhoria da qualidade de vida da sociedade em geral" (MARTINS e SIMÕES, 2010, p.1). No entanto, para que se possa perseguir este objetivo, não se pode prescindir da participação do professor e, neste sentido, ações são propostas no projeto visando, principalmente, incentivar o uso da experimentação e de recursos didáticos nas escolas. Cumpre ressaltar, neste contexto, que grande parte dos professores do EM não faz uso da experimentação, desenvolvendo suas atividades didáticas com aulas essencialmente expositivas, utilizando-se de livros didáticos, cujo interesse está voltado, prioritariamente, para os exames vestibulares (SCHNETZLER, 1995). Na maioria das vezes, este cenário ocorre não apenas devido à falta de iniciativa ou de interesse do professor, mas está relacionado à ausência de infraestrutura apropriada nas escolas públicas e de materiais didáticos (com destaque para os materiais experimentais), adequados para uso em sala de aula.

Com relação à operacionalização do projeto, são realizadas ações junto aos alunos (*shows* e mostras de energia, dentre outras) e professores (capacitação docente e desenvolvimento de projetos) de escolas públicas de EM do Vale do Paraíba, diretamente jurisdicionadas à DE de Guaratinguetá. No que se refere às atividades destinadas aos professores, o projeto procura atender as demandas de capacitação, atualização e orientação dos mesmos com respeito a temas relacionados à "Energia e Meio-ambiente". Com relação aos alunos, as ações ocorrem essencialmente de duas formas: diretamente, através de eventos como o *show* de energia e a mostra de energia; e indiretamente, com a participação dos alunos em atividades dos projetos de ensino dos professores, desenvolvidos nas Escolas, propostos no contexto dos cursos de capacitação. As principais atividades e ações estabelecidas para o desenvolvimento do projeto são sumarizadas a seguir.

Capacitação de professores: os programas de capacitação são cursos com carga horária mínima de 32 horas, destinados a professores do EM. Nos programas são trabalhados conteúdos de suas disciplinas, tendo como enfoque metodológico o modelo de ABP focado em padrões (MARKHAM *et al.*, 2008). De uma forma geral, os programas objetivam subsidiar os professores no tratamento conceitual e experimental de temas científicos e tecnológicos em sala de aula e despertar o interesse dos alunos para as carreiras tecnológicas. O projeto prevê o oferecimento de cursos de capacitação para professores dos componentes curriculares Física, Matemática, Química e Biologia.

***Show* de energia**: inclui apresentações que visam despertar (ou aumentar) o interesse dos alunos das escolas de EM pelas Ciências em geral e, em particular, pelas Engenharias, bem como deixar claro que a

Ciência não é "um processo mágico ou inacessível" (PIMENTEL, 2006). Assim, as atividades do *show* correspondem a demonstrações experimentais embasadas nos princípios e conceitos da Física em geral, enfatizando a temática de Energia. Cumpre ressaltar, neste contexto, que as demonstrações experimentais são atividades de grande tradição na História da Ciência, sendo realizadas desde 1660 na Royal Society, por grandes expoentes da Física, com o objetivo de promover a divulgação dos conhecimentos científicos (MONTEIRO, *et. al.*, 2012). O show é desenvolvido de forma interativa, sob a coordenação de alunos e de professores dos cursos de graduação de Física e de Engenharia do campus da UNESP – Guaratinguetá. As demonstrações incluem a utilização, dentre outros, dos seguintes equipamentos e/ou experimentos: *Looping*, Plataforma Giratória, Campânula de Vácuo, Gerador Van de Graff, Garrafa de Leyden e Hemisférios de Magdeburg.

Mostra de Energia: corresponde a uma exposição permanente de vários experimentos e equipamentos, destinados a demonstrações ou verificações de leis e conceitos de Física em geral, com ênfase na temática de Energia. Os equipamentos e/ou experimentos são dispostos de forma a permitir a que os professores e alunos circulem e interajam entre/com os mesmos. As atividades da mostra são monitoradas por alunos e professores dos cursos de graduação de Física e de Engenharia do campus da UNESP – Guaratinguetá. A mostra inclui, dentre outros, experimentos e dispositivos tais como: Mini Usina Hidrelétrica, Máquina a vapor, Máquina Térmica de Hieron, Máquina Térmica de Stirling, Célula Fotovoltaica, Pássaros Sedentos, Máquina de Wimshurst, Bobina de Tesla, e "Chispador". Outros kits deverão ser adquiridos na sequência de desenvolvimento do projeto.

Oficina de experimentação: corresponde a um espaço destinado ao desenvolvimento de protótipos de experimentos, estruturado tendo em conta as deficiências laboratoriais observadas nas escolas. A oficina inclui um conjunto de ferramentas básicas e é utilizada principalmente por professores das escolas de EM, durante os programas de capacitação. Os protótipos desenvolvidos objetivam principalmente a familiarização do professor com o processo de desenvolvimento de *kits* didáticos.

Biblioteca: corresponde a um acervo incluindo obras direta ou indiretamente relacionadas ao tema catalisador do projeto – Energia e Meio Ambiente. As obras são consultadas por alunos e professores das escolas de EM, em especial durante a realização das atividades de "Visitas à UNESP" (SENA, *et al.*, 2011). Na sequência do projeto, deverão ser adquiridas também obras referentes a Engenharias em geral, Educação e Informática.

Atividades de informática: destinadas a alunos das escolas de EM, estas atividades são desenvolvidas em um laboratório de microcomputadores, onde os alunos têm acesso à Internet e utilizam softwares (e outros recursos) educacionais disponibilizados pelo projeto. O laboratório é também utilizado pelos professores nas atividades de capacitação. Além dos microcomputadores, o laboratório disponibiliza ainda um projetor multimídia e um *kit* constituído de uma mesa interativa "touchscreen" Diamond Touch™ (www.circletwelve.com), com os respectivos acessórios: projetor, suportes, softwares, etc..

3 Modelo de ABP

A ABP é uma estratégia de educação, um método para organizar o processo de aprendizagem de tal forma que os alunos estejam ativamente empenhados em encontrar respostas por si mesmos (GRAFF and KOLMOS, 2007). A ABP pode ser descrita como um modelo educacional cuja proposta de ensino-aprendizagem leva o aluno a buscar e investigar diversas estratégias de resolução para o problema, permitindo deste modo ao estudante trabalhar de modo autônomo com vistas à sedimentação do seu próprio conhecimento.

No caso dos professores participantes deste processo, estes deixam de ser uma personificação do saber para se tornarem ativos consultores no processo de ensino-aprendizagem, a partir de uma relação horizontal com o estudante, em um ambiente de ensino marcado pela análise, investigação, elaboração de estratégias e resolução de problemas (BARBOSA, *et al*. 2004). Na estratégia de ensino-aprendizagem baseada em projetos é fundamental o desenvolvimento prévio do planejamento de trabalho do professor para a condução do projeto de aprendizagem do aluno (TOYOHARA, *et al*. 2010). Neste trabalho foi usada a metodologia de ABP proposta pelo Instituto BIE – *Buck Institute for Education* (www.bie.org).

A metodologia proposta pelo BIE é a ABP focada em padrões. De modo a proporcionar um guia sistemático para "formular e implementar projetos focados em padrões", o modelo do BIE comporta os cinco princípios de projetos, conforme indicado na Figura 1 (MARKHAM, *et al*., 2008), sendo os mesmos descritos de modo sucinto a seguir:

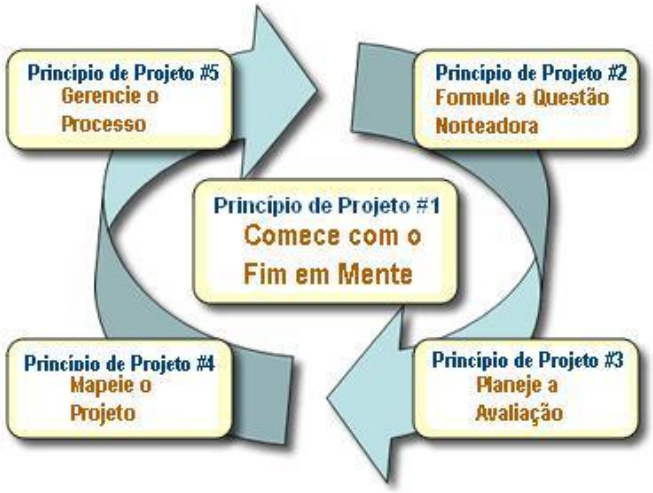


Figura 1 – Princípios de projeto do modelo BIE.

I. **Comece com o fim em mente:** etapa na qual se discute o escopo do projeto, as ideias principais ou o porquê de se desenvolver o projeto, definindo os objetivos principais como as competências ou habilidades-chave, os hábitos mentais ou os conteúdos comportamentais, os padrões de conteúdos das disciplinas que fazem parte do projeto e o impacto que se espera dos resultados do projeto na vida do estudante como um resultado do trabalho com o projeto.
II. **Formule a Questão Orientadora:** dado o tema e a situação-problema, este princípio envolve o lançamento de uma questão que deverá ser instigante para o estudante, ou um problema para o qual ele não saiba a resposta, de forma que ele busque a solução desse problema, exigindo dos estudantes uma atitude ativa e um esforço para buscar suas próprias respostas e seu próprio conhecimento (POZO, 1998). Nesta etapa os professores devem criar uma única questão norteadora que resume o que é o projeto.
III. **Planeje a avaliação:** essa etapa permite ao professor planejar a avaliação de desempenho para o acompanhamento do processo, definindo os produtos a serem avaliados desde o início do projeto com os respectivos critérios de excelência, adotados pelo professor e de conhecimento do estudante, fornecendo assim uma orientação aos alunos sobre a tarefa solicitada (BIAGIOTTI, 2005). A avaliação, trabalhada dessa forma, é um instrumento importante para o estudante acompanhar a sua evolução, pois, os resultados do projeto, em termos de conhecimento, estratégias, métodos e habilidades, devem ser avaliados a partir dos produtos gerados e/ou elaborados pelos estudantes.
IV. **Mapeie o projeto:** Nesta etapa é requerido que os professores selecionem os recursos de aprendizagem que serão necessários para o desenvolvimento do projeto e planejem como o projeto será apresentado para os estudantes. Isto pode ser realizado, por exemplo, por: um debate em sala de aula, um passeio de campo, um filme, um artigo polêmico, uma palestra interessante proferida por um especialista convidado. Esse princípio prevê a elaboração de um cronograma, a definição de instrumentos para acompanhar o processo de ensino-aprendizagem, e uma antecipação do que os estudantes precisam saber e serem capazes de fazer antes e durante a execução do projeto. O diário de aprendizagem, atas de reuniões ou relatório da equipe podem ser instrumentos que possibilitem o acompanhamento do processo.
V. **Gerencie o processo:** no qual o docente se preocupa em orientar os estudantes para os objetivos do projeto, para a organização do trabalho como um todo, definindo continuamente o escopo da investigação e possíveis caminhos para resolver a questão norteadora ou o problema colocado no início do projeto, e também para a reflexão sobre os resultados do projeto, que deverá ser feita em conjunto com os alunos. Nesta etapa é necessário que os professores pensem sobre os problemas que podem ocorrer durante a execução do projeto, antecipando-se à sua ocorrência.

4 Estudo de Caso: Programa de Capacitação em Matemática

Esta secção descreve as atividades relacionadas com o curso de capacitação de professores ocorrido no segundo semestre de 2012, no qual se utilizou do AVA TeleEduc (http://www.teleduc.org.br/).

4.1 Descrição do Programa

O curso denominou-se "Aprendizagem por Projetos: contextualização de conceitos matemáticos e interdisciplinares" e ocorreu no período de 3 de setembro a 19 de dezembro, totalizando 40 horas, incluindo 3 encontros presenciais em dependências da UNESP – Guaratinguetá.

A estratégia metodológica adotada visou apresentar conteúdos científicos relacionados aos conceitos matemáticos e promover o desenvolvimento de atividades num contexto de aplicação de um modelo de ABP. Para esta finalidade foram utilizadas situações de aprendizagem e procedimentos didáticos que buscaram demonstrar as relações teóricas trabalhadas nos componentes curriculares, de forma a contextualizá-las com atividades práticas. Aos professores participantes, além do desenvolvimento das aulas disponibilizadas no AVA, foram apresentadas sugestões de temas para serem desenvolvidos na forma de projetos, abordando conteúdos conceituais de Matemática, a serem aplicados em sala de aula.

Os tópicos matemáticos envolvidos estavam vinculados às atividades relativas às funções exponenciais, funções logarítmicas, funções trigonométricas, probabilidade e estatística, enfatizando as principais propriedades e a construção de gráficos com a utilização de softwares. No início do curso os participantes (docentes das escolas de EM jurisdicionadas à DE Guaratinguetá) propuseram um projeto a ser desenvolvido em grupo junto aos alunos das escolas da rede estadual de ensino, sendo que no encontro presencial do final do curso os participantes apresentaram os resultados de seus projetos.

Como formadores, tiveram uma atuação mais expressiva dois professores do Departamento de Matemática da UNESP Campus de Guaratinguetá e os Professores Coordenadores da Oficina Pedagógica – PCOP(s) de Matemática, Ensino Fundamental e Médio, da DE – Guaratinguetá, responsabilizando-se pela elaboração dos materiais didáticos e pelo acompanhamento direto das atividades dos participantes. Os participantes passaram por um processo de avaliação contínua das atividades presenciais e das atividades não presenciais postadas no AVA. Para cada assunto de aula os participantes resolveram uma série de exercícios, envolvendo a teoria e aplicação de software para construção de gráficos. As dúvidas referentes às resoluções dos exercícios foram discutidas com os participantes e formadores no AVA. O projeto proposto pelos grupos no início do curso foi aplicado nas escolas ao longo de seu desenvolvimento e os resultados apresentados na aula presencial final, sendo também entregue um relatório circunstanciado das atividades desenvolvidas com os alunos do ensino médio.

O número de participantes no início do curso foi de 72, mas apenas 32 concluíram todas as atividades previstas. O grande número de participantes desistentes se justifica pela falta de habilidade para o ambiente digital, dificuldades no desenvolvimento e aplicação dos projetos nas escolas e o curto período de tempo de duração do curso para a resolução das avaliações. Esses parâmetros que dificultaram a participação dos docentes deverão ser levados em conta na proposta de um novo curso.

No entanto os participantes que concluíram o curso demonstraram a satisfação e o contentamento com o envolvimento no mesmo. Saliente-se que ao final de cada encontro presencial, eles fizeram uma avaliação das atividades do dia, deixando também, por escrito, suas sugestões, as quais foram muito bem-vindas, contribuindo para melhoria dos encontros posteriores.

4.2 O Emprego de um AVA para apoiar as atividades de Capacitação

Como se observou, o desenvolvimento do curso de capacitação incluiu a disponibilização de aulas utilizando-se do AVA TelEduc. A opção de se utilizar uma ferramenta de ensino a distância (EAD) surgiu como uma alternativa diante das dificuldades apontadas pelos professores de EM para participarem de programas de capacitação, notadamente a falta de tempo e as dificuldades para assistir aulas na modalidade presencial, dadas as distâncias geográficas, uma vez que as escolas jurisdicionadas à DE Guaratinguetá se localizam em várias cidades da região do Vale do Paraíba.

O modelo de ABP do Instituto BIE inclui várias ferramentas para o desenvolvimento de projetos, destacando-se entre elas uma ferramenta (formulário) para o planejamento de projetos, a qual foi utilizada no curso de capacitação descrito, bem como em outros projetos desenvolvidos na UNESP Guaratinguetá, nos quais se enfatizou o emprego do modelo (TOYOHARA, *et al*., 2009). Esta ferramenta essencialmente materializa os princípios do modelo, objetivando facilitar a sua utilização. Não obstante, tem-se observado nos projetos desenvolvidos que os professores novatos à metodologia em geral apresentam dificuldades com relação à elaboração do planejamento de seus projetos usando o formulário.

Desta forma, com o objetivo de facilitar o seu uso e diminuir as resistências com relação à adoção desta ferramenta, e, por conseguinte, do modelo, tem-se trabalhado Na sua implementação computacional (Sena *et al.*, 2009). Os trabalhos realizados até o momento enfatizaram a implementação do formulário de planejamento de projeto como uma ferramenta computacional isolada. Na sequência do projeto, objetiva-se

obter uma versão computacional da ferramenta de planejamento de projeto integrada a um AVA. Além da ferramenta de projeto, objetiva-se também trabalhar na concepção e implementação de uma ferramenta de relatório para a apresentação dos resultados de um projeto. Tais ferramentas vêm ao encontro do objetivo do projeto Lab InCognITA de se desenvolver um sistema de gestão de projetos, enfatizando-se inicialmente o seu uso no âmbito acadêmico.

O AVA 4Learn, em desenvolvimento numa parceria entre a UNESP e a FATEC Guaratinguetá, se apresenta como um ambiente apropriado para os desenvolvimentos computacionais almejados, bem como para o desenvolvimento das próximas capacitações, tendo em conta, entre outras, as seguintes razões: (i) trata-se de um sistema atualizado - em termos de interfaces, funcionalidades, flexibilidade, e até mesmo da possibilidade de livre utilização no projeto; (ii) a possibilidade de acesso ao código, por se tratar de um sistema em desenvolvimento por uma equipe local, o que facilita o desenvolvimento de módulos voltados para a gestão de projetos e sua posterior integração ao ambiente.

5 Avaliação dos Professores

Desde o início do projeto, foram organizados dois programas de capacitação, a saber: (i) "Energia e Meio Ambiente", realizado no primeiro semestre de 2012 e direcionado para professores de Física; e (ii) "Aprendizagem por Projetos: Contextualização de Conceitos Matemáticos e Interdisciplinaridade", realizado no segundo semestre de 2012 e direcionado para professores de Matemática. O enfoque metodológico em ambos foi a ABP, segundo o modelo do Instituto BIE (MARKHAM, *et al.*, 2008). Nesta seção se apresentam alguns resultados relativos ao programa para professores de Matemática.

Os professores participantes do curso foram avaliados em função dos seguintes aspectos e critérios:

a) envolvimento com as várias propostas do curso: nesse aspecto, levamos em conta as interações que o docente mantinha com os orientadores do projeto, seja no tocante a apresentação de sugestões, dúvidas em relação a aplicação do projeto ou mesmo, trazendo demandas da realidade escolar;
b) domínio da proposta do curso: esse critério foi avaliado em função dos relatórios apresentados pelos professores e pela apresentação final no seminário presencial; e
c) desenvolvimento da autonomia docente para superação de dificuldades: com relação a esse critério, buscamos compreender como o professor resistia às inovação propostas pelo curso à prática pedagógica comumente adotada por ele. Entendemos como evolução da autonomia docente a maneira como o professor lidava com as diferentes formas de incorporar as propostas do curso com sua própria prática pedagógica. Avaliamos essa característica a partir das interações que os professores mantinham com os orientadores pelo AVA.

Durante a realização do curso de capacitação os professores buscaram implementar, em suas práticas pedagógicas de sala de aula, o método da ABP e uma das preocupações no projeto era a de que a metodologia de ABP não fosse apenas compreendida pelos professores, mas assimilada e incorporada ao seu fazer pedagógico.

Foi possível verificar que as iniciativas implementadas foram bem sucedidas tendo em vista que diferentes projetos foram desenvolvidos, mostrando bons resultados tanto do ponto de vista da qualidade dos trabalhos desenvolvidos, quanto na motivação e na aprendizagem de conceitos apresentada pelos alunos durante a realização das atividades.

De forma geral os projetos tiveram como temática o combate ao desperdício de energia e a preservação do meio-ambiente. Os projetos foram propostos por grupos de professores e, não obstante a temática comum, foram organizados com questões norteadoras e resultados esperados distintos. Dentre os produtos desenvolvidos pelos alunos nas diferentes escolas destacam-se:

- Elaboração, confecção e distribuição de *folders* explicativos, para a conscientização da comunidade do entorno da escola sobre o uso racional da energia elétrica;
- Estudo detalhado sobre os diferentes tipos de lâmpadas, suas características, suas aplicações, seu consumo e custo e a relação de custo/benefício de cada uma delas;
- Mostra, à comunidade do entorno da escola, de maquetes e experimentos demonstrativos, construídos pelos próprios alunos, sobre a produção, distribuição e o uso correto e incorreto da energia elétrica, além das consequências de sua utilização para o meio-ambiente;

- Trabalho de conscientização dos moradores próximos à escola sobre o combate ao desperdício de energia elétrica através da análise das contas de luz e identificação dos principais vilões do consumo;
- Análise da economia de energia e o impacto ambiental do uso do fogão de lenha para o aquecimento de água em residências localizadas em região rural da cidade de Guaratinguetá;
- Estudo sobre o uso da energia solar em substituição à queima de madeira para o aquecimento da água.

Foi marcante o envolvimento e o comprometimento dos professores participantes do curso de capacitação no desenvolvimento de cada projeto proposto. Isso pode ser observado a partir do esforço de cada um deles em buscar envolver a equipe gestora da escola (diretor, vice-diretor, coordenador) e demais professores de outros componentes curriculares na realização do projeto, promovendo a interdisciplinaridade e o uso de diferentes recursos como, por exemplo, softwares para a elaboração de gráficos e de simulação computacional de fenômenos físicos. Destaca-se o impacto que o curso teve em toda escola, uma vez que, apesar de estar voltado para professores de matemática e, portanto, envolver conteúdos específicos dessa disciplina, os projetos desenvolvidos tiveram um caráter interdisciplinar envolvendo diferentes aspectos curriculares.

Os 32 professores concluintes, entre outros aspectos, destacaram as seguintes contribuições do curso para sua prática pedagógica: (i) a utilização de diferentes formas de avaliação e não apenas provas escritas; (ii) realização de pesquisas pelos alunos; e (iii) trabalho em grupo.

Acerca dos processos de ensino e aprendizagem da Matemática, o curso promoveu o aprofundamento dos conhecimentos dos professores em relação ao Currículo Oficial do Estado de São Paulo, possibilitando também o esclarecimento de dúvidas acerca dos recursos e ferramentas necessários à sua implementação, além de oferecer estudo de software para utilização na prática pedagógica docente. Os materiais utilizados e as atividades realizadas contribuíram para o entendimento do currículo em espiral e contextualizado, expresso nas situações de aprendizagem dos Cadernos do Professor e do Aluno.

Além da busca da interdisciplinaridade, os professores se preocuparam em relacionar os projetos desenvolvidos com a comunidade do entorno escolar. Esse movimento aliado, por exemplo, ao uso das atividades como recursos didáticos para a realização de estratégias de recuperação e de reforço escolar, constituem, para a coordenação do projeto, uma evidência da ocorrência de uma adaptação da proposta ensinada no curso de capacitação à prática pedagógica de sala de aula do professor. Em outras palavras, a partir das iniciativas apresentadas pelos professores, observa-se certa independência de ação que remete à existência de uma autonomia docente no que se refere ao uso e à incorporação da metodologia discutida e comunicada no curso de capacitação.

Nesse aspecto vale ressaltar que o fracasso de vários cursos de capacitação ou formação continuada de professores deve-se, muitas vezes, à maneira como essa atividade é realizada com o professor. Como destaca Monteiro (2004), nesses cursos há que se preocupar não somente com a compreensão, por parte dos professores, dos princípios, etapas e vantagens da metodologia de ensino comunicada, mas, acima de tudo, em dar sustentação à incorporação dessa metodologia no fazer pedagógico do professor, pois, afinal, esse é, em última análise, o recurso básico ao qual o docente recorre sempre que vai realizar seu trabalho no contexto de sala de aula.

Há que se ressaltar que os professores enfrentaram algumas dificuldades no processo de implementação da metodologia de ABP e, dentre elas, destaca-se certa insegurança relacionada à "possibilidade" de perda do controle total das atividades realizadas em sala de aula. Normalmente, as aulas tradicionais são centralizadas no professor que, desta forma, detém o controle de todas as questões que serão tratadas no transcorrer da aula e, para as quais, se prepara. Com a realização das atividades relativas ao desenvolvimento dos projetos, o professor deixa de ser o protagonista das ações realizadas e o seu controle, sobre as diferentes questões, dúvidas e caminhos a serem seguidos para a solução dos diferentes problemas que surgem no transcorrer das atividades, passa a ser exercido de forma diferenciada do que ocorre na postura tradicional.

Nesse contexto é natural que surjam inseguranças e que o docente se sinta inclinado a voltar a adotar a prática pedagógica tradicional, com a qual está acostumado. É o momento, também, do surgimento das críticas e das resistências à nova metodologia. Essa resistência à mudança pode ser apontada como o principal obstáculo à implementação de uma nova proposta de ensino no âmbito escolar. Contudo, como afirma Monteiro (2006), essa resistência é resquício da identidade profissional do professor e, portanto, fundamental para que ele tenha senso crítico e não adote qualquer modismo pedagógico que surja. Dessa forma, a coordenação do projeto entende ser essencial que os responsáveis por ministrar o curso de

capacitação estejam devidamente preparados para dar o suporte necessário à superação dessa etapa de aceitação por parte do professor. No caso específico da capacitação aqui considerada, foi a partir da superação desse conflito que, de fato, se observou um maior comprometimento do professor em sua tarefa de implementação da nova metodologia de ensino em sala de aula.

Destacamos que esse aspecto foi fundamental nas interações entre os professores e orientadores do curso no âmbito do ambiente virtual de aprendizagem. Muitos professores aproveitavam o espaço para externar suas inseguranças, dúvidas e receios quanto à falta de controle de todos os parâmetros da aula. Nesse sentido, o papel do orientador precisa dar a devida sustentação ao professor, para que ele possa dar continuidade ao desenvolvimento do projeto.

Um instrumento que se mostrou muito efetivo para a superação dessa dificuldade foi o apoio dos professores da UNESP – Guaratinguetá, integrantes da equipe do projeto Lab InCognITA, que buscaram sustentar os docentes das escolas de EM em seus momentos de dúvidas e incertezas. Com a utilização de ferramentas relacionadas ao ensino à distância, já que um AVA foi empregado para apoiar as atividades do programa de capacitação, os professores da universidade aconselhavam, efetuavam sugestões e orientavam os professores das escolas de EM em suas questões a respeito do emprego do modelo de ABP.

Outro aspecto de fundamental importância para que os professores da DE – Guaratinguetá se sentissem apoiados em sua tarefa de desenvolvimento dos projetos nas escolas foi a parceria estabelecida entre a universidade e a DE – Guaratinguetá. Neste contexto, a atuação dos Professores Coordenadores da Oficina Pedagógica – PCOP(s), foi importante não só para o trabalho do professor em sala de aula, mas também quanto para o apoio institucional de que necessitavam.

6 Conclusões Preliminares

Para a equipe de pesquisadores do projeto, o aspecto mais importante do programa de capacitação docente aqui descrito foi a possibilidade de se trabalhar um modelo de ABP junto a um grupo de professores de EM, enfatizando a familiarização do professor com o modelo e o seu emprego em sala de aula. Como mencionado anteriormente, notou-se a presença de resistências e dificuldades com relação ao emprego do modelo. Não obstante, com o apoio constante, os professores foram capazes de superar os obstáculos e, neste sentido, os relatórios apresentados evidenciam que a experiência foi muito produtiva e enriquecedora para a maioria dos participantes.

Os relatórios dos professores evidenciam a ênfase em vários aspectos importantes quando se trabalha com projetos como: trabalho em equipe, realização de pesquisas, avaliação por desempenho, interdisciplinaridade e contextualização. Através do aspecto de interdisciplinaridade, foi possível focar nos projetos temas relativos a "Energia e Meio Ambiente", conforme preconizado na proposta do projeto Lab InCognITA, tendo em vista o objetivo subjacente de se trabalhar com temas científicos e tecnológicos, com vistas à motivação dos alunos para as áreas de exatas e de engenharias.

Observa-se, por final, que é consenso da equipe do projeto que a capacitação descrita contribuiu para a formação continuada dos professores no exercício da função docente, em especial com relação a uma primeira experiência com um modelo de planejamento de projetos. Ressalta-se também que a utilização de um AVA mostrou-se importante não apenas para a realização de atividades na modalidade EAD como também para possibilitar a familiarização de muitos dos participantes com diversas ferramentas computacionais, como eles próprios reconheceram nas interações com os formadores.

Referências

Biagiotti, L. C. M. (2005). Conhecendo e aplicando rubricas em avaliações. Disponível em: <http://www.abed.org.br/congresso2005/por/pdf/007tcf5.pdf> . Acesso em: 25 mar. 2009.

Barbosa, E. F.; Gontijo, A. F.; Santos, F. F. (2004). O método de Projetos na Educação Profissional. Educação em Revista, nº 40, Belo Horizonte, MG, dez, 2004, p.187-212

Dalbem,C. M.; Barone, D. A. C.; Chies, F. A.; Zawacki, L. F.; Cavinato, M. V. (2009). Projeto Primeiras Ciências – Robótica Educativa. Disponível em: http://hosting.udlap.mx/sitios/unionlat.extension/memorias2009/trabajos/universidad_sociedad/projeto_primeiras_ciencias_robotica_educativa.pdf, acessado em 22/10/2010.

Graff E. & Kolmos A. (2007). Management of Change Implementation of Problem Based and Project Based Learning in Engineering. Sense Publishers, 2007.

IEDI (2010). Formação de Engenheiros no Brasil: Desafio ao Crescimento e à Inovação. Instituto de Estudo para o Desenvolvimento da Indústria. Carta IEDI, n. 424.

Markham, T; Larmer, J.; Ravitz, J. (organizadores) (2008). Aprendizagem baseada em projetos: guia para professores de ensino fundamental e médio. Porto Alegre: Artmed, 2008.

Martins, A. C. G.; Simões, A. S. (2010). A robótica como motivação para as áreas de ciência e tecnologia. Disponível em: http://www.sorocaba.unesp.br/professor/assimoes/publicacoes/cruzeiro2006_2.doc, acessado em 22/10/2010.

Monteiro, M. A. A. ; teixeira, O. P. B. (2004). Uma análise das interações dialógicas em aulas de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. Investigações em Ensino de Ciências. Porto Alegre, v. 9, n. 3, 2004.

Monteiro, M. A. A. (2006). Um estudo da autonomia docente no contexto do ensino de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. 2006. 305 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência). Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2006.

Monteiro, M. A. A., monteiro, I. C. C., Sena, G. J., Amorim, C. E. S. (2012). As Demonstrações Experimentais e suas Implicações na Motivação dos Alunos para o Aprendizado de Conceitos Científicos. Revista SODEBRAS. , v.7, p.3 - 5.

Pimentel, J. R. (2006). Citado em Zanella, J. Show de Física desperta interesse pela ciência, disponível em http://www.unesp.br/noticia.php?artigo=1410, acessado em 10/03/2012.

Pozo, J. I. (1998). A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender. 1.ed. Porto Alegre: ArtMed Editora, 1998. 178p.

Sena, G. J., Mergendoller, J. R., Akamatsu, J. I., Rios, A. W. S., Toyohara, D. Q. K. (2009) Project-Based Learning: a Web Tool for Project Planning. In: Proceedings of the International Conference on Engineering and Computer Education - ICECE'2009, Buenos Aires.

Sena, G. J., Pimentel, J. R., Fiscarelli, S. H., Monteiro, M. A. A., Zanardi, M. C. F. P. S., Akamatsu, J. I. (2011). Lab InCognITA – Laboratório de Inovação em Cognição, Informação, Tecnologia e Aprendizagem: Engenharia no Ensino Médio. Revista SODEBRAS, v.6, p.7 - 15.

Schnetzler, R. P.; Aragão, R. M. R. (1995). Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino de química. Quimica Nova na Escola, pp. 1, 27.

Toyohara, D. Q. K., Sena, G. J., Fiscarelli, P., Gonçalves, M. A. R. F. (2009). Projetos Pedagógicos a partir da Metodologia do Instituto BIE: Formação de Professores e do Aluno Pesquisador In: Proceedings of the International Conference on Engineering and Computer Education - ICECE'2009, Buenos Aires.

Toyohara, D. K. Q.; Sena, G. J. de; Araújo, A. M. A.; Akamatsu, J. I. (2010). Aprendizagem Baseada em Projetos – uma nova Estratégia de Ensino para o Desenvolvimento de Projetos. Anais do PBL 2010 Congresso Internacional. São Paulo, Brasil. 2010.

A Aprendizagem baseada em Projetos Interdisciplinares no Ensino Superior: implicações ao nível do trabalho docente

Sandra Fernandes[#], M. Assunção Flores[*] and Rui M. Lima[+]

#Faculty of Psychology and Education Sciences, University of Coimbra, 3001-802 Coimbra, Portugal
*Institute of Education, University of Minho, Campus of Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal
+Department of Production and Systems, School of Engineering, University of Minho, Campus of Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal

Emails: sandra@fpce.uc.pt; aflores@ie.uminho.pt; rml@dps.uminho.pt

Abstract

This paper aims to analyse academic staff's perceptions in regard to Project-Led Education (PLE) and discuss the implications of this active learning strategy amongst staff's academic work. The paper is based on a case study carried out within the context of an Engineering program at the University of Minho, Portugal. Data collection included interviews to all course lecturers participating in PLE, during an academic year. Findings from interviews point out greater interdisciplinarity and collaborative work between academic staff as a result of working in teams themselves. Also, a set of challenges are faced by academic staff when they engage in active learning methodologies, such as the heavy workload which it entails and also the existing conflict between research and teaching in academic staff´s functions. These issues and others will be discussed throughout the paper.

Keywords: Engineering Education, Project-led Education, Cooperative Work, Teaching, Research.

1 Introdução

As orientações definidas pelo Processo de Bolonha apontam para a necessidade de uma mudança de metodologias de ensino centrados no professor para metodologias de aprendizagem centrados no aluno, com a convicção de que os alunos constroem significados mais do que "recebem" conhecimentos dos professores, alterando assim a ênfase dos conteúdos para os processos (Simão, Santos & Costa, 2002). As metodologias centradas na aprendizagem do aluno, também referidas por metodologias ativas, referem-se a um conjunto de estratégias de ensino e de aprendizagem que pressupõem um «envolvimento ativo dos estudantes na aquisição de conhecimentos, competências e atitudes» (Hurd, 2000:30), levando-os a «fazer coisas e a pensar acerca das coisas que estão a fazer» (Bonwell & Eison, 1991:18).

O trabalho cooperativo, realizado entre pares, assume aqui uma dimensão fundamental, contribuindo para uma maior motivação e partilha de saberes entre os professores e também entre os alunos. Relativamente a estes últimos, as competências de trabalho em equipa e de cooperação têm sido cada vez mais reconhecidas e valorizadas por parte dos profissionais empregadores, apesar de reconhecer que as universidades nem sempre formam diplomados com um domínio desejável deste tipo de competências. De facto, a literatura reconhece algumas destas fragilidades ao nível da formação inicial dos alunos, sendo o contexto do ensino de Engenharia um exemplo disso:

«Today's engineering graduates need to have strong communication and teamwork skills, but they don't. They need to have a broader perspective of the issues that concern their profession such as social, environmental and economic issues, but they haven't. Finally, they are graduating with good knowledge of fundamental engineering science and computer literacy, but they don't know how to apply that in practice» (Mills & Treagust, 2003:3).

Outros autores internacionais, como Prince (1993), Lang, Cruise, McVey & McMasters (1999), Mills & Treagust (2003), e também nacionais, como Ferreira (2006) e Mesquita, Lima & Pereira (2008), no contexto do ensino de Engenharia, têm dado conta da importância atribuída pelos empregadores ao trabalho em equipa, sendo as aulas ditas tradicionais consideradas completamente ineficazes para favorecer o desenvolvimento das competências de trabalho em equipa dos alunos.

«Employers frequently identify team skills as a critical gap in the preparation of engineering students. Since practice is a precondition of learning any skill, it is difficult to argue that individual work in traditional classes does anything to develop team skills» (Prince, 1993:5).

Além disso, as potencialidades do trabalho em equipa para o sucesso da aprendizagem são múltiplas e variadas (Collier, 1983; Jonhson & Johnson, 1990; Topping, 1996). Os ambientes de aprendizagem que estimulam a interação aluno-aluno permitem ao aluno conhecer melhor as suas próprias interpretações, através do confronto com as perspetivas dos outros (Biggs, 2003).

A necessidade de formar diplomados com competências relevantes para os desafios profissionais do futuro, tendo em conta as exigências no âmbito do processo de Bolonha, tornam também imperativo uma mudança no papel do docente universitário. Isto requer não só uma atualizada preparação científica dos docentes, mas também uma formação pedagógica adequada, o que implica que os professores vão além da sua área de saber. Como refere Laurillard (1993:3): *«teachers need to know more than just their subject. They need to know the ways it can come to be understood, the ways it can be misunderstood, what counts as understanding: they need to know how individuals experience the subject».*

Deste modo, a necessidade de adequar a formação dos diplomados à nova realidade profissional, que lhes exigirá, mais do que conhecimentos e/ou valências técnicas específicas, capacidades de trabalho em equipa, de pensar criticamente, de resolver problemas, entre outras (Simão, Santos & Costa, 2002), a par da crescente falta de interesse e motivação dos alunos pelos conteúdos, implicam uma outra postura por parte dos docentes de forma a que estes sejam capazes de estimular o envolvimento e a participação ativa dos alunos no seu próprio processo de aprendizagem.

No âmbito da discussão em torno das mudanças e implicações ao nível do papel e do trabalho dos docentes fruto desta reorganização pedagógica e curricular, os aspetos mais críticos destacados na revisão da literatura nesta área destacam, por exemplo, a articulação curricular e a promoção da interdisciplinaridade (Silva, 2010), as implicações ao nível do desenho curricular e de um currículo centrado no aluno (Grunert O´brien, Millis & Cohen, 2008; Light & Cox, 2001; Huet, Sousa & Costa, 2010), os processos de tutoria (Jung, Tryssenaar & Wilkins, 2005; Fernandes, Flores & Lima, 2009), as modalidades e práticas de avaliação das aprendizagens dos alunos (Savin-Baden, 2004; Torres, 2010), o estímulo ao desenvolvimento das competências (incluindo as transversais) dos alunos (Flores & Veiga Simão, 2007; van Hattum-Janssen, Vasconcelos & Pacheco, 2007; Mesquita, Lima & Flores, 2009), entre outros.

Neste sentido, este artigo procura analisar um estudo de caso no contexto do ensino superior, o qual incidiu sobre a implementação de uma metodologia de ensino e aprendizagem ativa, nomeadamente, a aprendizagem baseada em projetos interdisciplinares ou *Project-Led Education* (PLE), como aqui a designaremos. Este estudo insere-se no âmbito de um projeto de investigação mais vasto que procurou compreender o impacto da metodologia PLE na aprendizagem dos alunos e no trabalho docente (Fernandes, 2011). Neste artigo, em particular, pretende-se analisar e discutir as principais implicações do PLE ao nível do trabalho dos docentes.

2 Contexto do Estudo

A metodologia de ensino-aprendizagem baseada em projetos interdisciplinares que analisamos neste artigo decorre no 1º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial (MIEGI) da Universidade do Minho. Os motivos que levaram ao surgimento desta metodologia de ensino e aprendizagem relacionam-se com a necessidade de promover a interdisciplinaridade na formação dos alunos em Engenharia dado que, através do projeto, esta componente sai claramente reforçada (Lima, Carvalho, Flores & van Hattum, 2007). De fato, os iniciadores do PLE pretendiam que os estudantes de Engenharia fossem capazes de relacionar os diferentes conteúdos das unidades curriculares num único projeto, de natureza aberta e complexa, articulando os conceitos teóricos com a realidade industrial em que os projetos se enquadravam. O trabalho em equipa e o desenvolvimento de competências de gestão de projetos e de tempo são características essenciais no perfil profissional de um Engenheiro e também cada vez mais procuradas pelos empregadores de diplomados em Engenharia (Lang, Cruise, McVey, & McMasters, 1999; Nicolai, 1998). Esta experiência continuou nos anos subsequentes, tendo-se alargado a outras UC's do mesmo curso/ano.

Anualmente, participam no PLE aproximadamente 40 alunos do 1º ano, no 1º semestre do MIEGI. Estes alunos são organizados em equipas constituídas por de seis/sete elementos, perfazendo um total de 6 grupos de alunos, por semestre. O PLE é coordenado por uma equipa multidisciplinar que inclui todos os docentes envolvidos nas unidades curriculares de suporte ao projeto (*Project-Supporting Courses – PSC)*, os tutores e os investigadores que fornecem apoio pedagógico ao projeto. Os docentes das unidades curriculares, no âmbito do apoio ao projeto, têm como principal função a docência de conteúdos de apoio técnico ao projeto que facilitarão o desenvolvimento de competências dessas UCs.

O papel de um tutor nos projetos PLE é diferente de um papel tradicional de um docente (Alves, Moreira & Sousa, 2007; Veiga Simão, Flores, Fernandes & Figueiras, 2008). O tutor tem como principal responsabilidade a monitorização do progresso do projeto e a aprendizagem individual no âmbito do projeto. Neste contexto, o papel do tutor não consiste na transmissão direta de conhecimentos, mas sim na orientação do aluno para a aquisição de competências, tal como refere Powell (2003:14) «*tutors help students to formulate good quality questions for discussions with the 'expert' teacher*». O acompanhamento sistemático dos projetos cria

condições favoráveis ao desenvolvimento de uma relação próxima entre professor e aluno, dadas as oportunidades em que é dado *feedback* formativo aos alunos sobre o projeto, nomeadamente, nos *milestones* ou pontos de controlo do projeto ou reuniões de acompanhamento tutorial. A realização do projeto tem a duração de um semestre letivo, com um horizonte de 19 semanas. No PLE, a monitorização do processo de ensino e aprendizagem é assegurada pelo estabelecimento de vários *milestones*. Estes *milestones* podem assumir diversas formas, desde apresentações formais, tutoriais alargados (reunião privada de cada grupo com toda a equipa de coordenação), entrega de relatórios, reflexões de grupo e protótipos. A definição de *milestones*, de acordo com as teorias de gestão de projetos permite delimitar fases, com o intuito de apoiar os alunos durante o desenvolvimento do projeto, estabelecendo momentos de partilha de informação entre docentes e alunos, visto que os alunos não têm ainda grande experiência na condução e gestão de projetos com uma dimensão alargada (Carvalho & Lima, 2006). A avaliação final dos alunos em cada UC é efetuada com base em duas componentes: uma componente relacionada com a classificação final do aluno no projeto (40%) e outra relacionada com a classificação resultante da avaliação contínua do aluno na UC (60%) (Fernandes, Flores & Lima, 2012). A classificação resultante da avaliação contínua da UC baseia-se, maioritariamente, em componentes do trabalho de projeto, mas também poderá recorrer a componentes resultantes de uma avaliação de conteúdos, não abrangidos pelo projeto. A classificação individual que o aluno obtém no projeto, que é utilizada para todas as UCs, é calculada a partir da classificação que o seu grupo obtém no projeto, sendo esta nota baseada nas seguintes componentes: relatório final preliminar (35%), relatório final (25%), protótipos (20%) e apresentação e discussão final (20%). A esta nota de projeto é aplicado um fator de correção que resulta diretamente dos processos de avaliação pelos pares, que são efetuados quatro vezes durante o semestre pelos respetivos colegas/alunos. A nota de grupo é acrescida por um fator de correção que terá um peso de 80% na nota individual do aluno no projeto, que ainda inclui o resultado obtido num teste escrito baseado no trabalho de projeto de cada grupo, com uma ponderação de 20%.

3 Metodologia

Com o objetivo de conhecer as perspetivas dos docentes sobre os efeitos da metodologia PLE nos processos e resultados de aprendizagem dos alunos, bem como as implicações do PLE ao nível do trabalho dos docentes, foi realizada uma entrevista individual a todos os docentes envolvidos na lecionação das UCs que participam no PLE, num dos anos letivos em que este decorreu. No total, foram entrevistados cinco docentes, dos quais quatro eram docentes de UCs de apoio direto ao projeto (PSC) e um da única UC que não era de apoio direto ao projeto (*Non Project-Supporting Courses - NPSC*). As entrevistas foram gravadas em áudio, tendo sido posteriormente transcritas.

Partindo de alguns resultados preliminares provenientes da análise prévia de entrevistas coletivas à equipa de coordenação e também de outros dados provenientes dos alunos (Fernandes, 2011), foi elaborado um guião de entrevista que contemplava seis blocos temáticos, tal como ilustra o Quadro 1. No âmbito dos objetivos desta comunicação, a nossa atenção centrar-se-á, sobretudo, na análise dos resultados relativos às implicações do PLE para o trabalho dos docentes.

Blocos	Temas da Entrevista	Objectivos
I	*Legitimação da Entrevista e Motivação*	▪ Legitimar a entrevista e clarificar os objetivos do estudo.
II	*Descrição da Unidade Curricular*	▪ Conhecer o perfil profissional do docente. ▪ Recolher informação sobre a UC que o docente leciona.
III	*Experiência de Participação no PLE*	▪ Identificar perceções sobre o PLE. ▪ Conhecer o balanço da participação no PLE. ▪ Efetuar uma avaliação global da experiência PLE, por parte do docente. ▪ Indicar sugestões de melhoria para o PLE.
IV	*Impacto do PLE na aprendizagem dos alunos*	▪ Identificar perceções sobre os alunos. ▪ Compreender qual tem sido o impacto do PLE nos processos e resultados de aprendizagem dos alunos.
V	*Mudanças/Implicações do PLE no Trabalho dos Docentes*	▪ Compreender o envolvimento do docente nas atividades do PLE. ▪ Identificar mudanças ao nível das práticas docentes, como resultado da participação no PLE.
VI	*Considerações Finais*	▪ Observações finais. ▪ Agradecer a colaboração na investigação.

Quadro 1: Temas da Entrevista Individual aos Docentes

Relativamente à análise dos dados, procuramos definir um conjunto de categorias, partindo dos temas emergentes dos dados recolhidos, seguindo uma perspetiva sobretudo indutiva (Miles & Huberman, 1994). Na secção que se segue, apresentamos alguns dos resultados obtidos.

4 Apresentação e Discussão de Resultados

Da análise e leitura dos dados emergiram sobretudo três dimensões que consideramos como mais significativos. Estas dimensões incluem: a articulação curricular, o trabalho colaborativo docente e as dificuldades associados à gestão das funções inerentes à profissão de docente universitário (ensino vs investigação). De seguida, apresentamos a análise e discussão de cada uma destas dimensões, com maior detalhe.

4.1 Articulação Curricular

Um dos contributos mais significativos do PLE, na perspetiva de docentes e alunos, consiste na promoção da articulação curricular ao nível das UCs que integram o PLE, permitindo aos alunos uma melhor compreensão e integração dos conteúdos das UCs no projeto. A existência do projeto contribui também para uma melhor compreensão dos conteúdos das UCs por parte dos alunos, uma vez que a componente prática e contextualizada do processo de aprendizagem permite-lhes ver a aplicação dos conceitos na vida real. Como referiu um dos docentes entrevistados:

«Acho que [o PLE] é uma forma muito interessante de aprender, uma forma integrada. Eu acho isso muito importante. Eu como aluna que fui, acho que o nosso conhecimento saía muito desintegrado. Nós associamos a chavões, está ali e está ali. E depois nós temos muita dificuldade, apesar de que eu fiz o estágio na indústria e depois vim logo para a universidade, mas tinha colegas meus que ficaram na indústria e depois tinham muita dificuldade em ir buscar o conhecimento. Eles sabiam-no, mas depois associa-lo às coisas.. Aqui não, é muito integrado e eu acho que isso é muito importante. (...) Por exemplo, a forma de eles aprendem química é uma forma muito interessante de aprender química. Eu aprendi da forma tradicional. A gente não via nada, não experimentava nada, a gente sabia lá.. de baterias e.. E isto é uma vantagem e para eles é extremamente estimulante».

«Nisso vejo vantagem, vejo nitidamente. Eles normalmente acham que a química é uma coisa abstrata que não tem aplicação em lado nenhum. Eles pensam "estou num curso de gestão industrial, para que é que eu preciso de saber química?" não preciso.. eu só preciso de saber gerir funcionários e máquinas e não sei quê.. isso é a atitude do Engenheiro. E depois às vezes não corre bem».

No caso das unidades curriculares na área das Ciências, cujo insucesso académico no 1º ano do curso tem sido um aspeto recorrente, reconhece-se uma melhor compreensão e aplicação das matérias por parte dos alunos, quando a disciplina está inserida no PLE (Lima, Carvalho, Flores & van Hattum, 2007). A transposição dos conteúdos (abstratos) para situações reais e concretas facilita o processo de aprendizagem dos alunos. Este é, aliás, um dos aspectos que vai ao encontro dos objectivos subjacentes à aprendizagem baseada em projectos, que visa promover a interdisciplinaridade dos saberes através do projeto (Heitmann, 1996; Powell & Weenk, 2003).

Nas recentes edições de PLE, sobretudo após a implementação de um teste escrito no final do projecto, foi possível evidenciar, com maior clareza, o contributo do PLE para uma maior articulação curricular entre as UCs. De facto, este teste escrito, elaborado pelos docentes responsáveis pela lecionação das UCs que participaram no PLE e que incluía um conjunto de questões específicas de cada projecto desenvolvido pelos diferentes grupos, continha uma questão global que procurava avaliar o grau de interdisciplinaridade das unidades curriculares. A questão pedia aos alunos que refletissem sobre a forma como os conteúdos das UCs se relacionavam entre si e que apresentassem exemplos concretos dessa articulação. As respostas dadas pelos alunos a essa questão global foram bastante elucidativas da articulação entre as matérias lecionadas e a sua aplicação no projeto, verificando-se uma consistência entre os objetivos do projeto e as competências requeridas pelas diferentes unidades curriculares. Seguem alguns excertos das respostas dos alunos a esta pergunta:

«A aplicação de CC [Cálculo C] foi muito interessante, pois fazer integrais parece uma coisa que não tem interesse nenhum e o cenário mudou de figura quando se tornaram necessários para o cálculo das dimensões da bateria».

«O facto de as UCs estarem integradas no PLE facilitou de certo modo o estudo das mesmas, já que era realmente necessário saber certos conteúdos para realizar o trabalho, além de que isso fomentou o interesse por essas mesmas disciplinas, pois ao mesmo tempo que dávamos a matéria víamos aplicações práticas da mesma».

«Fiquei surpreendido como, por vezes, para atingir um objetivo era necessário relacionar vários conteúdos das diferentes UCs»

4.2 Trabalho Colaborativo Docente

No contexto do PLE, o trabalho docente é caracterizado por uma grande interação entre os seus intervenientes. Esta interação promove o trabalho colaborativo inter-pares, o que constitui uma das mais-valias do PLE, não se verificando esta interação antes da implementação do PLE, como evidenciam as seguintes afirmações dos docentes:

«Andamos muitos anos a dar aulas aos mesmos alunos os 3 e nunca nos conhecemos. Foi em 2004 a primeira vez que nos conhecemos e eu já dou aulas a este curso desde 1998. E eles provavelmente também. Ate lá, nem sequer os conhecia… e deve ser o que acontece com a maior parte dos colegas que trabalha na universidade, de uma forma matricial, os departamentos dão aulas a outros cursos, mas nem se quer conhecem os outros colegas docentes. Não se fala sobre os alunos, como é que eles se portam, se são bons, se são maus. Dá-me mais satisfação este género [PLE]».

«Não há comparação possível, porque a maior parte dos cursos em que eu dei aulas, nem sequer sabia quem eram os outros docentes, portanto, não havia qualquer tipo de interação, e acho que aqui se a gente precisar de qualquer coisa, certamente, pede ao outro e não há qualquer problema.. (…) A relação parece-me também melhor no sentido de que pelo menos ficamos todos a saber o que é que cada um está a fazer, pelo menos minimamente. Isso é vantajoso.. acho que o próprio relacionamento entre as pessoas, é claro que isso é diferente porque somos obrigados a sentar à mesma mesa durante várias reuniões, acabamos sempre por ficar amigos das outras pessoas.. Claro que se há um problema, falamos entre nós..».

É interessante verificar, também, que os alunos participantes no PLE, quando inseridos em contextos de aprendizagem que não sejam de PLE, como por exemplo, no 2º ano do MIEGI, altura em que também recolhemos informação sobre o impacto do PLE no âmbito de um estudo mais abrangente (ver Fernandes, 2011), os alunos revelam ter sentido diferenças ao nível da natureza e da forma como os conteúdos das UCs eram abordados. Os excertos que se seguem são provenientes da discussão proporcionada pela realização de um *focus groups* junto dos alunos e que retratam bastante bem esta realidade:

«Se calhar como nós tínhamos um trabalho prático, os professores tinham o trabalho de deixar a parte teórica e investir mais na parte prática. E agora [Não-PLE], como nós agora não temos projecto, estamos a ser massacrados com mais teoria, como XXXX.. Temos um trabalho, mas é só mais aquela teoria pura..»

«Isso [PLE] obrigava os professores a aprender também com aquilo que nós estávamos a fazer e agora [não-PLE] eles trabalham aquela teoria que têm nos livros e estão a passar para nós… Sebentas de 1999… Praticamente nós não passamos nada para eles! (…) E eu acho que as dúvidas que nós vamos pondo ao longo do projeto também podem levar a que eles direcionem as aulas noutro sentido. Porque percebem que nós estamos a ter outro tipo de necessidades. Eu acho que isso é bastante importante…»

Estas afirmações revelam, ainda, a importância do *feedback* formativo e da monitorização dos processos de aprendizagem dos alunos. Contudo, este acompanhamento dos alunos por parte dos docentes, para além das suas potencialidades, representa igualmente uma elevada carga de trabalho e de esforço por parte dos docentes. A este propósito, um grupo de docentes desenvolveu um estudo (Alves, Moreira, Sousa & Lima, 2009) com o objetivo de analisar e compreender as principais atividades desempenhadas pela equipa de coordenação e o respetivo tempo gasto na sua execução, a fim de serem identificadas formas de melhorar e otimizar o funcionamento da equipa de trabalho. Os resultados do estudo revelaram que as principais atividades que ocupavam a maior parte do tempo da equipa de coordenação na sua preparação e execução, nomeadamente 72% do tempo total gasto, são as reuniões da equipa de coordenação (110 horas-homem), seguindo-se as reuniões tutoriais (102 horas-homem), as apresentações orais dos alunos (99 horas-homem) e, por último, a avaliação, *feedback* e classificação dos relatórios (96 horas-homem). De forma a reduzir ou rentabilizar o tempo despendido nestas atividades, os autores do estudo apresentaram um conjunto de propostas alternativas, chamando a atenção para as vantagens e possíveis riscos da adoção das respetivas medidas. A título de exemplo, é possível mencionar o caso da redução de número de reuniões ou do número de elementos que nela participam, mas esta decisão poderá provocar, simultaneamente, um maior isolamento de cada área disciplinar e menor partilha de dificuldades e perceções relativamente ao funcionamento das equipas de alunos e dos projetos desenvolvidos, com implicações ao nível da monitorização do processo de aprendizagem dos alunos (Alves *et al*., 2009).

Sobre este assunto, um dos docentes referiu, nas entrevistas realizadas, ter sentido alguma perda com a diminuição do número de reuniões de coordenação, talvez por ser o único representante de sua área

curricular, considerando que as reuniões de coordenação serviam também como espaços de reflexão e de partilha de conhecimentos e de ideias, bem como as dúvidas e dificuldades que surgiam durante o decorrer do processo:

«Eu acho que nós tentamos reduzir a carga dos docentes e uma das coisas que diminuímos foi o número de reuniões de coordenação e acho que foi o que ficou pior em termos de funcionamento. Ficou melhor para todos nós pessoalmente porque temos menos horas. Mas eu acho que as reuniões periódicas, presenciais, apesar de nós já fazermos isto há muitos anos e já estarmos a entrar numa fase em que rola tudo, já há menos coisas para decidir. Eu acho que apesar de tudo isso, eu acho que essas reuniões de coordenação era também reuniões de aprendizagem mútua. De troca de conhecimentos, de dificuldades, eram momentos que eu não só passava a mensagem mas eu também aprendia. Aprendia-se bastante nessas reuniões também. E pessoalmente acho que foi a coisa que se perdeu, que lá está a questão do tempo… e acho que se aprende muita coisa, mesmo com os alunos, nas próprias apresentações, eu sabia lá o que é que o Engenheiro Industrial faz?! Nada.. agora já sei algumas coisas… os temas que são importantes».

O testemunho deste docente revela as vantagens do trabalho colaborativo, promovido pela participação no PLE, que permite aos docentes conhecer melhor o perfil profissional dos diplomados dos cursos que lecionam, dada a efetiva partilha e discussão geradas em torno dos conteúdos curriculares e sua integração no âmbito dos objetivos do projeto, o que tem implicações ao nível da adequação das próprias práticas docentes. De facto, este docente referiu que, após a participação de alguns anos no PLE, percebeu a necessidade de adequar a linguagem técnica que utilizava para lecionar os conteúdos, de forma a que ela adquirissem maior sentido para os alunos:

«Há uma coisa que eu mudei depois de não sei quantos anos de dar PLE, fui alterando a forma como ia dando as minhas aulas. Não estou a falar de conteúdos. Estou a falar da forma como eu comecei a passar o conteúdo. Passei para uma visão mais aplicada. Começa logo pelo facto de mudar o nome às coisas. Chamar termodinâmica ou chamar-lhe outra coisa qualquer.. aquele palavrão que eles não gostam.. acho que eles gostam das coisas mais aplicadas. (…) a gente tem de ser diferente dependendo do curso em que está inserido. Mas se desse a outro curso de engenharia, também passaria a dar com uma estratégia mais aplicada como passei aqui, porque são cursos com finalidades diferentes, não é a mesma coisa. Apesar de ser uma química geral e a gente dar termodinâmica a uns e termodinâmica a outros, a finalidade da termodinâmica para uns não é a mesma que para os outros».

4.3 Ensino versus Investigação

Segundo o estatuto da carreira docente do ensino universitário, a função docente comporta quatro dimensões básicas: ensino, investigação, prestação de serviços à comunidade e participação institucional. No entanto, a atividade pedagógica é um dos aspetos marcantes da carreira docente universitária, embora também seja o aspeto mais contestado em termos de progressão na carreira docente universitária, dado que esta se circunscreve, maioritariamente, à produção de trabalhos de natureza investigativa, relegando para plano secundário aspetos relacionados com a docência (Flores, *et al*., 2007).

No contexto do PLE, dado o investimento de tempo e de esforço que os docentes dedicam ao projeto, a falta de reconhecimento institucional no que se refere à componente pedagógica do seu trabalho tem surgido como um dos principais desafios e constrangimentos que se colocam aos docentes. A confirmar esta realidade, podemos destacar alguns excertos provenientes das entrevistas individuais com os docentes:

«Eu acho que o PLE dá muito trabalho aos professores. As pessoas não sabem e quando estão a falar e não venham cá com tretas porque... eu também dou aulas a 200 alunos, dou 4 turnos, mas não tem nada a ver com isso. A dinâmica é outra completamente diferente. Muitas apresentações, muitos trabalhos, muitas reuniões, eu recebia tantos tantos e-mails.. eu nunca recebi.. que eram da coordenadora do semestre. Que eu pensei, ela deve passar o dia a volta disto! Sistematicamente. Aquilo consome.. (…) e eu isso eu reconheci».

«Eu confesso que começo a ficar cansada de PLEs, pela carga que requer. Não é pela forma de ensino porque gosto de ensinar desta forma, agora é mais pela carga de trabalho muito pesada. Eu normalmente não faço mais nada no 1º semestre. A investigação pára durante um semestre e depois só re-arranca no próximo semestre. Não tenho tempo para publicar. Fico com falta de tempo para investigação, não chega».

> *«Eu se calhar devia dedicar.. em termos de avaliação e de subida de carreira.. se calhar devia ser 20% ou 10% à docência e 90% a.. porque nós não somos avaliados pela docência, somos avaliados pelo trabalho cientifico.. (…)*

De facto, como se pode evidenciar no discurso dos docentes, verifica-se uma sobrevalorização das atividades de gestão e de investigação em detrimento de aspetos ligados ao processo de ensino e aprendizagem. A

ênfase colocada nas questões que favorecem a dimensão pedagógica e as práticas docentes indicia as dificuldades sentidas pelos docentes no sentido de conciliar o trabalho de investigação com a atividade docente.

A formação docente tem sido uma das estratégias a que os docentes recorrem tendo em vista o seu desenvolvimento profissional. Este aspeto é visível pelo crescente interesse e participação dos docentes em ações de formação de natureza pedagógica, realizadas no contexto universitário (Flores *et al*., 2007). Contudo, destacam que o tempo e as condições para uma efetiva implementação daquilo que aprenderam dificilmente é suficiente.

«Eu quando tive aquela formação (…) a gente sente-se muito frustrada porque nós depois não temos tempo para aplicar o que aprendemos .. a nossa questão é que nós depois não somos avaliados por isto.. que é muito triste não é. Acho que devia haver uma componente de 50/50. Mas não é, é quantos artigos publicamos, quantos congressos fomos, quantas revistas não sei quê, não sei que mais. E quando isto é o que nos dá mais trabalho.. porque pronto, nós temos que ir as aulas, nós damos a cara, temos que ser competentes, temos que cumprir prazos.. quer dizer.. Eu sinto que ando semanas e semanas.. eu tenho aqui um artigo que ando para submeter numa revista e desde Setembro que ando a tentar e ainda não fiz.. as coisas vão ficando..».

Dos dados recolhidos, ressalta a necessidade de existir um maior espaço e tempo para a reflexão sobre as práticas docentes. É neste contexto que a dimensão *scholarship of teaching and learning* ou SoTL, como é mais conhecido, adquire uma importância vital. A aplicação deste conceito ao domínio do ensino deve-se a Boyer (1990), que refere que uma forma de resolver a aparente contradição entre a necessidade de investimento na investigação, fonte da progressão na carreira, e a necessidade de alargar a missão das instituições de Ensino Superior, para dar respostas às solicitações da sociedade, será o esbatimento de barreiras entre os domínios científicos e o ensino dos conteúdos desses mesmos domínios, considerando-se que as duas entidades devem ser objeto de investigação. Mais recentemente, Vieira, Silva & Almeida (2010) propõem a indagação da pedagogia como estratégia para a sua transformação no contexto académico. Estes autores consideram que «articulando ensino, investigação e desenvolvimento profissional, os professores clarificam o seu referencial pedagógico, procuram compreender os contextos em que trabalham, interrogam e inovam a sua prática, e disseminam o conhecimento que produzem. Idealmente, formam comunidades assentes no diálogo interdisciplinar e na colaboração» (Vieira, Silva & Almeida, 2010:22).

No caso da investigação realizada neste contexto de estudo, foi possível evidenciar um crescente investimento por parte dos docentes envolvidos no PLE na reflexão sobre as suas práticas pedagógicas (van Hattum & Fernandes, 2010). Este trabalho foi muitas vezes desenvolvido numa lógica multidisciplinar, com a participação de docentes de diferentes áreas de especialidade, incluindo da área da Educação. Os temas explorados nas investigações desenvolvidas debruçaram-se sobre uma panóplia de questões com interesse e relevância para o desenvolvimento da aprendizagem baseada em projetos (Alves *et al.*, 2009a; Alves, Moreira & Sousa, 2007; Veiga Simão *et al.*, 2008; van Hattum-Janssen & Vasconcelos, 2008; Fernandes & Flores, 2009; Lima *et al.*, 2009a; Fernandes, Flores & Lima, 2009; Fernandes, Flores & Lima, 2012). Estas atividades de investigação levaram a uma cultura de reflexão contínua sobre a prática e a novos *insights* para a melhoria do funcionamento das experiências de PLE.

5 Considerações Finais

Em jeito de conclusão, podemos dizer que o balanço desta experiência tem sido claramente positivo, quer para alunos, quer para docentes e tutores envolvidos. São de realçar a interdisciplinaridade da abordagem dos conteúdos e o desenvolvimento de projetos pedagógicos numa lógica colaborativa, sendo de destacar o trabalho em equipa por parte dos docentes e intervenientes neste projeto. O trabalho colaborativo inter-pares surge, de facto, como uma das mais-valias, a par da maior participação dos alunos ao longo do processo, com repercussões ao nível do seu sucesso académico e menor taxa de abandono,

Além destes aspetos, o trabalho colaborativo entre docentes surge também como uma das vantagens da participação dos docentes no PLE (Fernandes, Flores & Lima, 2009), o que constitui uma dimensão fundamental para a concretização dos princípios e pressupostos subjacentes ao processo de Bolonha.

A interdisciplinaridade da abordagem dos conteúdos e o desenvolvimento de projetos pedagógicos numa lógica colaborativa são algumas das potencialidades que resultam do trabalho em equipa por parte dos docentes e outros intervenientes no projeto, nomeadamente os tutores e a equipa de coordenação. De facto, o sucesso das abordagens de projeto requer, efetivamente, um esforço acrescido por parte dos docentes para adequarem os conteúdos programáticos da respetiva unidade curricular aos objetivos específicos de cada projeto. Isto pressupõe, ainda, um envolvimento ativo dos docentes das unidades curriculares na fase de conceção e definição do tema e dos objetivos do projeto, bem como alguma flexibilidade e capacidade de

adaptação de modo a que seja possível dar resposta às necessidades sentidas pelos alunos durante a sua realização. De facto, com a introdução deste tipo de metodologias, é lançado o repto aos docentes de se adaptarem às novas exigências pedagógicas e curriculares que encaram o perfil do professor do ensino superior como o de um sujeito crítico e reflexivo, aberto à mudança, pensando o ensino centrado na aprendizagem e onde o trabalho docente se desenrola em ambientes cooperativos e colaborativos (Veiga Simão & Flores, 2007).

Quanto aos desafios que se colocam ao trabalho docente no contexto do PLE, dado o investimento de tempo e de esforço que os docentes dedicam ao projeto, a falta de reconhecimento e valorização institucional no que se refere à componente pedagógica do seu trabalho tem surgido como um dos principais constrangimentos. Estes desafios passam, ainda, pelo questionamento (e mudança) de culturas profissionais marcadas pelo individualismo e pela (ainda) falta de reconhecimento institucional (e de apoio) em relação ao envolvimento dos docentes em projetos colaborativos e interdisciplinares no âmbito da docência (nomeadamente em termos de carga horária). O trabalho em equipa, a coordenação e articulação curricular, a partilha de ideias e de experiências, a tomada de decisão conjunta são alguns dos aspetos que a participação em projetos PLE pressupõe em termos de trabalho docente e que, aliás, têm sido reconhecidos pelos participantes nas várias edições, destacando-se a colaboração entres docentes de várias escolas, incluindo da área das Ciências da Educação. Contudo, os constrangimentos atrás mencionados merecem reflexão no sentido de potenciar estes espaços conjuntos de reflexão e de trabalho colaborativo se se pretende melhorar processos e práticas pedagógicos e formativos no contexto do ensino superior.

Por outro lado, este estudo demonstrou ainda a importância da formação pedagógica dos docentes universitários e da inovação pedagógica como fatores importantes para o sucesso académico dos alunos e para uma pedagogia universitária de qualidade (Tavares, Santiago, Taveira, Lencastre & Gonçalves, 2000; Vieira *et al*., 2002, 2004). Contudo, um dos principais constrangimentos revelados pelos docentes ao nível da componente pedagógica do seu trabalho relaciona-se com a atribuição de pesos diferentes às duas principais funções do professor do ensino superior (investigar e ensinar), o que implica que o prestígio profissional dos docentes decorra, quase exclusivamente, da sua atividade de investigação e de produção científica e que a dedicação à investigação determine o acesso à estabilidade profissional, muitas vezes em detrimento da atividade docente (Dill, 2003; Escorza, 2003). Face a este cenário, é fundamental criar e assegurar condições adequadas para o desenvolvimento profissional dos professores e para o reconhecimento e valorização do seu desempenho pedagógico. Assim, consideramos pertinente o desenvolvimento de modelos e práticas de avaliação do desempenho dos docentes que promovam a valorização e reconhecimento do seu trabalho pedagógico (Fernandes & Flores, 2012), numa perspetiva de estímulo ao seu desenvolvimento profissional e não como um ataque ao seu profissionalismo e autonomia (Day, 1992).

Referências Bibliográficas

Alves, A., Moreira, F., & Sousa, R. (2007). O papel dos tutores na aprendizagem baseada em projectos: Três anos de experiência na Escola de Engenharia da Universidade do Minho. In A. Barca, M. Peralbo, A. Porto, B. Duarte da Silva & L. Almeida (Eds.), *Libro de Actas do Congresso Internacional Galego-Portugués de PsicoPedagoxía.* pp. 1759-1770. A Coruña/Universidade da Coruña: Número extraordinário da Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxía e Educación.

Alves, A., Moreira, F., Sousa, R. & Lima, R. M. (2009a). Projectos para a Aprendizagem na Engenharia e Gestão Industrial. In Proceedings of the X Congresso Internacional Galego Português de Psicopedagogia. (pp. 3360-3375). Braga: Universidade do Minho,

Alves, A., Moreira, F., Sousa, R. M. & Lima, R. M. (2009b). Teachers' Workload in a Project-Led Engineering Education Approach. In U.Dominguez (Ed.) *International Symposium on Innovation and Assessment of Engineering Curricula* (pp. 41-52).Valladollid: Universidad de Valladolid & SEFI CDWG.

Biggs, J. (2003). *Teaching for Quality Learning at University*. Buckingham: The Society for Research into Higher Education e Open University Press.

Bonwell, C. & Eison, J. (1991). *Active Learning: Creating Excitement in the Classroom*. Washington DC: ASHE-ERIC Higher Education Reports.

Boyer, E. (1990). *Scholarship Reconsidered: Priorities of the Professoriate*. San Francisco: Jossey-Bass. The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching.

Carvalho, J. D. & Lima, R. M.(2006). Organização de um Processo de Aprendizagem Baseado em Projectos Interdisciplinares em Engenharia. In Z. Martin, C. Pravia, L. A. Consalter & V. M. Rodrigues (Orgs.), *XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia COBENGE´2006* (pp. 1.475-1.488). Passo Fundo, Rio Grande do Sul: Universidade de Passo Fundo.

Collier, K. G. (1983). *The Management of Peer Group Learning: Syndicate Methods in Higher Education*. Guildford: Society for Research into Higher Education.

Day, C. (1992). Avaliação do Desenvolvimento Profissional dos Professores. In A. Estrela & A. Nóvoa (orgs.), *Avaliações em Educação: novas perspectivas*. Lisboa: Educa. pp.89-104.

Dill, D. D. (2003). An institutional perspective on higher educational policy: the case of academic quality assurance. In J.C. Smart (Ed.), *Higher Education: Handbook of theory and research.* XVIII. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp.669-700.

Escorza, T. E. (2003). La formación pedagógica del profesor universitário vista desde la enseñanza disciplinar. *Revista de Educación,* 331, 101-121.

Fernandes, S. & Flores, M. A. (2009). Aprendizagem baseada em projectos na Engenharia: experiências e desafios no trabalho docente. In B. Silva & A. B. Lozano (Eds) Actas do X Congresso Galego-Português de Psico- Pedagogia (pp. 4980-4995). Braga: Universidade do Minho.

Fernandes, S. (2011). *Aprendizagem Baseada em Projetos no Contexto do Ensino Superior: Avaliação de um dispositivo pedagógico no Ensino de Engenharia*. Tese de Doutoramento em Educação, Especialidade em Desenvolvimento Curricular, Instituto de Educação da Universidade do Minho.

Fernandes, S., Flores, M. A. & Lima, R. M. (2009). A tutoria no contexto do Project-Led Education (PLE): potencialidades e desafios. In Ana Margarida Veiga Simão, Ana Paula Caetano & Isabel Pimenta Freire (Orgs.) *Tutoria e Mediação em Educação* (89-113) Lisboa: Educa.

Fernandes, S., Flores, M. A. & Lima, R. M. (2012). Student's Views of Assessment in Project-Led Engineering Education: Findings from a Case Study in Portugal. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 37:2, pp.163-178.

Ferreira, O. M. (2006). *Formação Inicial, Transição para o mundo do Trabalho e Perspectivas de Desenvolvimento Profissional. Um estudo realizado na UM com Licenciados em Engenharia Mecânica*. Braga: Instituto de Educação, Universidade do Minho.

Flores, M. A., Carvalho, A. A., Arriaga, A., Aguiar, C., Alves, F. F., Viseu, F., Morgado, J. C., Costa, M. J., Morais, N. (2006). *Perspectivas e Estratégias de formação de docentes do Ensino Superior.* Relatório de Investigação. Braga: Universidade do Minho. (Disponível em http://www.gaqe.uminho.pt)

Flores, M. A., Veiga Simão, A. M. (2007). Competências desenvolvidas no contexto do Ensino Superior: a perspectiva dos diplomados. *In Actas das V Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria*. Universidade de Alicante, Espanha.

Grunert O'brien, J., Milis, B. & Cohen. M. (2008). *The Course Syllabus. A learning centred approach.* Second edition. Jossey-Bass.

Heitmann, G.(1996). Project-oriented study and project-organized curricula: a brief review of intentions and solutions. *European Journal of Engineering Education*, 21(2), 121-132.

Huet, I., Sousa, R. & Costa, N. (2010). Desenho Curricular no Ensino Superior: Um Estudo de Caso na Universidade de Aveiro. In Actas do Congresso Ibérico *Ensino Superior em Mudança: Tensões e Possibilidades* (pp. 133-146). UM. CIEd.

Hurd, P. (2000). Active learning. *Journal of Pharmacy Teaching,* 7 (3/4), 29-47.

Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (1990). *Learning Together and Alone. Cooperation, Competition and Individualism*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Jung, B., Tryssenaar, J. & Wilkins, S. (2005)'Becoming a tutor: exploring the learning experiences and needs of novice tutors in a PBL programme',*Medical Teacher*,27:7,606 — 612.

Lang, J.D., Cruise, S., McVey, F.D. & McMasters, J. (1999). Industry expectations of new engineers: A survey to assist curriculum designers*. Journal of Engineering Education*, 88,1, pp. 43-51.

Laurillard, D. (1993). *Rethinking University Teaching*. London: Routledge.

Light, G. & Cox, R. (2001). *Learning and Teaching in Higher Education. The Reflectve Professional.* Londres: Sage Publications.

Lima, R. M., Carvalho, J. D., Flores, M. A. & Van Hattum-Janssen, N. (2007). A case study on Project-led Education in Engineering: students' and teachers' perceptions. *European Journal of Engineering Education*, 32(3), 337 - 347.

Mesquita, D., Lima, R. M. & Flores, M. A. (2009). Student Teamwork in Higher Education: a Project Based approach in Industrial Management and Engineering. In *Proceedings of the 2nd International Research Symposium on PBL*, 3-4 December 2009, Melbourne, Australia.

Mesquita, D., Lima, R. M., & Pereira, G. (2008). Engenharia e Gestão Industrial em Portugal: Uma Visão da Procura Profissional, *In 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME'2008)* (J. F. S. Gomes, C. C. António, C. F. Afonso & A. S. Matos), Maputo - Moçambique, Edições INEGI, 03A006.1-11.

Miles, M. B. & Huberman, M. (1994). *Qualitative Data Analysis. An Expanded Source Book.* Thousand Oaks: Sage.

Mills, J. & Treagust, D. (2003). Engineering Education – is problem-based or project-based learning the answer? *Australasian Journal of Engineering Education*. Available online at http://www.aaee.com.au/journal/2003/mills_treagust03.pdf

Nicolai, L. M. (1998). ViewPoint: An industry view of Engineering Education. *International Journal of Engineering Education*. 14 (1). pp. 7-13.

Powell, P. & Weenk, W. (2003). *Project-Led Engineering Education*, Utrecht: Lemma Publishers.

Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education, 93*(3), 223-231

Savin-Baden, M. (2004). Understanding the impact of Assessment on Students Performance in Problem-Based Learning. *Innovations in Education and Teaching International*, 41:2, 221-233.

Silva, M. F. (2010). Possibilidades e Limites de Modos de Trabalho Pedagógico no Ensino Superior na Perspectiva da Interdisciplinaridade. In J. Silva, F. Vieira, A. Carvalho, A. Flores, I. Viana, J. C. Morgado, L. Oliveira, M. A. Moreira, M. S. Silva, N. van Hattum-Janssen, P. Alves (Orgs.) *Actas do Congresso Ibérico Ensino Superior em Mudança: tensões e possibilidades*. Centro de Investigação em Educação, Universidade do Minho. pp. 125-132. ISBN: 978-972-8746-80-3.

Simão, J. V., Santos, S. M. & Costa, A. A. (2002). *Ensino Superior: uma visão para a próxima década.* Lisboa: Gradiva.

Tavares, J, Santiago, R., Taveira, M. C., Lencastre, L. & Gonçalves, F. (2000). Factores de sucesso/insucesso no 1ºano dos cursos de Licenciatura em Ciências e Engenharia no Ensino Superior. *In* A.P. Soares, A. Osório, J. V. Capela, L. S. Almeida, R. M. Vasconcelos, & S. M. Caires (Eds.). *Transição para o Ensino Superior*. Braga: Universidade do Minho/Conselho Académico. Pp.967-973.

Topping, K. J. (1996). The effectiveness of peer tutoring in further and higher education: a typology and review of the literature. *Higher Education*, 32, pp. 321-345.

Torres, Manuel Firmino (2010). A Avaliação no Ensino Superior numa perspectiva de Aprendizagem Activa: Considerações Conceptuais e Perspectivas. *In* Actas do Congresso Ibérico *Ensino Superior em Mudança: Tensões e Possibilidades.* UM. CIEd. Pp. 339-348.

van Hattum-Janssen, N. & Vasconcelos, R. (2008). The tutor in project-led education: evaluation of tutor performance. In: Proceedings of the SEFI 2008 36thAnnual Conference. Denmark: Aalborg.

van Hattum-Janssen, N., Vasconcelos, R. M., Pacheco, J. A. (2007). As competências transversais no desenho curricular no ensino superior. Trabalho apresentado em IX Conferência da Sociedade Portuguesa da Educação, In *Actas da IX Conferência da Sociedade Portuguesa da Educação,* Funchal.

Veiga Simão, A. M., Flores, M.A., Fernandes, S. & Figueira, C. (2008). Tutoria no Ensino Superior. Concepções e práticas. *Sísifo. Revista de Ciências da Educação*, 7, pp. 75-88. retirado em Janeiro 12, 2009 de http://sisifo.fpce.ul.pt

Vieira, F. *et al*. (2002). *Concepções da Pedagogia Universitária. Um estudo na Universidade do Minho*. Braga: Centro de Estudos em Educação e Psicologia.

Vieira, F. *et al*. (2004). *Transformar a Pedagogia na Universidade. Experiências de Investigação do Ensino e da Aprendizagem*. Braga: Centro de Investigação em Educação.

Vieira, F., Silva, J. L. & Almeida, M. J. (2010) A Pedagogia no Ensino Superior: indagar para transformar. OPDES, nº 10. Escola Superior de Educação de Coimbra. pp.23-41.

Trabalhando com Metodologia de Ensino-Aprendizagem por Projetos: Uma Estratégia para o Ensino nas Engenharias e Tecnologias

Ana M.C.Grisa*, José A. Martins*, Mauren T. Pize*, Marli Camassola+, Joanir Kalnin*, Rosmary N. Brandalise*

*Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade de Caxias do Sul, RS, Brasil
+Centro de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade de Caxias do Sul, RS, Brasil

amcgrisa@globo.com, jamartin@ucs.br, mtpize@ucs.br, mcamassola@gmail.com, jlkalnin@ucs.br, rnbranda@terra.com.br

Abstract

A plan of action founded on the Learning Based on Projects (PBL) methodology was proposed for the students enrolled in the introductory modules of engineering and technology courses. This program aims to improve the entrepreneurial training in the academia, thus developing professionals with more innovative and globalized profiles, who are able to propose solutions to a wide range of problems. The following research question was asked: "Can glycerol, a residue of the biodiesel production and others processes, have potential as an energy source?"

In this sense, we tried to develop a set of actions challenging for graduate students, motivating them to develop a Business Plan to create a product or a service or a prototype. In practice, creating one company using glycerol as energy source. The development of specific skills in the area of engineers and technologists, as well as soft skills, are also objectives of this proposal. In teams, the students prepare the Business Plans for a company to produce a product and/ or a service employing glycerol, thus seeking a solution for this challenge. The activity is completed at the end of the first semester of each course of Engineering, with the delivery of the Business Plan and the presentation of the company, product and /or service. Through this program, we seek to graduate engineering and technology professionals who are prepared to meet varied and increasingly complex requirements, and have real potential for undertaking their lives or their future businesses.

Keywords: PBL, glycerol, energy, projects, business plan, skills.

1 Introdução

Na busca por disseminar a formação empreendedora entre seus acadêmicos e o desenvolvimento de um profissional com um perfil inovador, globalizado, capaz de empreender com real potencialidade suas vidas ou suas futuras empresas, professores das disciplinas de Química Básica, Física I, Pré-Cálculo, Introdução às engenharias e tecnologias do Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET) da Universidade de Caxias do Sul (UCS) e do Centro de Ciência Agrárias e Biológicas (CCAB) apresentarão uma proposta de trabalho aos acadêmicos, fundamentada na metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL).

Segundo Thomas (2000), a aprendizagem baseada em projetos (PBL) é um modelo que organiza o processo de aprendizagem em torno de projetos, os quais podem ser definidos como tarefas complexas baseadas em desafios ou problemas que envolvem o aluno na solução de problemas, na tomada de decisões e em atividades investigativas e de pesquisa.

Neste contexto, o artigo tem como objetivo apresentar uma proposta de ensino fundamentado no modelo Aprendizagem Baseada em Projetos para ser desenvolvida com acadêmicos das disciplinas de Introdução as Engenharias e Tecnologias, nos mais variados cursos do CCET e que teve como tema de projeto *"Glicerol, resíduo do processo de obtenção de biodiesel, ou de outras fontes geradoras, pode ter potencialidade como fonte de energia?"*

O mundo está cada vez mais preocupado em praticar políticas de proteção ambiental, especialmente na área de produção de energia. Em muitos casos, os bicombustíveis estão em evidência por apresentarem inúmeros benefícios ambientais, econômicos e sociais, além de apresentarem vantagens muito interessantes, como a possibilidade real de substituir grande parte dos derivados do petróleo, diminuindo assim a dependência de combustíveis fósseis. Considerando que cada tonelada de biodiesel obtida gera 100 kg de glicerol, e isso, por si só, justifica a necessidade e a busca por alternativas promissoras para o emprego sustentável deste resíduo (Gonçalves *et al.,* 2009).

Neste sentido, procurou-se desenvolver um conjunto de ações desafiadoras para os alunos de graduação, motivando o desenvolvimento de um Plano de Negócios, a criação de um produto e/ou serviço, na prática, criação de uma empresa, empregando o glicerol como fonte de energia, sob a forma de PBL.

O interesse no desenvolvimento de atividades diferenciadas visa contribuir com a formação de profissionais nas engenharias e tecnologias cada vez mais preparados para apresentar soluções criativas e inovadoras às demandas atuais, necessidades atuais, e com níveis de complexidades cada vez maiores, com real

potencialidade de empreenderem suas vidas ou suas futuras empresas uma vez que o tema proposto é atual, e tem potencial condição de ser empregado como uma futura fonte de energia.

2 Revisão

2.1 Proposta de PBL

Aprendizagem Baseada em Projetos é, essencialmente, um método de instrução caracterizado pelo uso de problemas da vida real, para estimular o desenvolvimento de pensamento crítico e habilidades que possibilitem solucionar problemas aliado a aprendizagem de conceitos fundamentais da área de conhecimento, em questão (Wilkerson & Gijselaers, 1996).

Segundo o *Project Management Institute* (2008)**,** um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A sua natureza temporária indica um início e um término bem definidos.

De acordo com Newstetter (2006), ABP com foco em uma abordagem, onde a aprendizagem do aluno é não-linear, permite que este explore as possibilidades de resolução de um problema. Se diferentes grupos de alunos são confrontados com o mesmo problema, provavelmente eles vão escolher rotas diferentes para resolvê-lo,e, possivelmente cheguem a soluções diferentes.Vários tópicos e áreas de conhecimento são inerentes a este processo, o que ajuda os alunos a construir um conhecimento mais abrangente, integrado e flexível.

A implementação na prática das abordagens de projeto começa com a concepção de um projeto que oferece oportunidades de aprendizagem de competências pelos alunos (Van Hattum-Janssen, 2010).

A metodologia ABP pode fornecer uma solução para demandas e os problemas enfrentados pelos recursos humanos, especialmente na área das Engenharias. Promove o desenvolvimento de competências necessárias ao perfil de profissionais dispostos a trabalhar de forma inovadora, em ambientes cooperativos, na elaboração de projetos e na busca de soluções aos desafios do cotidiano (Manrique *et al*., 2010).

Neste processo há uma nova dimensão do aluno e do processo de aprendizagem, diversificando metodologias de ensino em que o docente universitário assume um papel ativo enquanto guia e facilitador da aprendizagem com um conjunto de competências de dimensão metodológica, avaliativa e de apoio aos estudantes. O docente tem a ação de orientar, apoiar e acompanhar o estudante no seu processo formativo e acadêmico proporcionando seu desenvolvimento global (Zabalza, 2007); (Lima *et al*. 2009). A participação do pesquisador enquanto um colaborador permite uma aproximação com os sujeitos da pesquisa, proporcionando a cooperação entre os próprios sujeitos que durante os encontros coletivos percebem que em muitas vezes as dificuldades entre eles são similares e que a solução proposta e estudada coletivamente tem mais chances de ter eficácia (Oliveira & Gonzaga, 2000).

Aprender, neste novo contexto, não é absorver e assimilar matéria, é tornar-se capaz de fazer coisas que antes não se conseguia fazer. Aprender é, portanto, expandir capacidades e construir competências (Machado & Chaves, 2008).

A abordagem educacional deve ser mudada não o conteúdo. É preciso que o professor estimule a mudança de atitude do aluno fazendo-o trabalhar arduamente, efetivamente e com entusiasmo.

Segundo Leite (1996), a metodologia do desenvolvimento do projeto deve incluir situações que obriguem o aluno a agir, observando a existência de vários pontos de vista e de diferentes formas e caminhos para o aprendizado. Devem favorecer o confronto das próprias idéias com os conhecimentos técnico-científicos, instigando a dúvida e a curiosidade. Para isso, torna-se recomendável estimular o uso de espaços alternativos de aprendizagem, como: bibliotecas, ambientes reais de trabalho, realização de entrevistas e palestras, etc.

Uma das características da inovação educacional é que os problemas que os alunos enfrentam em sala de aula estão ligados aos problemas da vida cotidiana. Esses tipos de problemas foram chamados *wicked*, o que implica que há muitas soluções aceitáveis, e muitas partes interessadas cujos pontos de vista sobre o problema podem variar mesmo durante o processo (Rittel, & Webber, 1984);(Bruggen & Kirschner, 2003).

Originalmente o ato de ensinar em engenharia costumava ter ligações muito estreitas com a prática da engenharia, mas de forma gradual a educação em engenharia passou a ser mais e mais baseada na teoria. Infelizmente, nos dias de hoje, a pedagogia dominante para a educação em engenharia ainda tem sido "o giz e o discurso", apesar de toda a pesquisa em educação que demonstra a sua ineficácia (Graaff & Kolmos, 2007).

Os profissionais das engenharias e tecnologias deverão estar cada vez mais preparados para apresentar soluções para demandas variadas e com níveis de complexidades crescentes. Toda essa transformação passa, além da formação e treinamento dos docentes envolvidos nesse desafio de mudança de paradigma, pelo apoio institucional e o crédito de seus gestores (Campos & Silva, 2011).

A multidisciplinaridade (ou diversidade de especialidades profissionais necessárias para a realização dos projetos), o número de pessoas envolvidas, as instalações físicas necessárias, a diversidade e o volume de informações a serem processadas, real duração do projeto e o número de parceiros envolvidos para o desenvolvimento e acompanhamento e controle das atividades e a conclusão do projeto são fatores que denotam a complexidade do projeto (Pinheiro *et al.,* 2006).
Neste estudo esta sendo proposto aplicar a Aprendizagem Baseada em Projetos para acadêmicos do primeiro semestre das engenharias e tecnologias integrando professores de disciplinas básicas (Química Básica, Física I, Pré-Cálculo) (colaboradores), coordenada por professores das diferentes disciplinas de Introdução a Engenharia e Introdução à tecnologia (tutores) propondo o desenvolvimento de um projeto que tem como tema uma proposta atual, uma necessidade e que desafie os participantes na busca pelo desenvolvimento do projeto. Como tema deste projeto está se propondo: *"Glicerol, resíduo do processo de obtenção de biodiesel, ou de outras fontes geradoras, pode ter potencialidade como fonte de energia?"* Busca-se o desenvolvimento de capacidades próprias da área dos acadêmicos e capacidades transversais como: capacidade de empreender, autonomia, iniciativa, senso crítico, liderança e criatividade, estar apto a adquirir novos conhecimentos; generalizar conhecimento; comunicar-se de forma eficiente; oral e escrita, efetivar relacionamento interpessoal; e lidar com questões éticas.
A proposta de PBL elaborada para ser implementada é flexível, pois possibilita que, a cada semestre, um novo tema seja proposto, buscando contemplar as necessidades atuais e ou futuras dos acadêmicos.

2.2 Enquadramento curricular

Considerando que 80% dos alunos da Universidade de Caxias do Sul são "trabalhadores que estudam" e devido ao fato desta Instituição estar situada em um grande pólo tecnológico, especialmente nos setores metal-mecânico e polimérico, reforça a importância de se propor ações que promovam desenvolver um perfil empreendedor nos acadêmicos. Desta forma a proposta de PBL deverá acontecer no primeiro semestre da graduação, na disciplina de Introdução as Engenharias (todas as modalidades) ou Introdução as Tecnologias. Pelo fato de não contar com a disponibilidade de participação dos alunos em tempo integral, optou-se pela escolha de uma disciplina com obrigatoriedade curricular e flexibilidade suficiente que possibilitasse o desenvolvimento da proposta. Concomitante à oferta da disciplina de Introdução às Engenharias ou Tecnologias, ocorrem ainda no primeiro semestre dos cursos as disciplinas de Química Básica, Pré-cálculo, e Física I. As disciplinas citadas deverão estar com os seus docentes trabalhando, de forma integrada, com a proposta, e os conhecimentos adquiridos com o desenvolvimento do projeto devem ser cobrados e valorizados nelas. A disciplina de introdução, na UCS, tem uma programação de 19 encontros presenciais e dois extraclasse, totalizando 76 horas presenciais, correspondendo a 4 créditos e deve ser ofertada no primeiro semestre de cada curso.

2.3 Tema

A preocupação atual pela redução da poluição e a crise energética têm estimulado o mercado mundial de biocombustíveis. A economia global mantém-se em crescimento e a demanda por energia limpa e recursos renováveis encontra-se em contínuo aumento (Bilen *et al*., 2007).
Neste sentido, a busca intensiva por formas energéticas alternativas ao petróleo, como o biodiesel, apresenta grande importância para o planeta, uma vez que sua produção auxilia a conservação do meio ambiente, mediante a redução dos gases responsáveis pelo aquecimento global, e contribui para o desenvolvimento social mediante a geração de empregos.
O glicerol é o principal subproduto gerado na produção de biodiesel, sendo que aproximadamente 10 % do volume total de biodiesel produzido correspondem a glicerol (Zhou *et al*., 2010).
Com o intuito de evitar futuros problemas derivados da acumulação de glicerol e para tornar a produção de biodiesel mais competitiva, torna-se necessário a busca de alternativas para o uso do glicerol bruto gerado nesta produção.
Na forma pura, o glicerol possui inúmeras aplicações industriais (aditivos para a indústria de alimentos, química e farmacêutica). No entanto, o glicerol obtido resultante da transesterificação de triglicerídios com álcool apresenta impurezas como água, sais, ésteres, álcool e óleo residual, que lhe conferem um valor comercial (Ooi *et al.,*2004).
Um grande receio é que o excesso de glicerol produzido, altamente poluidor, possa ser descartado de maneira irresponsável no meio ambiente. Desta forma, uma aplicação atualmente promissora para o glicerol é o seu aproveitamento para produção de energia. Todavia, estudos precisam ser realizados para desenvolver tecnologias que possibilitem tal aplicação.

2.4 Competências avaliadas

Nas disciplinas específicas da proposta (Química Básica, Pré-cálculo e Física) com o tema - Glicerol como fonte de energia - busca-se o desenvolvimento de algumas competências como as apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Algumas competências a serem desenvolvidas nas diferentes disciplinas do primeiro semestre

Química Básica	Física I	Pré-calculo
Identificar as matérias primas para a obtenção do biodiesel descrevendo o processo de obtenção e as reações químicas; Descrever o processo de purificação do biodiesel enumerando os métodos de separação e purificação do biodiesel; Relacionar e comparar os catalisadores de diferentes funções químicas quanto à eficiência e rendimento; Identificar os processos eletroquímicos das células a combustível geradas pelo subproduto do biodiesel.	Reconhecer os diferentes tipos de transformações de energia que ocorrem no processo de obtenção de bicombustíveis; Interpretar os parâmetros físicos calculados para a obtenção do glicerol; Calcular as propriedades físico-químicas dos produtos.	Calcular rendimento, pureza dos produtos e dos processos propostos ; Elaboração de balanço de massa e energia; Interpretar os resultados da pesquisa de mercado; Calcular valor presente liquido (VPL) e *payback* pela análise econômica da proposta; Selecionar e relacionar dados, construir e interpretar gráficos ilustrativos dos processos de obtenção do glicerol e da pesquisa de mercado; Fazer previsões e analisar resultados obtidos; Conhecer e utilizar softwares matemáticos.

A PBL oportuniza ainda o desenvolvimento de competências transversais como saber aplicar conhecimentos técnicos para a resolução das situações expostas em seu contexto de atuação; transferir o conhecimento ensinando, instruindo e aperfeiçoando a resolução das situações expostas, estar apto a adquirir novos conhecimentos; generalizar conhecimento; comunicar-se de forma eficiente; oral e escrita, efetivar relacionamento interpessoal; e lidar com questões éticas.
No trabalho em grupo busca-se desenvolver nos acadêmicos a autonomia, iniciativa, senso crítico, liderança e criatividade.

3 Metodologia, Resultados Esperados e Avaliação

A Figura 1 apresenta a estrutura básica da proposta - Glicerol como fonte de energia, sendo os itens 1 e 2 já abordados no decorrer deste trabalho.

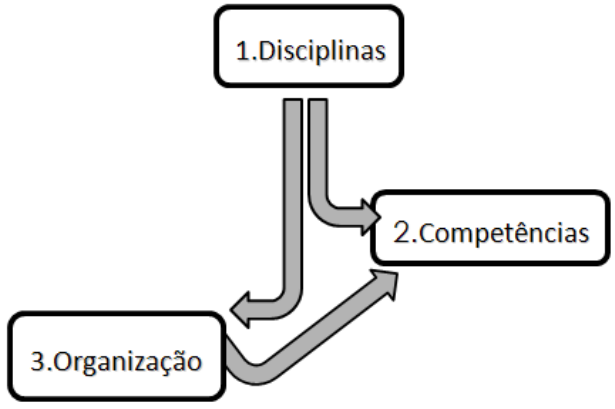


Figura 1 – Estrutura organizacional da proposta.

O item 3 – Organização, foi elaborado considerando três etapas:
Etapa 1 – Fontes de energia (custo x benefício) sustentabilidade.
Etapa 2 – Glicerol de biodiesel – empresa (produto/serviço).
Etapa 3 – Glicerol para produção de energia – na prática.
A Etapa 1 contempla investigar no estado da arte fontes de energia alternativas, viáveis tecnicamente e economicamente. Focar no glicerol: demanda, fornecedores, custos de aquisição da matéria-prima, legislação vigente sobre o seu uso, incentivos do governo a fontes de energia limpa.
A Etapa 2 contempla a pesquisa sobre a obtenção de glicerol a partir do processo de geração de biodiesel. Qual dos processos é mais eficiente e viável tecnicamente para sua obtenção. Qual a matéria-prima cuja

oferta viabiliza o processo e produção de biodiesel. Custos de planta piloto e industrial. Realização de balanço de massa e energia.
A Etapa 3 tem como intuito a comprovação, por meio de propriedades ou testes, do potencial do glicerol como fonte de energia na forma de protótipo do produto da empresa.
A proposta prevê que alguns encontros sejam realizados em auditório, juntando as diferentes turmas de introdução ás
Engenharias e Tecnologias (grande grupo).
No Quadro 2 encontra-se apresentado a organização da proposta, duração das atividades, atribuições da equipe de docentes que trabalhará na proposta, bem como a avaliação após cada etapa.

Quadro 2 – Organização da proposta, cronograma e atribuições

Organização	Cronograma	Proposta	Avaliação	Atribuição
Etapa 1 – Fontes de energia (custo x benefício) sustentabilidade.	1° semana a 5° semana (1 mês) 5° semana	Apresentação do Vídeo "A vida sem energia", Debate, Apresentação da proposta PBL Definição das equipes Apresentação dos tutores Definição do local de trabalho das equipes Pesquisar sobre o tema Apresentação do vídeo propondo uma alternativa para o uso de glicerol, elaborado pelas equipes, debate com os alunos das disciplinas de introdução – reunião do grande grupo.	Apresentação do vídeo, Relatório da pesquisa sobre o tema. Nas disciplinas integradas a proposta, avaliação das competências desenvolvidas (Quadro 1).	Coordenador do projeto, professores das disciplinas básicas, professores das disciplinas de Introdução (tutores). Coordenador e Tutores
Etapa 2 – Glicerol de biodiesel – empresa (produto/serviço)	6° semana a 14° Semana (2 meses)	Elaboração de um plano de negócios da empresa que irá produzir a nova fonte de energia, Alimentar dados em uma ferramenta computacional chamada ®*Make Money 2.0*, buscar um padrinho para entrevistar e apoiar a proposta da criação de uma empresa, produto e/ou serviço. Utilizar o *Google docs* para a realização de parte da pesquisa de mercado que compõe o Plano de Negócios.	Entrega da pesquisa de mercado, da análise do mercado e plano financeiro da empresa ou do produto da empresa - parciais Entrega da entrevista com o padrinho. Nas disciplinas integradas a proposta, competências desenvolvidas previstas no Quadro 1.	Tutores Professores das disciplinas básicas,
Etapa 3 – Glicerol para produção de energia – na prática.	16° semana a 19° semana (1 mês)	Cada equipe deve apresentar pela empresa proposta o produto/serviço - protótipo comprovando a potencialidade do glicerol, reunião do grande grupo. A comprovação dos resultados alcançados se dará pela apresentação (escrita e oral) do Plano de Negócio da empresa e do produto. O júri que avaliará a proposta será composto por professores das disciplinas envolvidas, profissionais da área e empresários convidados. A defesa do plano de negócios (empresa/protótipo) acontecerá na presença dos demais alunos (no grande grupo) e será avaliada pelos professores da área e por empresários convidados.	Avaliação do protótipo, comprovação da potencialidade do glicerol na produção de energia, Depoimento do padrinho (por escrito) Apresentação escrita e oral do Plano de Negócios, considerando a viabilidade técnica, econômica e social da proposta como fonte de energia .	Coordenador do projeto, tutores, professores convidados padrinho.

*As etapas do Plano de Negócio são: a empresa (histórico, missão, planejamento estratégico, estrutura organizacional e legal, equipe dirigente, parcerias, responsabilidade social e com o meio ambiente); o plano de marketing, dividido em análise do mercado (setor, clientela, concorrentes e fornecedores) e estratégias de marketing (produtos e serviços, preço, promoção/publicidade, relacionamento com clientes); por fim, o plano financeiro (ponto de equilíbrio e análise dos investimentos).

Avaliações individuais serão propostas para as equipes de acordo com o desenvolvimento das atividades e durante a busca por soluções para o problema. As avaliações das disciplinas que integram a proposta também contemplarão questões pertinentes ao tema proposto e as competências elencadas para serem desenvolvidas, apresentadas no Quadro 1.
Equipes de cinco alunos se encontrarão de forma autônoma para confeccionar o projeto e o protótipo sempre com supervisão de um tutor e/ou um professor facilitador que oriente os alunos na busca das respostas aos problemas encontrados.

3.1 Estruturação e atribuições dos profissionais

O Quadro 3 apresenta a estruturação de profissionais da proposta, identificação e atribuições.

Quadro 3 – Estruturação e atribuições dos profissionais

Profissional	Identificação	Atribuição
Coordenador	Professor responsável pela implantação da atividade do Projeto	Definir o cronograma, monitorar o andamento do projeto, convocar reuniões com tutores e professores, avaliar o andamento de todas as etapas do projeto de cada grupo, realizar contato com possíveis empreendedores, representantes das empresas para as defesas dos projetos.
Professores *	Professores das disciplinas de Química Básica, Pré-cálculo e Física das engenharias e tecnologias, primeiro semestre	Assessorar o coordenador, participar das reuniões, dar suporte aos alunos no desenvolvimento do projeto dentro da sua especialidade.
Tutores	Professores das disciplinas de introdução á engenharia e de tecnologias (diferentes modalidades)	Dar suporte global para o pleno desenvolvimento do projeto, avaliar os membros do grupo, redigir relatórios a cada duas semanas ao coordenador.

* O número de professores e tutores envolvidos depende da oferta das disciplinas semestralmente, sendo todas obrigatoriamente oferecidas semestralmente.

A avaliação pelos pares deverá acontecer mensalmente, serão discutidas as dificuldades enfrentadas por cada um e sugestões do grupo para solucioná-las. Um instrumento próprio será estruturado pelos professores tutores e deverá valorizar a análise das competências transversais, inferindo notas nas avaliações propostas.

4 Potencialidades e Restrições

A potencialidade desta proposta está na possibilidade de inserir os alunos em ambientes diferenciados de aprendizagem, com tarefas complexas baseadas em desafios ou problemas, conduzindo-os a buscar soluções inovadoras e criativas para problemas propostos ou que se apresentarem durante o processo. Inseri-los em atividades investigativas e de pesquisa, no primeiro semestre, dando-lhes a possibilidade de interagir com o restante de sua formação com este novo olhar. Outra real potencialidade desta proposta esta formação de profissionais com perfil empreendedor, empreendendo não somente suas vidas como suas futuras empresas.

Como esta proposta está sendo pensada para o primeiro semestre das engenharias e tecnologias, o acadêmico da UCS pode não necessariamente matricular-se em todas a disciplinas básicas, e neste caso, pode não participar de tudo o que será proposto nestas disciplinas para facilitar o desenvolvimento da proposta.

Por ter-se um "trabalhador que estuda" o acadêmico da área das exatas não poderá dedicar muito tempo fora dos horários de aula para os encontros e reflexões coletivas que exigem ajustes e flexibilidades necessárias ao desenvolvimento da proposta.

Outra limitação da proposta está na dificuldade a ser enfrentada pelos idealizadores em vencer a resistência de alguns professores, com formação em escolas mais tradicionais, que amparam a sua não participação nas inúmeras atividades burocráticas do dia-a-dia, na falta de tempo que a proposta requer e no desafio de deixarem de ser o personagem principal do processo de ensino aprendizagem, o que detém o conhecimento, passando a ser, gradativamente, como em qualquer processo de mudança, um orientador, um apoiador do processo formativo do acadêmico promovendo o seu desenvolvimento de forma global.

5 Conclusão

A proposta de ensino fundamentada na PBL em um primeiro momento objetiva despertar o interesse dos estudantes para os conteúdos a serem estudados nas disciplinas do curso e a importância deles na sua formação profissional. Também pode contribuir no desenvolvimento de competências transversais que enriquecerão a formação de profissionais que os novos tempos irão exigir, capacitados a trabalharem individualmente ou em equipes com autonomia, iniciativa, senso crítico, liderança e criatividade. Contribuir

com a formação de profissionais nas engenharias e tecnologias cada vez mais preparados para apresentar soluções criativas e inovadoras para demandas variadas e com níveis de complexidades cada vez maiores e com real potencialidade de empreenderem suas vidas ou suas futuras empresas. A proposta de PBL elaborada para ser implementada é flexível, pois possibilita que, a cada semestre, um novo tema seja proposto, buscando contemplar as necessidades atuais e ou futuras dos acadêmicos. As atividades propostas para este projeto podem ser realizadas pelas equipes e monitoradas pelos profissionais elencados independente do tema, mantendo-se sempre atualizada.

Bibliografia

Bilen, K., Ozyurt, O., Bakirci, K., Karsli, S., Erdogan, S. & Yilmaz, M., (2007).Energy production, consumption, and environmental pollution for sustainable development: a case study in Turkey, Renew Sust. Energ Rev 12 (6) 1529–1561.

Bruggen, Van J. M. & Kirschner, P. (2003). Designing external representations to support solving wicked problems. In: J. Andriessen, M. Baker, D. Suthers (Eds.), *Confronting cognitions: Arguing to learn*. Netherlands: Kluwe Academic Publishers.

Campos, L. C. de & Silva, J. M. (2001). Aprendizagem Baseada em Projetos: uma nova abordagem para a Educação em

Engenharia – COBENGE 2011.

Gonçalves, B. R. L., Perez & Angelo, A. C. D. (2009). Glicerol: Uma Inovadora Fonte de Energia Proveniente da Produção de Biodiesel. 2nd International Workshop | Advances in Cleaner Production, São Paulo – Brazil – May 20th22nd.

Graaff, E. & Kolmos, A. (2007). Management of Change Implementation of Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering, Netherlands: Sense Publishers.

LEITE, L. H. A. (2006). Pedagogia de projetos: intervenção no presente. Presença Pedagógica, 2 (8) mar./abr.

Lima, Rui, Flores, M. A., Fermandes S. (2009). Tutoria e Mediação em Educação: A tutoria no contexto do Project-lededucation (PLE): potencialidades e desafios. Educa Lisboa.

Machado, P. & Chaves, E. (2008). Aprendizagem por Projetos: O Desafio da Avaliação Congresso Interdidática, Brasília.

Manrique, A.L, Dirani, E. A. T. &. Campos, L.C. (2010). "PBL - an innovation in education: evaluation and analysis of a process", II Ibero-american Symposium on Project Approaches in Engineering Education – PAEE'2010, Barcelona, pp.1

Newstetter, W.C., (2006). "Fostering Integrative Problem Solving in Biomedical Engineering: The PBL Approach",

Annals of Biomedical Engineering, 34(2), 217-225.

Oliveira, E. S &, Gonzaga, A. M. A. (2000). Pedagogia de projetos na aprendizagem de conceitos no ensino de Ciências. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis.

Ooi, T.L., Yong, K.C., Hazimah, A.H., Dzulkefly, K. & Wan Yunus, W.M.Z., (2004). Glycerol Residue - A Rich Source of Glycerol and Medium Chain Fatty Acids. Journal of Oleo Science 53 (1) 29-33.

Pinheiro, A. A., Siani, A. C., Guilhermino, J. F., Henriques, M. G. M. O.,Quental,C. M. & Pizarro, A. P. B.,(2006).Metodologia para gerenciar projetos de pesquisa e desenvolvimento com foco em produtos: uma proposta. Rev. Adm. Pública, 40 (3).

PMI (2008). A Guide to the Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) Fourth Edition. PA, Project Management

Institute (PMI).

Rittel, H. W. J. & Webber, M. M. (1984). Planning problems are wicked problems. In: N. Cross (Ed.), *Developments in design methodology.* Chichester: Wiley.

Thomas, J.W. (2000). A review of research on Project –based learning.Relatório Técnico. Autodesk Fundation. Acesso

em 02 de março de 2012, htpp:// www.autodesk.com.fundation

Van Hattum-Janssen N. (2010).TEAM-BASED CURRICULUM DEVELOPMENT FOR PROJECT APPROACHES IN ENGINEERING EDUCATION InternacionalConjuntalGIP-SEFI ConferênciaAnualde, Eslováquia.

Wilkerson, L. & Gijselaers, W.H. (1996). Bringing problem-based learning to higher education: theory and practice, Jossey-Bass, San Francisco. 1996.

Zabalza, M. (2007). Competencias docentes Del professorado universitário. Calidad y desarrolo profissional. Madrid. Narcia.

Zhou, Z., Li, X., Zeng, T.,Hong, W., Cheng, Z. & Yuan,W.,(2010).Kinetics of Hydrogenolysis of Glycerol to Propylene Glycol over Cu-ZnO-Al2O3 Catalysts.Chinese Journal of Chemical Engineering, 18 (3) 384-390.

A experiência de desenvolver competências em engenharia através da participação de uma equipe interdisciplinar para projetar e construir um veículo elétrico

Amaranta Hayata de Azevedo[*], Daniel de Araújo Almeida[+], Bruno Moreira de Oliveira[+], Marcos Vinícius de Melo Orrico[+#]

[*] Núcleo de Engenharia de Produção, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil
[+] Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil
[#] Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil

Email: amarantahayata@gmail.com, daa_14@yahoo.com.br, bmo422@gmail.com, marcos.orrico@gmail.com

Abstract

Collaborative learning, unlike traditional methods, is a continuous learning method based on knowledge sharing between individuals in a group. This article will explain project Ciclar, a project developed by graduate students of the University of Brasília. The goal is to create an electric vehicle designed for selective waste collection inside the campus. The project counts with the participation of students and professors of eight different areas and offers technical and scientific experience in a professional environment complementing the student's formation. Furthermore, the connection between education, research and the development of such a project is inherent, when trying to integrate different areas of knowledge. In this context, this article will present all aspects concerning the creation of the project, and abilities developed in response to different scenarios.

Keywords: competencies development, collaborative learning, electric vehicle, multi-disciplinary team.

1 Introdução

O princípio de que o conhecimento é consequência do consenso entre os membros de uma comunidade que buscam alcançar um objetivo em comum, como realizar um trabalho ou resolver determinado problema, é o principal pilar no qual se desenvolve a estratégia de ensino denominada aprendizagem colaborativa (Torres et al., 2004). Os modelos de ensino colaborativo buscam acabar com a relação de aprendizagem vertical centrada no educador, tornando a aprendizagem um processo ativo e efetivo de reaculturação, fazendo com que os membros da comunidade de conhecimento se tornem os próprios aprendizes. Segundo Johnson et al. (1998), neste método, o professor, que no modelo tradicional de ensino assume o papel centralizador, tem a função de ser o motivador, o instigador e o orientador da aprendizagem.

O Project 2061, programa de educação da American Association for the Advancement of Science (1989), ressalta que, na vida profissional, os engenheiros realizam poucos trabalhos individuais, uma vez que, geralmente, o trabalho solicitado requer ser desenvolvido por uma equipe de profissionais. Neste sentido, a experiência de partilha de responsabilidade entre estudantes reforça, não somente a natureza colaborativa do trabalho, mas também a aprendizagem entre si. Estas comunidades de compartilhamento geram um ambiente mais realista baseado na retroalimentação e na comunicação entre seus membros, possibilitando uma produção coerente tanto nas atividades coletivas como nas individuais.

Neste contexto, o presente artigo apresenta o Projeto Ciclar, projeto interdisciplinar em engenharia que, por meio do planejamento e construção de um veículo elétrico destinado a apoiar os centros de catadores de materiais recicláveis, visa, não somente a criação de um ambiente de aprendizagem colaborativa, como também o desenvolvimento de diferentes competências transversais. Para alcançar tal objetivo, o projeto conta com uma equipe de estudantes universitários advindos de diferentes áreas da engenharia. Aspectos da criação do projeto, da gestão da equipe pelos próprios estudantes e da organização das atividades são apresentados, assim como é explorado e discutido o desenvolvimento de competências, baseando-se em resultados de entrevistas e questionários realizados com os estudantes envolvidos.

2 Contextualização

Diante a crise ambiental que o mundo vivencia, diversas indústrias e grupos sociais buscam meios de amenizar os impactos do homem no ecossistema. De tal modo, diversas pesquisas focam o desenvolvimento de novas tecnologia e descoberta de fontes alternativas de energia que minimizem os danos ao meio ambiente.

Com efeito, o tema veículo elétrico está ganhando espaço mundial, visto que ainda há muito que se desenvolver quanto à tecnologia. Em motores de combustão interna, a faixa de eficiência varia de 25% a 35%. Os veículos elétricos, além de possuírem uma menor perda de atrito na transmissão, são capazes de elevar esta faixa para mais de 90%. Ademais, com a frenagem regenerativa, a redução de consumo é considerável. Por ser movido a energia elétrica, o prejuízo ao meio ambiente é menor, já que a obtenção dessa energia pode ser através de fontes primárias e/ou fontes renováveis.

Apesar da busca por novas tecnologias ser uma maneira eficiente de encontrar recursos para preservar o meio ambiente, a coleta seletiva está se revelando um processo ativo e eficaz, visto que é uma solução mais imediata para amenizar os impactos humanos sobre o meio ambiente, pois sua implementação não depende de grandes avanços tecnológicos. O sistema de recolhimento de material reciclável, além de recuperar matérias-primas que seriam retiradas do ecossistema, possibilita o reaproveitamento de materiais, reutilizando-os e transformando-os em novos produtos. De tal modo, a coleta seletiva é capaz de diminuir a exploração de recursos naturais, reduzir o desperdício por meio da reciclagem, diminuir a poluição e o desperdício, e gerar renda através do fortalecimento de organizações comunitárias e por meio da comercialização de produtos recicláveis. Esses benefícios contribuem para a redução do consumo de energia diminuindo os custos da produção e prolongando a vida útil dos aterros sanitários (Secretaria do Meio Ambiente, s.d.).

Neste sentido, a coleta seletiva pode ser considerada um processo de educação ambiental, já que coloca em destaque o problema da poluição causada pelo lixo. Essa conscientização move a comunidade a repensar a cerca do desperdício e das soluções que podem ser tomadas para preservar o ecossistema. Entretanto, vale ressaltar que, se a coleta dos materiais não for realizada separadamente e encaminhada para o local apropriado, a separação desses materiais não é proveitosa.

Em 2006, a presidência da república brasileira instituiu o decreto n° 5940 para regulamentar a prática da coleta seletiva de resíduos recicláveis pelos órgãos e entidades federais. Segundo tal decreto, a coleta seletiva solidária é definida como a separação de resíduos recicláveis na fonte para destinação às cooperativas de catadores de materiais recicláveis. As cooperativas beneficiadas devem ser constituídas apenas por catadores cuja única fonte de renda seja a catação, não podem possuir fins lucrativos, necessitam ter infraestrutura adequada para realização da triagem e precisam possuir um sistema de rateio entre associados e cooperados.

Nesse contexto, foi criado o Centro de Gestão de Resíduos na Universidade de Brasília, a fim de gerenciar todo o processo de descarte do resíduo produzido na universidade, desde a separação até a destinação às cooperativas de catadores. No campus universitário Darcy Ribeiro, veículos com motor a combustão interna passam por várias unidades de ensino recolhendo o material reciclável de contêineres apropriados para este fim. Este material, constituído principalmente por papel, é levado até uma área de destino provisório para ser retirado pela cooperativa de catadores associada à universidade, selecionada através de uma chamada pública.

De tal modo, visando não somente o desenvolvimento tecnológico, mas também o papel social e ambiental dos estudantes como futuros profissionais atuantes na área de tecnologia, o projeto objeto deste trabalho tem como principal objetivo o desenvolvimento de um protótipo de um veículo elétrico. Esse protótipo será destinado ao transporte do material reciclável descartado no campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília.

Por meio da interação de estudantes de diferentes áreas e níveis de conhecimento, este projeto visa uma formação profissional fundamentada pela aprendizagem colaborativa e pelo próprio processo de desenvolvimento do protótipo. Conhecimentos técnicos apreendidos durante o curso são aplicados; novos conhecimentos técnicos são buscados na solução de problemas ainda não estudados; aspectos não técnicos referentes à gestão da equipe e do projeto, expressão oral e escrita e relacionamento interpessoal são vivenciados; e, além disto, as questões econômicas, sociais e ambientais são discutidas para o estabelecimento dos critérios e premissas de projeto.

Atualmente, o projeto conta com uma equipe formada por 26 alunos advindos dos cursos de desenho industrial e das engenharias de computação, de produção, de software, elétrica, eletrônica, mecânica e mecatrônica. A relação de alunos por cursos é apresentada na Tabela 1. Os estudantes são devidamente supervisionados e apoiados por uma equipe de professores que acompanham de perto o desenvolvimento do projeto e dos próprios estudantes como futuros profissionais.

Tabela 1: Relação de estudantes por curso de graduação

Curso de graduação	Número de estudantes
Desenho industrial	4
Engenharia de computação	1
Engenharia de produção	1
Engenharia de software	1
Engenharia elétrica	3
Engenharia eletrônica	1
Engenharia mecânica	9
Engenharia mecatrônica	6

Por se tratar de um veículo de transporte de carga, o protótipo que está sendo desenvolvido foi projetado para ser uma unidade rebocadora. Assim sendo, sua versatilidade lhe permite adaptar diferentes unidades, como carretas comerciais ou de transporte de pessoas, além de apresentar a possibilidade de andar desacoplado. Visando, não somente o aumento da capacidade de carga, como também a redução de custos com o sistema de transmissão e com a regulamentação do veículo, optou-se por um veículo de três rodas, sendo duas dianteiras e uma traseira. Por ser um veículo destinado a serviço, terá capacidade para duas pessoas e poderá carregar cargas de até 700 kg no reboque. Com a finalidade de atender a demanda da Universidade de Brasília, a autonomia do protótipo será de 100 km e sua velocidade limitada a 75 km/h.

3 Método de trabalho

O gerenciamento e planejamento das atividades necessárias para o desenvolvimento do protótipo são realizados pelos próprios estudantes. A criação de um ambiente dinâmico e coeso baseado no aprimoramento de habilidades e conhecimentos, além do estimulo ao sentimento de consenso e confiança, aumenta a produtividade e garante a excelência na execução das tarefas (Almeida, 2003). Assim, os objetivos e estratégias do projeto foram utilizados com base para o desenvolvimento de uma estrutura organizacional adequada. Inicialmente, por meio de análise de currículo e entrevista, os professores orientadores escolheram dois estudantes para coordenar o projeto. Estes estudantes são responsáveis por organizar, planejar, direcionar e acompanhar as atividades desenvolvidas por cada membro da equipe.

3.1 Estrutura da equipe

Visando a criação de um ambiente propício para a realização de atividades em grupo e o desenvolvimento de uma equipe eficiente e eficaz, os coordenadores do projeto optaram por adotar uma estrutura organizacional mista, a fim de facilitar a identificação de funções, responsabilidades e atividades a serem desenvolvidas. Segundo Pichiai (2010), não existe uma estrutura organizacional ideal, por isso, a estrutura escolhida deve ser estabelecida de acordo com os objetivos traçados. Deste modo, os coordenadores dividiram a equipe em quatro sistemas principais: coordenação; mecânica; design; e energia, controle e automação. A fim de detalhar o estudo de todos os componentes do protótipo, cada sistema foi subdividido em sistemas menores. A Figura 1 é uma representação gráfica da estrutura funcional da equipe do projeto.

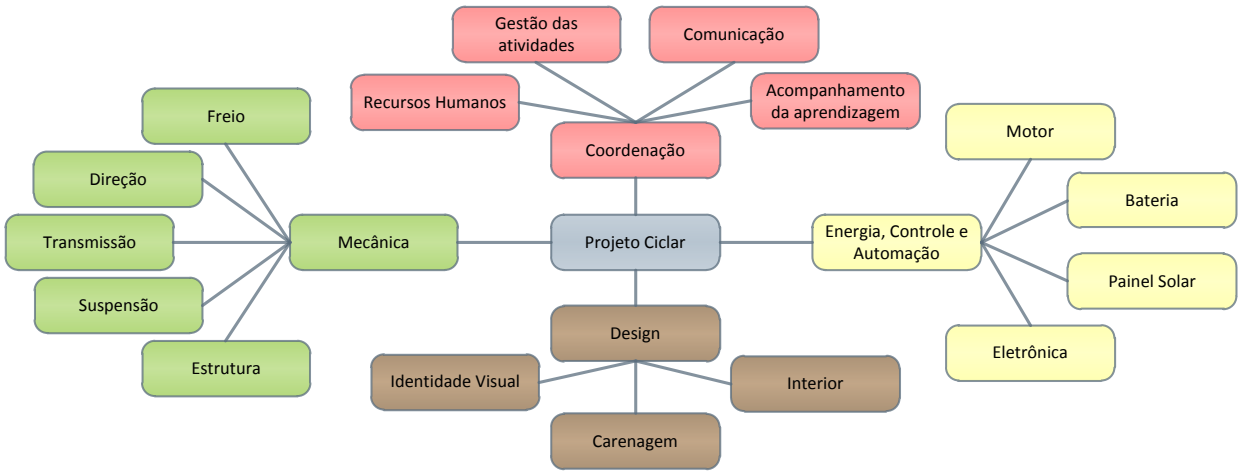


Figura 1: Estrutura organizacional do projeto baseada em áreas técnicas

Cada sistema apresentado possui um líder que avalia as metas individuais dos membros de sua área, identificando os pontos a serem melhorados. Sendo assim, a existência de líderes facilita na interação entre

as subequipes, visto que estes são responsáveis pelo andamento e controle de suas respectivas áreas. As relações hierárquicas da equipe do projeto são mostradas a seguir (Figura 2).

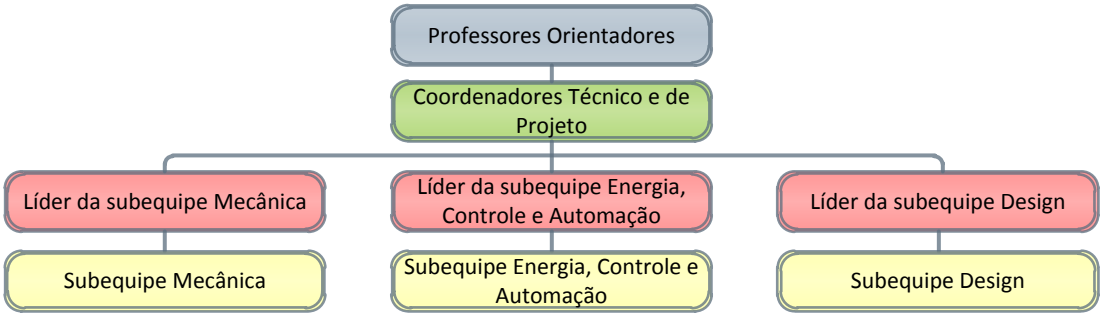


Figura 2: Relações hierarquias do projeto

3.2 Comunicação

A equipe do Projeto Ciclar é composta por estudantes de diferentes cursos e, por isso, a compatibilidade de horários é uma dificuldade que impacta negativamente sobre a coesão da equipe e deve ser devidamente gerenciada. O contexto social sofre constantes mudanças devido aos avanços tecnológicos, fazendo com que as possibilidades de comunicação também evoluam (Batista, 2006). Com efeito, foram escolhidas cinco ferramentas de comunicação versáteis e eficientes, que possibilitam o diálogo não presencial entre os membros. Estas ferramentas são: o Google Groups, o Dropbox, o Facebook, o Moodle e o SMS.

Ademais, reuniões gerais semanais são realizadas com todos os membros da equipe, a fim de estimular a integração das diferentes áreas e monitorar o andamento das atividades. No decorrer destas reuniões, acontecimentos semanais são relatados, problemas são informados e tarefas são passadas. Os assuntos específicos de cada área são tratados nas reuniões técnicas realizadas por cada subequipe. Além disso, a fim de acompanhar de perto o desenvolvimento do protótipo, também são realizadas reuniões com os professores envolvidos.

Por ser um projeto que abrange alta tecnologia, é necessário manter contato com empresas e pessoas desse meio. Assim, a equipe utiliza três principais fontes para manter o público externo informado: blog, página no facebook e twitter.

A Tabela 2 mostra os canais de comunicação utilizados para atender as estratégias estabelecidas de acordo com cada parte interessada.

Tabela 2: Quadro de estratégias de comunicação

Partes Interessadas	Coordenadores	Líderes	Subequipes	Professores	Público Externo	Patrocinadores
Coordenadores	Reuniões, SMS, dropbox	Reuniões, SMS, dropbox	Reuniões, SMS, facebook, google groups, dropbox	Reuniões, google groups	Blog, página do facebook, twitter, apresentações	E-mail, portfólio, página do facebook, twitter, reuniões, blog, apresentações
Líderes	Reuniões, SMS, dropbox	Reuniões, SMS	Reuniões, google groups, SMS, dropbox	Reuniões	X	E-mail
Subequipes	Reuniões, SMS, facebook, google groups, dropbox	Reuniões, google groups, SMS, dropbox	Reuniões, google groups	Reuniões, moodle	X	X
Professores	Reuniões, google groups	Reuniões	Reuniões, moodle	Reuniões, e-mail	X	Reuniões
Público Externo	Blog, página do facebook, twitter, apresentações	X	X	X	X	X
Patrocinadores	E-mail, portfólio, página do facebook, twitter, reuniões, blog, apresentações	E-mail	X	Reuniões	X	X

3.3 Gerenciamento de atividades

Por ser desenvolvido em um ambiente universitário, o planejamento das etapas de desenvolvimento do protótipo foram estrategicamente ajustadas ao calendário da Universidade de Brasília. Analisando-se a sequência das atividades, o tempo de duração, os recursos necessários e as restrições existentes, os coordenadores e os líderes das subequipes elaboraram o cronograma de atividades (Figura 3) necessárias para projetar e construir o veículo elétrico.

	2011								2012							
Atividades	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
Formação da Equipe																
Direciona-mento de estudos																
Desenvolvi-mento de projetos																
Definição de compras																
Construção dos compo-nentes mecânicos																
Instalações dos compo-nentes eletrônicos																
Acabamento																
Testes																
Entrega do Protótipo e do Relatório Técnico																

Figura 3: Cronograma de atividades

Vale ressaltar que os membros da equipe do projeto são vistos como os autores do protótipo do veículo elétrico, uma vez que os estudantes participam desde o desenvolvimento do projeto até sua concepção. A mobilização de competências para aprimorar a dinâmica que articula aprendizagem individual e coletiva permite a construção, análise e reconstrução de conhecimentos necessários para a concretização do projeto proposto.

Antes de começarem as construções, os sistemas do veículo são projetados e devidamente simulados. Após diversas análises, é possível otimizar e aprimorar os resultados obtidos. Após analisar as simulações de todos os componentes do veículo elétrico proposto, os estudantes aplicam na prática as habilidades teóricas desenvolvidas ao longo dos estudos. A Figura 4 mostra processos da etapa de simulação, do projeto e da construção do chassi do protótipo. A experiência de transformar os conhecimentos teóricos em capacidades práticas enriquece a formação acadêmica da equipe.

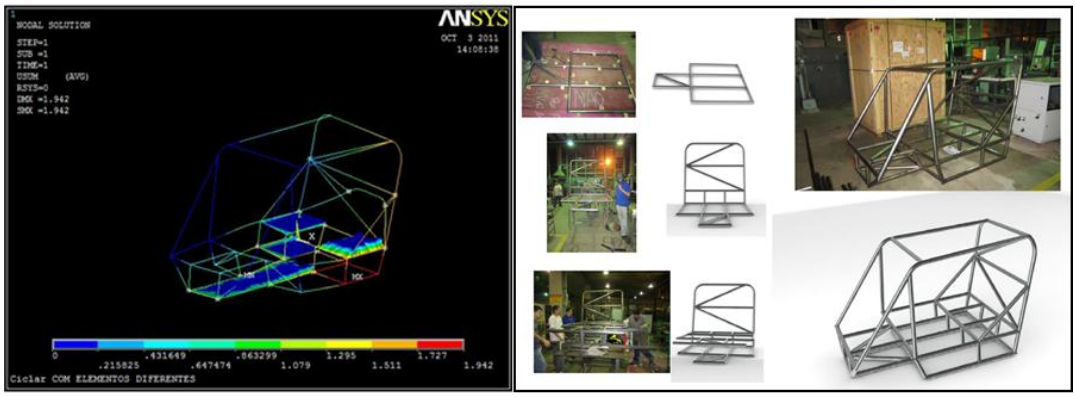


Figura 4: Simulação de deformação e comparação entre o projeto e a construção do chassi

4 Desenvolvimento de competências e indicadores de evolução

O ambiente promovido pelo projeto Ciclar propicia diferentes situações de aprendizagem aos estudantes, visto que envolve desde o planejamento até a construção de um veículo elétrico. Essas novas situações, além de incorporar novos objetivos e melhorar a formação profissional e pessoal, são responsáveis pelo desenvolvimento e aprimoramento de importantes competências técnicas e transversais (Paéz, 2011). Assim sendo, foi construído um quadro (Tabela 3) que avalia o desenvolvimento de 20 competências em relação a 13 situações que são vivenciadas no decorrer do projeto.

Tabela 3: Situações de aprendizagem segundo as competências desenvolvidas

Competências / Situações de Aprendizagem	Trabalho em equipe	Liderança	Automotivação	Responsabilidade	Criatividade e inovação	Raciocínio crítico na análise e valorização de alternativas	Capacidade de aprender autônoma	Planejamento e organização	Gestão de conflitos	Iniciativa	Resolução de problemas	Tomada de decisão	Relacionamento interpessoal	Comunicação oral	Comunicação escrita	Assimilação e aplicação dos conhecimentos	Estratégia de aprendizagem	Escutar os pontos de vista dos outros	Por ideias em pratica	Trabalho com incerteza
Graduação			x			x	x							x	x	x	x			
Material de apoio			x	x		x	x	x							x	x	x		x	
Divisão em sistemas	x	x	x	x		x		x	x		x	x	x				x	x	x	
Atribuição de tarefas e responsabilidades	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x
Planejamento de datas gerais	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x					x	x		x
Autonomia pessoal	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x				x	x	x	x	
Possibilidade de inovação	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x
Apresentações e reuniões	x		x	x	x			x		x	x	x	x	x	x			x		
Busca de recursos e sua destinação	x	x		x		x		x	x		x	x		x	x			x	x	x
Fabricação	x		x	x	x	x		x	x	x	x		x			x	x	x	x	x
Interação entre alunos de diferentes níveis de saberes	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x		x
Colocar em pratica conhecimentos teóricos adquiridos	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x			x	x	x	x	x
Cada aluno responde pelo resultado do seu próprio trabalho	x	x	X	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x		x

Neste contexto, o grau de aquisição e desenvolvimento de novas competências e a evolução da aprendizagem colaborativa foram avaliados por meio de dois recursos: o Cadastramento dos Integrantes e o Questionário de Avaliação individual. O primeiro explora os fatores que motivaram os estudantes a ingressar no projeto, já o segundo expõe a auto avaliação de cada membro acerca de sua atuação no âmbito do projeto.

4.1 Cadastramento dos Integrantes

Após passarem pelo processo seletivo, os novos membros da equipe preencheram um Cadastro, no qual apresentaram suas expectativas em relação ao projeto e os principais motivos pelos quais almejaram ingressar nesta experiência. Por apresentarem repostas similares, foi possível identificar oito principais fatores que determinaram a busca por um projeto interdisciplinar. Os principais elementos expostos pelos membros da equipe foram a oportunidade de desenvolver a capacidade de trabalhar em equipe e a transformação dos conhecimentos teóricos e práticos, expostos por mais de 58% dos participantes. A convivência com pessoas de diferentes áreas de conhecimento também foi um importante motivador, já que 50% da equipe apresentaram a expectativa e o anseio de trabalhar em um ambiente interdisciplinar. A Figura 5 representa graficamente a porcentagem de membros da equipe para cada um dos oito motivos identificados.

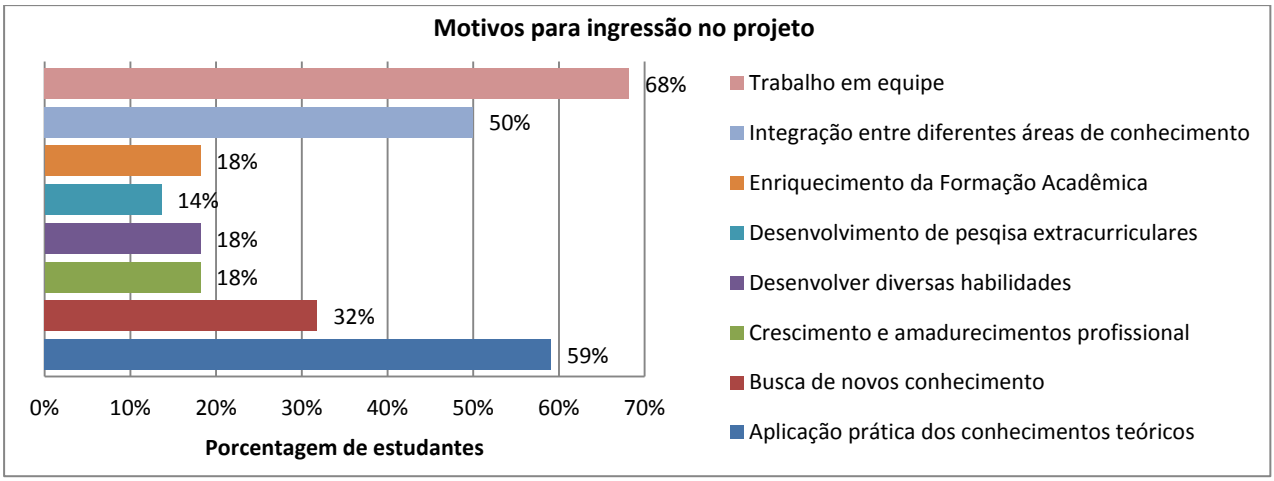


Figura 5: Gráfico de motivos para ingressão no projeto

4.2 Questionário de Avaliação

Com a finalidade de identificar se as expectativas apresentadas acima estavam sendo atendidas e, para acompanhar a evolução da aprendizagem, no mês de dezembro de 2011, foi realizado um Questionário de Avaliação com 20 membros da equipe. As perguntas exploradas no presente trabalho foram relacionadas a atuação e participação de cada estudante no âmbito do projeto. De tal modo, foram selecionadas sete questões, listadas a seguir, das quais os estudantes tinham que escolher uma das alternativas apresentadas: concorda muito fortemente, concorda fortemente, concorda, discorda, discorda fortemente, discorda muito fortemente.

Questão 1. Você interagiu com os demais membros da equipe, soube escutar e respeitar posições contrárias?
Questão 2. O desenvolvimento do projeto proporcionou o desenvolvimento da sua capacidade de análise?
Questão 3. Assumiu decisões dentro de seus limites, não comprometendo o ambiente de trabalho.
Questão 4. Teve interesse, entusiasmo e determinação na execução de suas atividades.
Questão 5. Teve capacidade de organização no trabalho, administrando prazos e prioridades.
Questão 6. Você ficou motivado em trabalhar em grupo?
Questão 7. Sua motivação foi contínua do início ao fim do trabalho?

O gráfico abaixo (Figura 6) mostra o número de estudantes de acordo com as alternativas de cada questão.

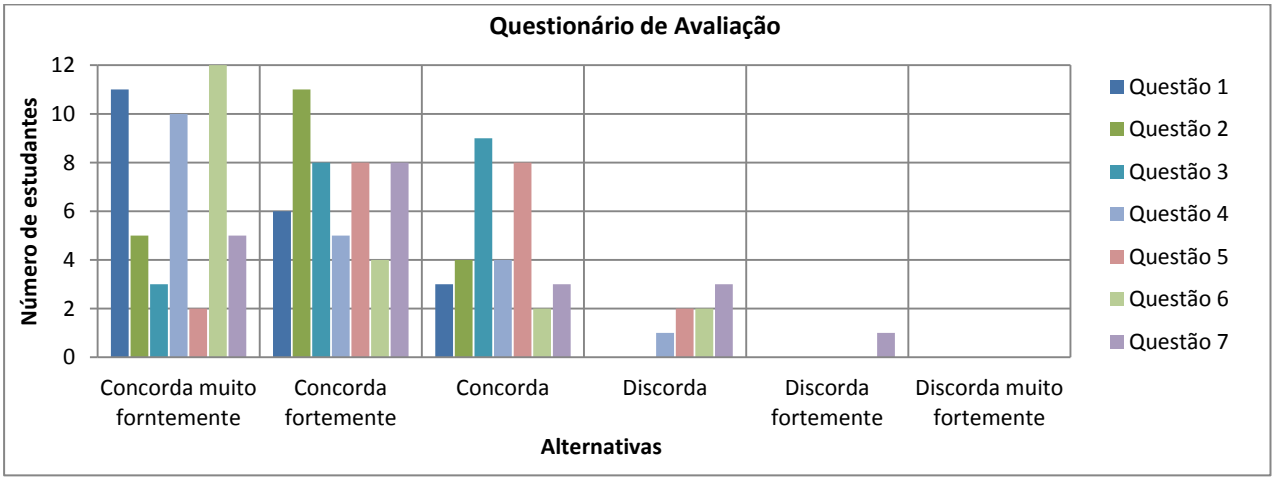


Figura 6: Representação gráfica do resultado do Questionário de Avaliação

A partir dos dados obtidos, é possível observar que a capacidade de trabalho em equipe, competência citada por cerca de 70% dos estudantes como fator motivador para ingressão no projeto, é explorada e aprimorada no decorrer do projeto, além de continuar se mostrando um estímulo para a equipe. A maioria dos estudantes concorda muito fortemente que houve interação entre os membros da equipe, o que evidencia o aprimoramento da capacidade de ouvir diferentes pontos de vista e de relacionamento interpessoal. As

capacidades de análise e de auto motivação foram apresentadas como habilidades das quais os estudantes acreditam fortemente que estejam sendo desenvolvidas. Esses fatores influenciam na assimilação e aplicação dos conhecimentos adquiridos ao logo do curso, valorizando as alternativas e ajudando na resolução de problemas. Vale ressaltar ainda que o incremento das competências de tomada de decisão e de planejamento e organização do tempo também são percebidos pelos estudantes, o que resulta no crescimento e amadurecimento profissional fundamentado na aquisição de responsabilidades.

5 Conclusão

A necessidade de trabalhar com grupos interdisciplinares faz com que a busca por novos métodos de aprendizagem se torne mais intensa. O desenvolvimento de competências baseando-se na troca de informações e de experiências é consequência da aprendizagem colaborativa apoiada por projetos interdisciplinares, que, com efeito, vem sendo cada vez mais propagada por especialistas da área de educação. Neste contexto, por meio das diferentes situações propiciadas pelo ambiente do projeto Ciclar, os estudantes envolvidos possuem a oportunidade de adquirir importantes competências técnicas e transversais, atendendo diversos cenários do mercado de trabalho. A interação entre estudantes provindos de diferentes cursos faz com que os conhecimentos e as capacidades profissionais sejam aprimorados. Esta comunidade de aprendizagem colaborativa visa gerar o entendimento e a compreensão da aplicação dos conhecimentos adquiridos por meio de atividades que desenvolvam e combinem recursos dos próprios membros. Neste sentido, o sucesso tanto do projeto em si como da aprendizagem colaborativa são diretamente influenciados pelo planejamento e acompanhamento de todas as etapas do processo de desenvolvimento do veículo.

Mediante pesquisas e entrevistas realizadas, foi possível constatar que o projeto está se mostrando eficaz no aprimoramento de habilidades e capacidades almejadas por engenheiros. Com efeito, fica evidente que a experiência de participar de um projeto interdisciplinar deste porte, desenvolvido em um ambiente universitário, complementa a formação dos estudantes envolvidos, visto que a troca de conhecimento e aprendizagens desenvolve diferentes competências técnicas e transversais almejadas por destes futuros profissionais.

Referências Bibliográficas

Almeida, M. E. B., Prado, M. E.B. (2003). Criando situações de aprendizagem colaborativa. IX workshop de informática na escola – WIE.

American Association for the Advancement of Science. (1989). Science for All Americans. Oxford University Press, New York.

Batista, L. J. C. (2006). Aprendizagem Colaborativa Mediada por Computador. Revista Colabora, CVA-RICESU, v.3, n.11, jul. 2006. ISSN: 1519-8529.

Decreto n° 5.940, de 25 de outubro (2006). Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos.

Johnson, D. W., Johnson, R. T., Smith, K. A. (1998). A Aprendizagem Cooperativa Retorna às Faculdades - Qual é a Evidência de que Funciona?. Change, v. 30, n. 4, p. 26.

Paéz, F. J., García, C., Álvarez, M. A., Herrero, J. J., Aparicio, F. (2011). La experiencia de la participación en el equipo UPM Racing para el desarrollo de la competencia de resolución de conflictos en equipos multidisciplinares. PAEE 2011 - International Symposium on Project Approaches in Engineering Education.

Picchiai, D. (2010). Estruturas Organizacionais – Modelos. Universidade Federal de São Paulo, Reitoria, Secretaria de Planejamento.

Secretaria do Meio Ambiente. (s.d.). Coleta seletiva – na escola, no condomínio, na empresa, na comunidade, no município. Governo do estado de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Torres, P. L., Alcantara, P. R., Irala, E. A. F. (2004). Grupos de Consenso: uma proposta de aprendizagem colaborativa para o processo de ensino-aprendizagem. Revista Diálogo Educacional, Vol. 4, n° 13, pp.1-17 Universidade Católica do Paraná, Paraná, Brasil.

Paper Session B4

Aprendizagem Ativa na Disciplina Eficiência Energética: um experimento metodológico

Danilo Pereira Pinto[*1], Francisco José Gomes[*1], Dinis Carvalho[*2], Natascha van Hattum-Janssen[*3], Rui M. Lima[*2]

[*1] Departamento de Energia, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Brasil
[*2] Departamento e Produção e Sistemas, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal
[*3] Centro de Investigação em Educação, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal

Email: danilo.pinto@ufjf.edu.br, chico.gomes@ufjf.edu.br, dinis@dps.uminho.pt, nvanhattum@iep.uminho.pt, rml@dps.uminho.pt

Abstract

Engineering education is an always present subject, correlated with the technology and production basis development. Active learning and engineering education are closely related areas, as the engineer is educated for designing solutions for real world problems demanding technical knowledge, skills and attitudes. Considering the educational process, some areas exhibit multidisciplinary characteristics and knowledge integration possibilities, allowing for new pedagogical experiments in the learning process. This work details a practical pedagogical experience based on a hybrid PBL-PjBL strategy applied to the Energy Efficiency discipline belonging to the Electrical Engineering course at UFJF.

Keywords: active learning; Problem Based Learning (PBL); Project Based Learning (PBL / PjBL); energy efficiency.

1 Introdução

A formação do engenheiro está se modificando em decorrência de alterações na sociedade e na relação dessa com os centros de formação profissional tentando acompanhar e, principalmente, antever as necessidades da sociedade, que se colocam como requisitos para os componentes do perfil profissional do engenheiro. ...

A formação dos profissionais em engenharia será sempre tema atual. O desenvolvimento da tecnologia e dos meios de produção é impulsionado pelo atendimento às necessidades da humanidade e pelas novas relações de produção, colocando novos desafios para os engenheiros, seja sob o ponto de vista tecnológico, seja sob o ponto de vista das consequências de suas ações sobre a sociedade e sobre o meio ambiente. Formar um profissional consciente e à altura desses desafios é tarefa que deve ser permanentemente revista.

A legislação brasileira atual para o setor traz em seu bojo a intenção de alterar a base filosófica do curso, focando na competência, e busca uma abordagem pedagógica "centrada no aluno com ênfase na síntese e na transdisciplinaridade". A Lei 9.394 de 20 de dezembro de 1996 (Brasil, 1996) estabeleceu as "Diretrizes e Bases da Educação Nacional" - LDB e a Resolução 11/2002 (MEC/CNE/CES, 2002) regulamentou as "Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia" - DCN.

Apesar desta base legal, o que ainda hoje vige, na grande maioria dos cursos de graduação em engenharia, no Brasil, é a visão da relação ensino/aprendizagem baseada na transmissão do conhecimento, na qual o aluno seria um mero agente passivo. A LDB e as DCN buscam mudar essa concepção, quando alteram o foco do processo de ensino/aprendizagem centrando-o no aluno, que passa então a ser agente ativo de sua formação, esperando-se que tenha papel ativo e responsável no processo de aprendizagem, chegando até a definir, inclusive, seu programa de estudos.

A aprendizagem ativa é considerada um conjunto de ações ou eventos, planejados de forma que os participantes,como parte integrante do processo educacional, se sintam motivados a processar, aplicar, interagir e compartilhar suas experiências (Florida State University, 2010). Pode-se dizer que é qualquer método instrucional que incorpore os estudantes no processo de aprendizagem; requer, portanto, que eles executem atividades significativas de aprendizagem e raciocinem sobre o que estão fazendo (Prince&. Felder, 2006).

Aprendizagem Ativa e Educação em Engenharia constituem um par natural, pois o engenheiro deve ser educado para projetar e construir soluções para os problemas do mundo real. Originalmente, o ato de educar, em engenharia, costumava ter ligações muito estreitas com a sua prática mas, de forma gradual, passou a reforçar, de forma progressiva, aspectos teóricos. Infelizmente, nos dias de hoje, a pedagogia dominante para a educação em engenharia ainda tem sido "o giz e o discurso", apesar de toda a pesquisa em educação demonstrar a sua ineficácia para construção do perfil profissional demandado pela sociedade atual, com as competências e atitudes associadas. Observa-se, felizmente, nos últimos anos, tentativas de reversão dessa tendência (Felder&Brent, 2003).

Muitos autores defendem que estratégias pedagógicas de Aprendizagem Ativa, tais como a Aprendizagem baseada em Problemas - **"***Problem-based Learning (PBL)***"** - e a Aprendizagem baseada em Projetos - **"***Project-oriented Learning (POL)***"** ou **"***Project-based Learning (PjBL)***"** – podem se configurar como metodologias naturais para a educação em engenharia, haja vista que se enquadram, de forma adequada, em sua prática. A aplicação dessas estratégias busca fornecer aos educandos ambientes de aprendizagem corretamente estruturados, que lhes permitam construir as bases para um aprendizado contínuo e, ao mesmo tempo, construir a combinação de conhecimentos, habilidades e atitudes integrantes das competências profissionais subjacentes à atividade do engenheiro.

As estratégias pedagógicas de Aprendizagem Ativa abarcam, dessa forma, grande leque de atividades que compartilham um elemento comum: envolver os estudantes no desenvolvimento de tarefas, de forma crítica e criativa, em um processo de reflexão sobre o que estão desempenhando (Bonwell & Eison, 1991).

O presente trabalho pretende apresentar, nesse contexto, as posturas metodológicas ativas adotadas na disciplina Eficiência Energética, do Curso de Engenharia Elétrica da UFJF, baseadas em uma estratégia híbrida PBL-PjBL. Devido às características dessa atividade acadêmica - multidisciplinar, integralizadora de conhecimentos, com conotação prática, dentre outras - verifica-se que ela constitui um campo fértil para experimentações de novas práticas metodológicas do processo de ensino-aprendizagem.

Suas características derivam do fato que o combate ao desperdício de energia é uma questão atual, importante, multidisciplinar, de grande visibilidade, e a disciplina tem por objetivo possibilitar que os alunos desenvolvam habilidades e competências para realização de projetos de eficiência energética, em instalações diversificadas. Abrange, assim, um conjunto de problemas (análise tarifária, iluminação eficiente, conforto térmico e lumínico, otimização de sistemas motrizes, automação e controle de processos, equipamentos/usos finais diversos, campanhas educativas, capacitação e disseminação de conhecimento de técnicas de uso eficiente) que possibilitam gerar, como resultado esperado, um projeto integrado de combate ao desperdício de energia.

O artigo está estruturado como segue: a seção 2 apresenta uma revisão conceitual sobre as metodologias ativas, a seção 3 discute as características da disciplina Eficiência Energética e as posturas ativas adotadas. As conclusões, na seção 4, encerram o trabalho.

2 Metodologias Ativas

A reformulação da formação do engenheiro coloca demandas por novas metodologias, posturas pedagógicas diferenciadas e visões da relação ensino-aprendizagem mais consistentes. A expressão "aprendizagem ativa", ou "métodos ativos de aprendizagem", vem recebendo atenção crescente dos educadores por constituir uma das respostas possíveis às novas demandas educacionais colocadas pela sociedade. Dentre essas, duas vêm ganhando maior visibilidade: a Aprendizagem Baseada em Problemas – PBL e a Aprendizagem Baseada em Projetos – PjBL.

2.1 Aprendizagem Baseada em Problemas - PBL

Trata-se de estratégia pedagógica centrada no estudante, na qual eles aprendem sobre o tema em um contexto de problemas reais, complexos e multifacetados. Trabalhando em equipes, identificam "o que já sabem, o que não sabem e o que precisam saber" (Krishnan, 2009) para chegar à uma solução/diagnóstico para o problema proposto. O papel do professor é o de facilitador da aprendizagem, fornecendo a estrutura adequada do processo através de perguntas de sondagem, fornecimento dos recursos apropriados, condução das discussões em classe, bem como planejando a sistemática de avaliação. O PBL difere do método educacional expositivo convencional na medida em que seu objetivo principal é propiciar uma aprendizagem ativa por parte do estudante; seu propósito é potencializar o desenvolvimento de competências essenciais para o sucesso do estudante.

Proposto na década de 70 pela Escola de Medicina da MacMaster University, no Canadá, o PBL (Samford, 2006) promove o engajamento efetivo do estudante com sua aprendizagem: a partir de situações colocadas pelos professores, os estudantes constroem seu próprio conhecimento buscando respostas para as situações apresentadas.

Sua matriz conceitual remonta ao pensamento filosófico de John Dewey e, para a conquista de seus propósitos educacionais, pode não eliminar totalmente as aulas expositivas convencionais, utilizando uma concepção híbrida (Noordin*et al.*, 2011); sua principal dinâmica, entretanto, ocorre a partir da discussão dos problemas, responsável pela construção do conhecimento sobre o tema específico abordado. A discussão dos problemas ocorre, geralmente, em sessões tutoriais, com formação de equipes de estudantes –

normalmente, 6 a 10 – que passam a ter o suporte de um professor ou facilitador. O procedimento pode utilizar uma divisão de responsabilidades entre os estudantes como, por exemplo, funções de coordenação e secretaria para o grupo. O problema a ser trabalhado deve apresentar algumas características específicas (Sockalingam, 2010) podendo ser apresentado pelo tutor ou selecionado pelo grupo, após o que se inicia o processo de produção, apreensão, organização, gestão, representação e difusão do conhecimento. A dinâmica do método PBL é constituída, de uma maneira geral, porém não obrigatoriamente, (Deslile, R., 1997), por sete passos, responsáveis por orientar o grupo para a solução dos problemas apresentados (Bound, D. & Feletti, G., 1998; Duch, B., Groh, S. E. & Allen, D. E. , 2001; Pinto, G. R. P. R. & Burnham, T. F., 2010; Pinto, G. R. P. R.; Burnham, T. F.& Pereira, H. B. B., 2009).

Conforme Ribeiro e Misukami, (Ribeiro, L. R. C & Mizukami, M. G. N., 2004) existem distintas maneiras de se realizar PBL, porém seu núcleo comum engloba a apresentação de um problema aos alunos, em torno do qual organizam suas ideias, em grupo, procurando compreendê-lo e solucioná-lo com o conhecimento que já possuem. A seguir destacam questões com base no que não compreenderam e planejam uma distribuição de tarefas visando esclarecê-las para, então, compartilharem com o grupo, integrando os novos conhecimentos, relacionando-os com o contexto do problema. Finalmente, realizam sua auto-avaliação, a avaliação dos colegas e do processo vivenciado.

2.2 Aprendizagem Baseada em Projetos - PjBL

Embora existam muitas semelhanças entre a estratégia PBL e a PjBL, a literatura considera, em geral, que esta última consiste em uma postura pedagógica na qual grupos de estudantes efetuam o desenvolvimento de um projeto para resolver problemas realistas e/ou situações reais da vida profissional, ou que a emulam (Thomas, 2000). Essa abordagem possibilita o aprendizado da interação necessária ao trabalho em equipe, tanto entre seus membros como com o ambiente onde estão inseridos, o fortalecimento das habilidades, a aquisição dos conhecimentos técnicos, o desenvolvimento de atitudes e comportamentos que lhes permitam lidar com os ambientes de trabalho, após a conclusão dos estudos (Noordin, M. K.; Nasir, A. N.; Ali, D. F. & Nordin, M. S., 2011).

No geral, pode-se dizer que consiste em um método de ensino que envolve os alunos no aprendizado através de atividades de pesquisa/desenvolvimento, onde trabalham de forma autônoma e colaborativa, sob a supervisão de um tutor, ao longo de um período de tempo, em torno de tarefas complexas, resultando em produtos realistas.

3 A Disciplina Eficiência Energética

A Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, com o objetivo de modernizar o currículo de seu curso de engenharia elétrica, e seguindo as diretrizes delineadas no seminário "PROCEL nas IES" – 2000, realizado pela Eletrobrás, oferece, desde 2001, a disciplina Eficiência Energética, de caráter eletivo, com carga horária de 60 horas/aula, para alunos a partir do sétimo período do Curso de Engenharia Elétrica (Pinto, & Braga, , 2007). Esta atividade acadêmica está sendo desenvolvida em consonância com as novas LDB (Brasil, 1996) e DCN (MEC/CNE/CES, 2002) como uma atividade integralizadora de conhecimentos. Os objetivos instrucionais para a disciplina contemplam o desenvolvimento de habilidades e competências dos alunos para realizarem projetos de eficiência energética, propondo ações que conduzam ao funcionamento eficiente das instalações, à redução no consumo de energia e adequação às normas técnicas, modernizando as instalações e processos, potencializando as vantagens competitivas dos equipamentos tecnologicamente mais eficientes e sendo capazes de atuar na sociedade como multiplicadores de uma cultura de combate ao desperdício de energia elétrica.

Um importante aspecto a ser destacado é a inter-relação do conteúdo dessa atividade acadêmica com outros conteúdos de disciplinas do currículo do curso de Engenharia Elétrica da UFJF, a saber: Introdução à Engenharia Elétrica, Laboratório de Eletrotécnica, Instalações Elétricas, Eletrotécnica Industrial, Medidas Elétricas, Eletrônica de Potência, Máquinas Elétricas, Materiais Elétricos, e Controle de Processos Industriais. Há também evidente inter-relação com disciplinas ligadas à área de eletricidade dos Cursos de Engenharia Civil e Produção e da área de conforto ambiental e projetos de arquitetura do Curso de Arquitetura e Urbanismo.

Desde sua implantação, a disciplina é trabalhada em dois momentos: exposição e discussão dos conteúdos essenciais e desenvolvimento de atividades práticas. Na discussão dos conteúdos utilizam-se palestras, aulas expositivas e discussões em grupo, buscando sempre o envolvimento e a participação de todos. Já na fase de atividades laboratoriais procura-se, através de experimentos simples e idealizados pelos próprios alunos, aprofundar e reforçar os conhecimentos associados às discussões em grupo, evitando experimentos

focados e pré-determinados, pois a diretriz do curso é que o aluno identifique um problema e, a partir das situações analisadas, procure viabilizar soluções possíveis, inclusive de maneira prática. Complementam esta fase visitas técnicas às instalações industriais, onde se pode exercitar o conhecimento que foi apropriado.

Devido às características da disciplina Eficiência Energética - multidisciplinar, integralizadora de conhecimentos, de ementa aberta - verifica-se que ela constitui campo fértil para experimentações de novas práticas metodológicas no processo de ensino-aprendizagem. A questão energética constitui importante problema atual, real, não estruturado, complexo, multidisciplinar, abrangendo um conjunto de conteúdos (análise tarifária, iluminação eficiente, conforto térmico e lumínico, otimização de sistemas motrizes, automação e controle, equipamentos/usos finais diversos, campanhas educativas, capacitação e disseminação de conhecimento de técnicas de uso eficiente etc.). Essas condições possibilitam uma proposta integralizadora de conhecimentos, com soluções abertas, nem sempre consensuais; o resultado destas visões pode ser apresentado como um projeto de combate ao desperdício de energia.

3.1 Bases Conceituais

Uma experiência metodológica de aprendizagem ativa, fundamentada em uma estratégia híbrida PBL/PjBL (Noordinet al.., 2011), foi proposta então para a disciplina "Eficiência Energética", no segundo semestre de 2011, abrangendo um total de 18 alunos. Utilizou-se, nesta experiência, uma postura híbrida, envolvendo tanto aulas expositivas, apresentação de um problema, discussões em grupos, realização de um projeto sobre o tema e procedimentos de auto-avaliação. Um aspecto a destacar foi a discussão com os alunos da nova metodologia proposta, a justificativa de sua utilização e os objetivos instrucionais desejados para o curso buscando, dessa forma, trabalhar com os alunos a meta-cognição da aprendizagem, fator esse que fortalece o processo de construção do conhecimento.

A primeira etapa na estruturação da nova postura foi buscar procedimentos adequados à utilização no curso, considerando as características de seu conteúdo, os objetivos instrucionais pretendidos, o histórico do curso e a infra-estrutura disponível. Embora não sejam consensuais as alternativas do processo ensino-aprendizagem para aquisição do conhecimento técnico, reforço das competências e atitudes integrantes do perfil profissional, algumas possibilidades são encontradas na literatura, associadas às diferentes estratégias (Lopez, 2007; Felder& Brent, 2003) que fornecem um referencial básico para a estruturação das ações.

Tabela 1: Comparativos entre o PjBL e o PBL

Área	PjBL	PBL
Objetivos	Desenvolver e reforçar as competências técnicas e transversais e fornecer uma prática real da engenharia para os estudantes	Reforçar as competências transversais dos estudantes
Produto Final	Os produtos finais guiam os estudantes para uma visão e compreensão do processo de produção, planejamento e avaliação	Os produtos finais podem ser mais simples, como, por exemplo, relatórios técnicos
Conhecimento	Mais direcionado à aplicação do conhecimento	Mais direcionado à construção do conhecimento
Processo de Aprendizagem	Processo de aprendizagem mais focado no desenvolvimento de produtos	Foco primário do aprendizado sobre os processos de pesquisa e questionamento
Problemas	Aparecimento de um conjunto de problemas à medida que os estudantes, implicitamente, verificam nos projetos que competências de solução de problemas são necessárias. Estudantes têm que aprender a formular problemas.	Estudantes iniciam o processo com um problema claramente descrito sendo necessário construir um conjunto de soluções e conclusões
Avaliação	O sucesso do PjBL é avaliado através das competências adquiridas durante o processos de desenvolvimento do produto	Sucesso do PBL é avaliado através da efetividade da solução final proposta
Implementação	Geralmente mais associado à educação em engenharia e instrução em ciências. Envolve um conjunto de equipamentos, softwares e laboratórios para desenvolvimento do produto final	Extensamente utilizado na educação médica e outras práticas profissionais. Pode ser implementado com pouco, ou quase nenhum, equipamento e infraestrutura
Tempo e recursos	Desenvolvimento do projeto exige tempo e recursos, por vezes limitados. Estudantes devem saber como manejá-los adequadamente de forma a finalizar o projeto no cronograma	Não exige muito tempo e os recursos podem ser obtidos mais facilmente

Buscou-se, então, práticas metodológicas que possibilitassem alcance efetivo dos diversos componentes do perfil profissional focando, principalmente, nos procedimentos de PjBL e PBL, dado sua ampla utilização e

resultados reportados na literatura. Há que se ressaltar, novamente, que as práticas executadas, e suas análises conceituais, não são necessariamente convergentes no tocante às características distintivas dos dois métodos. Uma visão simplificada, porém objetiva, pode ser encontrada em Noordin*et al.* (2011), e mostrada na Tabela 1. Essas análises, associadas às condições objetivas de infraestrutura existente, bem como às características da disciplina, conduziram então à proposta de adoção de uma postura híbrida, combinando aspetos destacados das estratégias PjBL e PBL, haja vista que se mostraram apropriadas às condições da disciplina.

3.2 Implementação

O projeto foi iniciado com dinâmicas e palestras expositivas, seguidas de discussão com os alunos, e não focadas nos conteúdos técnicos da disciplina: discutiu-se questões associadas à educação em engenharia na atualidade e estratégias educacionais para construção desse novo perfil profissional, a relação histórica da humanidade com a energia, a sustentabilidade e as perspetivas (preocupantes!) para futuro imediato, conceitos basilares sobre gestão de projetos e, inclusive, realização de jogos motivacionais permitindo aos alunos interagir e refletir os problemas em grupo, trabalhar a confiança, o estímulo à cooperação e a importância de uma comunicação clara.

A idéia subjacente à estas atividades introdutórias foi induzir a criação de um espaço de discussão, reflexão e construção do conhecimento que propiciasse uma visão diferenciada dos alunos (e também dos professores envolvidos) sobre a proposta apresentada que, de certa forma, alterou radicalmente paradigmas consolidados do curso de engenharia elétrica.

Embora a disciplina tenha características multidisciplinares, com parte substancial do conteúdo necessário sendo coberto por outras disciplinas, existem tópicos específicos, necessários à compreensão e execução de ações no combate ao desperdício de energia, que devem ainda ser abordados no curso como conceitos e metodologia de projeto de combate ao desperdício de energia, oficinas de campanha educativa, sistemas de iluminação eficiente, análise tarifária e legislação do ICMS. Como forma de motivação e indução das discussões sobre estes tópicos, os alunos foram então apresentados ao problema principal, real, que consistiu no desperdício de energia em uma unidade do Campus da UFJF. A situação foi colocada da seguinte forma: "A Prefeitura Universitária detetou consumo excessivo de energia em algumas unidades do Campus. Que diagnóstico pode ser efetuado para este desperdício e que soluções podem ser encontradas para minimizar o problema?". Seguiu-se então o trabalho com estes tópicos, que foram abordados através de aulas expositivas, discussão nos grupos, oficinas, solução de exercícios práticos e seminários, para o que os alunos foram divididos em 4 grupos, formação essa que se manteve ao longo do curso.

Os grupos, na sequência, analisaram então as instalações selecionadas buscando detectar razões do desperdício energético e formas de combatê-lo, bem como identificar medidas propositivas técnicas e comportamentais para aumento da eficiência energética da unidade apresentando, ao final, seu diagnóstico. Dois grupos realizaram estudos no restaurante universitário da UFJF, um grupo focou seus trabalhos no galpão da Pós-Graduação do Curso de Engenharia Elétrica e o último analisou o prédio da Biblioteca Central onde se localiza a Reitoria (biblioteca e área administrativa). Os trabalhos foram desenvolvidos em grupos e os diagnósticos apresentados em um seminário, em forma expositiva, onde foram discutidos com os demais grupos e com os três professores participantes do projeto; os resultados finais foram utilizados para gerar um Relatório Preliminar, elaborado por cada grupo. Estas atividades consumiram cerca de metade do período letivo.

O projeto entrou então em sua segunda fase, onde cada grupo ficou responsável pela elaboração de um projeto de combate ao desperdício de energia, tendo como base o diagnóstico e proposições efetuadas para cada unidade da UFJF. Os grupos trabalharam o restante do período letivo (cerca de dois meses) para elaborar e detalhar o projeto executivo de intervenção nas unidades diagnosticadas buscando combater o desperdício energético. Ao final do trabalho foi realizado um seminário onde cada grupo efetuou a exposição e defesa de seu projeto, discutindo-o com os demais grupos e professores envolvidos.

Coerente com a nova proposta para a disciplina, o sistema de avaliação também foi radicalmente alterado, passando a incluir avaliações formativas e somativas, além de auto-avaliações periódicas por parte dos alunos, considerando o desempenho individual, freqüência e assiduidade, bem como as do seu grupo, além de avaliação da metodologia aplicada e impressões sobre o processo de aprendizagem.

4 Conclusões

O trabalho relata a implementação de uma estratégia de aprendizagem ativa, com características híbridas, envolvendo aspectos correlacionados tanto ao PBL quanto ao PjBL, em suas formas tradicionalmente

utilizadas. A estrutura multidisciplinar da disciplina Eficiência Energética, onde a estratégia foi utilizada, possibilitou a estruturação da proposta que, em nossa visão, apresentou dois momentos distintos, porém interligados e complementares: inicialmente, a colocação de um problema real, aberto e complexo, permitindo que ações, tipicamente associadas à estrutura tradicional do PBL, fossem utilizadas, tais como discussão e clarificação do problema, focalização do problema, trabalho em grupo, auto-aprendizagem, apresentação dos resultados, entre outros (Kolmos, 2009). Utilizou-se, a seguir, uma postura mais identificada com a estratégia do PjBL, onde os alunos, também em grupos, desenvolveram projetos executivos de combate ao desperdício de energia, a partir dos resultados obtidos na primeira etapa. Pode-se relacionar, associada a esta fase, ações como estabelecimento final do projeto, suas implicações, o desenvolvimento do projeto, estabelecimento do cronograma de ações, definição de responsabilidades e recursos e defesa do projeto (Noordin, Nasir, Ali,& Nordin,., 2011).

Uma análise preliminar dos resultados obtidos pode ser efetuada baseando-se nos três componentes críticos associados ao PBL (Masek, A. & Yamin, S., 2010) e que são o formato e a estrutura dos problemas colocados (Wee, 2004; Hung, 2006; Sockalingam, 2010), o papel dos tutores (Wee, K.N.L, Alexandria, M., Kek, Y.C., & Mattehew S. H.C., 2001; Walsh, 2005;) e as estratégias de avaliação (Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P., & Segers, M, 2005; Olds, B. M.; Moskal, B. M.& Miller, R. L. , 2005).

Embora a análise dos problemas adequados à estratégia PBL envolva alguma complexidade, pode-se utilizar pontos consensuais da literatura que apontam para características como autêntico, complexo, aberto, temático e de solução possível, dentro da capacidade dos estudantes (Wee, 2004). Nesse aspecto, a questão colocada sobre o desperdício energético adéqua-se às características citadas, haja vista que constitui questão atual, real, complexa, com soluções não fechadas e dentro da capacidade técnica prevista para os estudantes. Adicionalmente, o fato de o problema ter sido estruturado a partir do desperdício energético de instalações reais da universidade serviu como motivador adicional para os estudantes, que vislumbraram questões práticas da atividade do engenheiro, comprovada nas avaliações por ele efetuadas, onde colocaram observações como "*..o projeto foi interessante, pois permitiu avaliar o consumo de uma grande instalação*", "*...conteúdo bem aplicável na prática...*", "*permitiu uma vivência mais próxima da realidade existente no mercado de trabalho*" e "*melhor absorção de conhecimento técnico, sendo mais voltado para problemas da vida real*", dentre outras.

O segundo aspecto de importância refere-se à postura dos professores tutores, ou facilitadores, e sua forma de inserção nos processos. Neste aspecto, há que se destacar que suas experiências prévias com os procedimentos de educação ativa e tutorial (Pinto, D. P. & Gomes, F. J., 2010; Gomes, F. J. & Silveira, M. A, 2007; Gomes, 2008;Gomes, 2010; Gomes F. J., Pinto, D. P. & Casagrande, C. G, 2011; Gomes, F. J. & Pinto, D. P, 2008) forneceram uma base que facilitou sobremaneira a implementação da nova estratégia, auxiliando o desenvolvimento das atividades necessárias ao alcance dos resultados esperados para a disciplina. Os tutores agiram sempre de forma a supervisionar e orientar o trabalho dos grupos, funcionando como elemento de auxílio no traçado de estratégias de estudo, de questionamento e "provocação" do andamento dos trabalhos, de suporte e orientação nos assuntos técnicos necessários à realização do trabalho e, fundamentalmente, como indutores dos processos de avaliação formativa ocorridos ao longo dos trabalhos. É interessante registrar a percepção pelos alunos, nas avaliações efetuadas ao final do curso, que a nova proposta "*exige muito mais tempo e dedicação do aluno e do professor...*" bem como o impacto causado pela nova postura do professor pois alguns alunos, acostumados às posturas tradicionais expositivas, registraram a "*falta de um professor passando as instruções em detalhes, em aulas expositivas*", bem como "*que o conteúdo foi mais pesquisado por eles mesmos, com o professor pouco ensinando*".

O terceiro aspecto, de suma importância, refere-se ao processo de avaliação utilizado, onde foram combinados procedimentos formativos e somativos, bem como auto-avaliações. Buscando garantir resultados realistas dos processos avaliativos, houve a preocupação de manter os alunos bem informados e conscientes sobre os objetivos instrucionais desejados, principalmente sobre as competências transversais e atitudes, geralmente negligenciadas nos cursos expositivos tradicionais. As diversas colocações, análises e comentários dos alunos, somados às avaliações dos professores tutores, evidenciam que, ao menos parcialmente, os resultados almejados foram alcançados:*"...método bem eficiente, necessário até, pois estimula a pensar envolvendo problemas práticos de engenharia", "proporcionou obstáculos que foram vencidos, permitindo uma vivência mais próxima da realidade"* e que as atividades propostas *"estimulam o senso crítico e a observação, características essenciais ao trabalho do engenheiro"*.

Pontos destacados das avaliações e impressões dos alunos revelam que os impactos no processo de aprendizagem, considerando não só a aquisição do conhecimento, mas também o reforço e desenvolvimento das competências transversais, colocadas como objetivos instrucionais, foram alcançados: ""*A metodologia didática PBL é uma alternativa de educação interessante pois promove um envolvimento mais intenso entre o aluno e a disciplina, tirando-a de um patamar distante, que é o de uma simples matéria acadêmica, e*

recolocando-a em um nível mais elevado, fazendo dela um degrau indispensável para a formação do acadêmico"; "...mostra a visão que todos os graduandos precisam ter com relação ao futuro, pois muitas vezes o foco do curso se torna muito restrito à parte teórica, esquecendo-se que na vida profissional, os problemas que vão surgir são totalmente diferentes..."; **"***com a nova metodologia ocorreu melhor absorção de conhecimento técnico, sendo mais voltado para problemas da vida real e adquirindo outros tipos de conhecimentos, dentre eles, o trabalho em equipe, que envolve comunicação, liderança, responsabilidade***"**.

Todos os alunos concordaram que houve participação satisfatória nos trabalhos do grupo e que todos se esforçaram para atingir os objetivos e metas traçadas: "*..o grupo participa de forma dinâmica no projeto, executando tarefas nos prazos estabelecidos e utilizando uma linguagem clara e objetiva em nossas apresentações"; "..a gestão de conflito, liderança e cooperação entre grupos foram vivenciados em vários momentos"*.

Na visão dos responsáveis pela implementação da nova estratégia proposta para o curso, as respostas dos alunos são um indicativo que a estratégia/metodologia adotada na disciplina Eficiência Energética tornou-os mais ativos no processo de ensino-aprendizagem e lhes atribuiu uma carga de trabalho adicional. Apesar dessa carga adicional, eles demonstram em suas respostas que se sentiram mais estimulados e desafiados e, além disso, puderam desenvolver atividades da prática diária da profissão, na solução de problemas reais, com solução de conflitos; busca análise e escolha das melhores soluções; gerenciamento de recursos/equipamentos e tempo, o que estimula a continuidade do procedimento.

Referências Bibliográficas

Brasil (1996). Lei No 9.394 de 20 de dezembro de 1996. Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial da União, Brasília, 23 dez. 1996, v.134, n. 248,seção 1, p. 27834-27841.

Bonwell, C., &Eison, J. (1991). Active learning: Creating excitement in the classroom (ASHE-ERIC Higher Education Report No. 1). Washington, DC: George Washington University. Abstract online at http://www.ed.gov/databases/ERIC_Digests/ed340272.html

Bound, D. &Feletti, G. (1998).The challenge of Problem-Based Learning.Kongan, 1998.

Deslile, R. (1997). Use Problem-Based Learning in the classroom. Virginia: ASCD, 1997.

Duch, B., Groh, S. E. & Allen, D. E. (Editores) (2001). The power of Problem-Based Learning. Virginia: Stylus Publishing,

Felder, Richard M. & Rebecca Brent (2003). Designing and Teaching Courses do Satisfy the ABET Engineering Criteria, Journal of Engineering Education, 92(1), pag. 7-25.

Florida State University (2010). Instruction at FSU: A Guide to Teaching and Learning Practices. Center for Teaching & Learning, 6th edition, Florida State University.

Gijbels, D., Dochy, F., Van den Bossche, P., &Segers, M. (2005). Effects of problem-based learning: A meta-analysis from the angle of assessment. Review of educational research, 75, 27–61.

Gomes, F. J. & Silveira, M. A (2007) Experiências Pedagógicas In: Manual de Automação e Controle, Sociedade Brasileira de Automática, p. 35-56, São Paulo

Gomes, F. J. (2010) Educação Tutorial: Estratégia para Fortalecer Conteúdos, Construir Competências e Desenvolver Habilidades In: Educação em Engenharia: Evolução, Bases, Formação. Ed .Juiz de Fora : DI Gráfica Editora, , v.1, p. 1-2.

Gomes, F. J. (2008) Educação Tutorial: como praticá-la? In: Programa de Educação Tutorial: estratégia para o desenvolvimento da graduação Ed. Brasília : Brasil Tropical, p. 61-68.

Gomes F. J., Pinto, D. P. e Casagrande, C. G (2011). Aprendizagem Ativa no Curso de Engenharia Elétrica da UFJF: Resultados de uma Experiência, XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2011, 3-6 outubro, Blumenau

Gomes, F. J., Pinto, D. P. (2008) El Papel de los Laboratorios en el Proceso de Educación en Ingenieria de Control Automático: Estudio de Caso de una Implementación Concreta In: XIII CongresoLatinoamericano de Control Automático – XIII CLCA, , Merida - Venezuela. Analesdel XIII CongresoLatinoamericano de Control Automático – XIII CLCA.

Hung, W. (2006). The 3C3R model: A conceptual framework for designing problem in PBL. Theinterdisciplinary journal of problem based learning, 1 (1), 55-75.

Kolmos, A. (2009). Problem-Based and Project-Based Learning Institutional and Global Change.In O. Skovsmose et al. (eds.), University Science and Mathematics Education in Transition, pp. 261-280.

Krishnan, Siva. (2009). Student Experiences of Problem-Based Learning in Engineering: Learning Cultures of PBL Teams Doctor Thesis, School of Education, Victoria University, Melbourne, Australia

López, David et al. (2007). Developing Non-technical Skills in a Technical Course.In 37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, pp. F3B 5-10.

Masek, A. &Yamin, S. (2010). Problem Based Learning Model: A Collection from the Literature. Asian Social Science, Vol. 6, No. 8, p. 148-156.

MEC/CNE/CES (2002).Resolução CNE/CES 11 de 11 de março de 2002. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de abril de 2002, seção 1, p. 32.

Noordin, M. K.; Nasir, A. N.; Ali, D. F.; Nordin, M. S. (2011). Problem-Based Learning (PBL) and Project-Based Learning (PjBL) in engineering education: a comparison. Proceedings of the IETEC'11 Conference, Kuala Lumpur, Malaysia,

Olds, B. M.; Moskal, B. M.; Miller, R. L. (2005) Assessment in Engineering Education: Evolution, Approaches and Future Collaborations Journal of Engineering Education, January, p. 13-25

Pinto, G. R. P. R. & Burnham, Teresinha Froes (2010). Recursos educacionais e estratégia para motivar a aprendizagem de estudantes de engenharia em disciplinas humanísticas. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (Sessão Dirigida), 2010, Fortaleza. COBENGE2010, 2010.

Pinto, G. R. P. R.; Burnham, T. F.; Pereira, H. B. B. (2009). Uma interpretação do PBL baseada naperspectiva da complexidade. In: XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2009, Recife. Anais.XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2009.

Pinto, D. P. & Braga, H. A. C. (2007). The Discipline and the Energy Efficiency Laboratory (LEENER): Formation, Development and Transference of Technology for the Combat to the Energy Waste. In: Powereng 2007, Setúbal, Portugal, 2007

Pinto, D. P. & Gomes, F. J. (2010) Laboratórios Integrados para Controle de Processos e Análise da Eficiência Energética de Sistemas Industriais In: Educação em Engenharia: Evolução, Bases, Formação ed.Juiz de Fora : Fórum Mineiro de Engenharia de Produção, v.1, p. 1-248.

Prince, M. J & Richard M. Felder (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. Journal of Engineering Education, April.

Ribeiro, L. R. C; Mizukami, M. G. N. (2004). Uma implementação da aprendizagem baseada em problemas (PBL) na pós-graduação em Engenharia sob a ótica dos alunos. Semina: Ciências Sociais e Humanas. Londrina, v.25, p.89-102, 2004.

Samford (2006).Samford University PBL homepage. Disponível em: <http://www.samford.edu/pbl/history.html>. Acesso em: junho de 2006.

Sockalingam, N. (2010) Characteristics of Problems in Problem-Based Learning, Doctor Thesis, Erasmus University Rotterdam

Thomas, J. W. A (2000).Review of Research on Project-Based Learning.<Disponível em http://www.bie.org/research/study/review_of_project_based_learning_2000>Acessado em 20/10/2011

Walsh, Allyn. (2005). The Tutor in Problem Based Learning: a Novice's Guide, McMaster University, Faculty of Health Sciences, Hamilton, Canada.

Wee, K.N.L, Alexandria, M., Kek, Y.C., &Mattehew Sim, H.C. (2001). Crafting effective problems for problem based learning. Proceeding of 3rd Asia pasicif conference on PBL.Australia: Australiasian Problem Based Learning Network.

Wee, K.N.L. (2004). Jump Start Authentic Problem based learning. Singapore: Prentice Hall Pearson Education South Asia Pte.Ltd.

A responsabilidade socioambiental estimulada através da metodologia PBL: uma experiência na região Amazônica no Ensino de Engenharia

Samara P. da Silva*, Hortência N. dos Santos*, Davi B. C. da Silva*, Diorge de S. Lima*,
M.Sc. Wellington da S. Fonseca*, M.Sc. Vicente Ferrer P. Aleixo*

*Universidade Federal do Pará, Campus Tucuruí, 68464-000, Tucuruí, Brasil

Email: samara.pereira@tucurui.ufpa.br, hortencia.santos@tucurui.ufpa.br, davi.silva@tucurui.ufpa.br, diorge.lima@tucurui.ufpa.br, fonseca@ufpa.br, ferrer@ufpa.br

Abstract

In this article are presented the results from the first experience using the PBL method (Project Based Learning) at the Federal University of Para, Campus Tucuruí, located in the Amazon region. Bearing in mind that one of the problems troubling the Amazon and the world is the improper disposal of waste causing harm to the environment and consequently to society, was began a environmental education in the University via the Extension Project Laboratório de Engenhocas, which consists in use of recycled materials for the preparation of physics experiments. Knowing the advantages of PBL, was applied the method in the disciplines of Experimental Laboratory, of Course of Mechanical Engineering, and Experimental Physics Applied I, of Civil Engineering, being the experience conducted by teachers and students of the Laboratório de Engenhocas, with the participants of the project accompaning the students of the disciplines in the physics experiments. Was requested to one of the classes the presentation of projects, at the end of the course, related to the subjects taught using recycled materials, serving as a criterion for evaluation. There was acceptance by certain aspects: the use of low cost materials, a fact that helped in the execution of some experiments, and also the ease of playback of the experiments in extra time, which was not possible with the equipment traditionally used. It is emphasized as a result of the first application of the methodology that the PBL students participating in the discipline had publications in the annals of the National Congress of Mechanical Engineering (CONEM 2012) in which they did approach of the projects presented during the course.

Keywords: environmental responsibility, Amazon, engineering education

1 Introdução

A qualidade de ensino está estreitamente associada à otimização da aprendizagem, cuja obtenção pode ser alcançada por meio da experiência prévia do aluno para a construção de novos conhecimentos, notando que ao se aplicar em atividades educacionais a experiência já adquirida, torna-se possível o preparo para etapas a serem vivenciadas pelo estudante. Em cursos de graduação existem equipes compostas por professores e pela administração, sendo observado ainda que na pós-graduação seja mais provável que se trabalhe em equipes de projeto (quer na própria organização, quer na colaboração com organizações externas). Logo, por que não utilizar um método de aprendizagem baseado em equipes de projetos ainda em cursos de graduação, com o qual podem ser desenvolvidas as habilidades e competências já alcançadas? Com este intuito realizaram-se pela primeira vez na Universidade Federal do Pará, Campus Tucuruí, nas Faculdades de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica, atividades voltadas para aprendizagem baseada em projetos (**"***Project Based Learning***",** PBL). Mesmo com iniciativas de utilização de novas metodologias para o ensino em engenharia, não existe consenso quanto à inadequação da abordagem clássica à educação, em que um único professor trabalha em frente a uma grande classe de estudantes, usando um livro-texto e testes, mas também há outras abordagens para a aprendizagem que fazem uma contribuição positiva para o desenvolvimento da aprendizagem (Pouzada, 1999; Campos, 2009; Sousa 2000; Nobre, 2006).

A escolha desta metodologia ocorreu por se utilizar questões ou problemas desafiadores a serem solucionados através do desenvolvimento de um projeto, despertando o pensamento crítico, atividades investigativas, como por exemplo habilidades de solução de problemas e a aprendizagem de conceitos fundamentais da área, dando aos alunos a oportunidade de trabalhar com autonomia em períodos de tempo prolongados (Pouzada, 1999; Campos, 2009; Sousa 2000; Nobre, 2006). O método foi aplicado à disciplina Laboratório Experimental, no curso de Engenharia Mecânica e Física Experimental Aplicada I, do curso de Engenharia Civil, nas quais os professores contaram com a colaboração dos discentes participantes do Laboratório de Engenhocas, projeto de extensão composto por alunos dos cursos de Engenharia Civil, Elétrica e Mecânica, cujo principal objetivo é promover o ensino das ciências para diversas faixas etárias, do ensino básico ao superior de forma lúdica e interativa utilizando materiais alternativos de baixo custo e/ou reutilizáveis.

Uma das características dos cursos das engenharias do Campus é o estudo das disciplinas em regime modular. Apesar das vantagens em determinados aspectos, existem limitações devido ao tempo para a execução de atividades que necessitam de uma maior análise e coleta de dados, como nas disciplinas em questão. Com a proposta de reaproveitamento de materiais se tornam possíveis a execução e repetição dos experimentos em horários extracurriculares permitindo o melhor entendimento e proporcionando a chance de obterem mais dados, o que não ocorria da maneira esperada antes da implantação do método, também despertando a conscientização ambiental, a partir da coleta dos materiais reciclados. No decorrer do módulo os discentes da disciplina desenvolveram experimentos com materiais de baixo custo, apresentando os dados em relatórios e projetos com as características gerais trabalhadas na disciplina como avaliação final, obtendo como resultados publicações em Anais.

2 Metodologia

A utilização do PBL é caracterizada pela exigência de pró-atividade do aluno. Em compensação, considera-se que, a quantidade e a qualidade da teoria a ser estudada diminuem, verificando-se esta limitação, sobretudo, nas disciplinas básicas (Pouzada, 1999). Com o intuito de minimizar esta dificuldade, adotou-se nas disciplinas Laboratório Experimental e Física Experimental Aplicada I, dos cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia Civil, respectivamente, o uso de materiais alternativos para desenvolvimento de experimentos que demonstrassem princípios físicos. A utilização destes materiais traria maior autonomia aos alunos, visto que um experimento industrializado pode haver restrições quanto à abordagem de suas aplicações.

Para ambos os cursos, a carga horária da disciplina é de 60 horas. A turma de Engenharia Civil foi organizada em dois grupos com cerca de 20 alunos, participando das atividades do Laboratório de Engenhocas por uma semana, equivalendo a 20 horas da disciplina. A turma de Engenharia Mecânica utilizou 10 horas da disciplina com a aplicação do PBL, dividindo-se também em duas turmas, que trabalharam durante uma semana. As subdivisões a cada turma serviam para facilitar o trabalho e dar oportunidade a todos os alunos a participarem das discussões, algo característico do método (Pouzada, 1999). Na Figura 1 está representada a forma como foram trabalhadas em paralelo as disciplinas com a execução do projeto.

Figura 22: Fluxo de atividades em paralelo durante a disciplina, havendo a repetição do processo para cada experimento abordado.

No início das aulas de ambos os cursos, apresentava-se aos discentes a área de estudo que seria trabalhada no dia e quais experimentos seriam discutidos durante a aula. Em seguida, os bolsistas do Laboratório de Engenhocas auxiliavam os alunos na montagem e execução do experimento, havendo ao término discussões sobre os princípios físicos observados, aplicando e revendo conhecimentos teóricos das disciplinas de Física Fundamental I, II e III. Foi solicitado aos grupos no início das atividades com materiais alternativos que elaborassem um projeto com experimentos de baixo custo, com o intuito de proporcionar o aproveitamento de materiais reutilizáveis, adequando a apresentação ao objetivo do Laboratório de Engenhocas e procurando estimular o aproveitamento, a redução, a reutilização e a responsabilidade socioambiental de acordo com a legislação nacional e com a tendência mundial quanto a resíduos gerados (Brasil, 2010). Este experimento deveria ser apresentado em sala de aula da mesma forma que os bolsistas do Laboratório de Engenhocas

apresentam em suas atividades, de forma lúdica e interativa. No fim da disciplina também foi exigido dos alunos que entregassem, em forma de artigo, a aplicação dos experimentos trabalhados no projeto.

3 Resultados e Discussões

A primeira aplicação do método PBL nas aulas de Laboratório Experimental e Física Teórica Aplicada foi satisfatória tanto para os tutores quanto para os discentes que cursaram a disciplina, devido às habilidades, hábitos e atitudes desenvolvidas em sala, trazendo um pouco do desafio que envolve a profissão do engenheiro e a inserção deles na sociedade como agentes de transformação, um perfil do estudante que participa no método. De acordo com Pouzada (1999), é possível traçar este perfil: estudantes PBL são mais autônomos, pois buscam o conhecimento e soluções de trabalho através de vários meios, como Internet ou consultas a biblioteca, e por serem mais independentes desenvolvendo os trabalhos por si, adquirem confiança para se aproximar de professores de forma adequada e profissional. Tais características foram observadas durante o decorrer da disciplina quando os alunos fizeram uso ativo de seu conhecimento para resolver problemas e para sintetizar e projetar soluções.

Um dos fatores negativos destacados pelos discentes foi o curto período de tempo para realização dos relatórios, comprometendo o desenvolvimento da habilidade de planejar e dividir o tempo de forma eficiente a fim de obter o trabalho dentro do prazo. Também se observou a eficácia do trabalho em grupo, uma das características principais do método (Pouzada, 1999; Campos, 2009; Sousa 2000; Nobre, 2006).

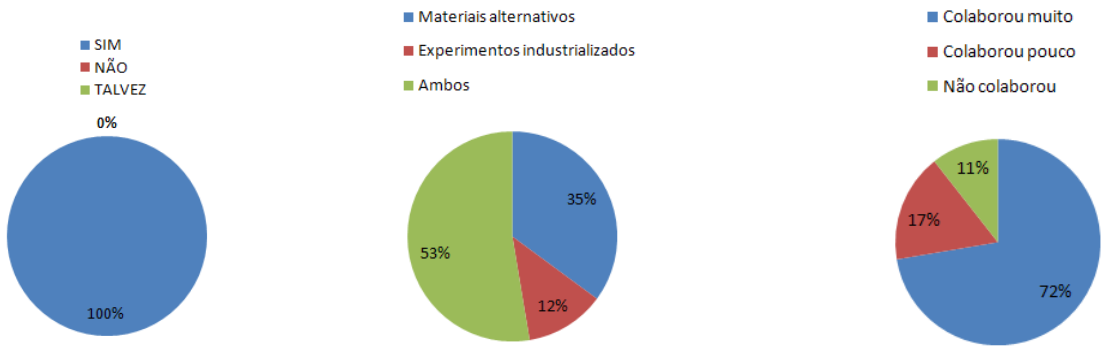
Na Figura 2 é mostrada a rotina durante a semana de atividades do laboratório. Nesta etapa, os discentes desenvolviam os experimentos do Laboratório de Engenhocas, escolhidos previamente pelos bolsistas. Também era incentivada a competição entre os grupos, estimulando os alunos a confeccionar projetos de melhor qualidade.

Figura 23: Desenvolvimento de experimentos.

Para finalizar a rotina das disciplinas houve, para conclusão da disciplina, apresentação dos projetos elaborados pelos alunos a partir da observação da dinâmica e pesquisa acerca dos conceitos abordados pelos bolsistas do laboratório, aspectos ilustrados na Figura 3.

Figura 24: Apresentação dos projetos desenvolvidos ao longo da disciplina.

Terminada a disciplina verificou-se por meio de um questionário a opinião dos discentes acerca do método adotado. Um total de quarenta e sete discentes de ambos os cursos optaram por responder o questionário composto por três questões objetivas e uma discursiva, porém para fins estatísticos serão abordadas apenas as objetivas. Os questionamentos realizados surgiram a fim de se verificar a opinião dos discentes quanto a aplicação do método, assim, os professores e bolsistas do projeto poderiam adequar determinados pontos para a próxima aplicação da metodologia PBL nas turmas seguintes.



(a) (b) (c)

Figura 25. Resultados do questionário aplicado aos discentes que cursaram a disciplina. (a) Questão 1: é válido utilizar-se de experimentos alternativos para o ensino do curso de engenharia?; (b) Questão 2: considerando as atividades realizadas na disciplina, o que foi considerado mais relevante: o uso dos materiais alternativos ou os experimentos industrializados?; (c) Questão 3: o uso dos experimentos com materiais alternativos realizados na disciplina colaborou para a mudança de sua visão em relação ao uso destes materiais para a aprendizagem no curso de Engenharia?

Observa-se pela primeira pergunta (Figura 4a) que o uso de experimentos alternativos na disciplina é uma metodologia aceita por todos os entrevistados, o que indica a percepção dos alunos para as questões ambientais regionais e globais. Na segunda pergunta (Figura 4b), sobre a preferência de equipamentos usados no decorrer da disciplina, pode-se notar que houve uma paridade na questão, demonstrando a importância de ambos. Para maioria dos discentes, tanto o uso de equipamentos industrializados e materiais alternativos são importantes e possuem seu papel durante a aula. Porém, também se percebe maior preferência pela nova metodologia, através dos materiais alternativos, devido à flexibilidade para execução e repetição dos experimentos em horários extras. No último questionamento (Figura 4c), sobre a mudança da visão dos discentes quanto o uso de materiais alternativos no curso que estavam realizando, a maioria dos discentes respondeu que colaborou muito, pois durante a semana de aplicação da nova metodologia, também eram abordados assuntos de reciclagem e coleta seletiva, já que grande parte dos materiais utilizados era reaproveitada, evitando assim, o destino do lixo comum.

Como dito anteriormente, foi motivada a educação ambiental, conforme Lei n.º 9.795, de 27 de abril de 1999, art. 10º, da Política Nacional de Educação Ambiental - que estabelece **"**A educação ambiental será desenvolvida como uma prática educativa integrada, contínua e permanente em todos os níveis e modalidades de ensino formal**"** (Brasil, 1999).

Ao despertar a consciência socioambiental, referencia-se também a Produção Sustentável, que pode ser entendida como sendo a incorporação, ao longo de todo o ciclo de vida de bens e serviços, das melhores alternativas possíveis para minimizar impactos ambientais e sociais, definida pela Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental, do Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2011). Acredita-se que esta abordagem reduz, prevenindo mais do que mitigando, impactos ambientais e minimiza riscos à saúde humana, gerando efeitos econômicos e sociais positivos. A produção sustentável aumenta o reaproveitamento e reciclagem, conscientizando a população sobre o destino correto do lixo. O trabalho do projeto enfatiza a questão e trabalha a sustentabilidade em sala de aula.

Destacando a validade da experiência, o atendimento aos requisitos da disciplina Laboratório Experimental por parte dos discentes resultou em três artigos aprovados para o VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, nos quais foi realizada abordagem dos projetos apresentados ao final da disciplina com explicação sobre o experimento demonstrado.

4 Conclusão

A adoção do PBL remeteu fundamentalmente ao compromisso de aprender, incluindo a possibilidade de construção coletiva do conhecimento e desenvolvimento de habilidades profissionais devido à forma

alternativa de trabalho, marcada pelo exercício da liberdade de escolha e pela relação diferenciada entre educador e educando. As vantagens da metodologia puderam ser notadas nas aulas de Física Experimental Aplicada I e Laboratório Experimental com desenvolvimento de habilidades, a partir da participação dos discentes como agentes ativos em busca do saber, que proporcionou aos alunos reunir os conhecimentos trabalhados nos experimentos, e também na opinião dos alunos no fim da disciplina sobre a metodologia aplicada.

Naturalmente, como na maioria das novas experiências, identificaram-se algumas dificuldades quanto à utilização da metodologia, que comprometeram em parte o perfeito desenvolvimento das aulas. O tempo disponível por conta do regime modular foi o principal fator negativo quanto à aplicação do novo método, pois a montagem do experimento em sala e a discussão ficavam limitadas, impedindo que mais experimentos e áreas de estudo fossem explorados. Esta foi a maior dificuldade apontada tanto pelos discentes que cursaram a disciplina quanto pelos bolsistas do Laboratório de Engenhocas, que auxiliaram nas aulas. Recomenda-se que para a aplicação no regime modular que os materiais a serem utilizados nas aulas sejam separados previamente, procurando o melhor aproveitamento da montagem e execução dos experimentos, a fim de se destacar um momento para as discussões dos mesmos.

Quanto aos artigos relacionados aos projetos desenvolvidos pelos discentes, verifica-se a eficácia do PBL por favorecer a produção científica ao estimular o desenvolvimento de habilidades do aluno e proporcionar oportunidades para a carreira por meio da participação em congressos.

5 Referências

Brasil (1999). Lei Nº 9.795: Política Nacional de Educação Ambiental. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/ L9795.htm>.

Brasil (2010). Lei Nº 12.305: Política Nacional de Resíduos Sólidos. <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>.

Brasil (2011). O que é produção sustentável. <http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=234&idConteudo=11459&idMenu=12253

Campos, Luiz Carlos (2009). PBL (Problem Based Learning) uma nova visão para o superior no Brasil. PALESTRA – SINPRO-SP. 10 de fevereiro de 2012 <http://pt.scribd.com/doc/39486487/palestra-sinprosp-12112009>.

Nobre, João Carlos Silva et al. (2006). Aprendizagem Baseada em Projeto (*Project-Based Learning – PBL*) aplicada a *software* embarcado e de tempo real. Anais do 17° Simpósio Brasileiro de Informática na Educação, Brasília, Brasil, pp 02-04.

Pouzada, A. S. (1999). Project Based Learning. Braga: União Europeia.

Sousa, Antônio Cláudio G. (2000). O Ensino Baseado em Projetos: Uma Revisão. Rio de Janeiro: Anais do 6° Encontro de Educação em Engenharia.

Casa Sustentável: Proposta de Implementação da estratégia de Project Based Learning na Universidade de Caxias do Sul

Alexandre Viecelli, Carla Eliana Todero Ritter, Guilherme Holsbach Costa,
Luciana Muller Somavilla, Valquíria Villas-Boas

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, Brasil

Email: avieceli@ucs.br, cetodero@gmail.com, ghcosta@ucs.br, lmsomavi@ucs.br, vvillasboas@yahoo.com

Abstract

Engineering instructors of the Universidade de Caxias do Sul participated on a workshop on "Project based Learning" (PBL) in order to be prepared to design courses they hope will increase the students´ motivation, help the students to have a better performance and contribute to the education of more creative engineers. The group of instructors worked in determining the skills and transversal and specific competencies to be developed in each course and in the project. It was also planned the system of individual and peer assessment, and it was also defined the phases of the project, the control points, resources and execution team. This proposal is expected to be implemented in a pilot class of 30 students from different engineering programmes in a course on Introduction to Engineering and in 4 more courses of the first semester, i.e. Pre-Calculus, General Chemistry, Technical Drawing I and Reading and Writing in Undergraduate Education.

Keywords: Project based Learning; Introduction to Engineering; First Semester Experience; Faculty Development.

1 Introdução

Muitos autores (Brodeur *et. al*., 2002; Sridhara, 2005; Faland & Frenay, 2006; Graaff & Kolmos, 2007; Du *et. al*., 2009; Pascual, 2010) têm proclamado as estratégias pedagógicas de Aprendizagem Ativa tais como a Aprendizagem baseada na Resolução de Problemas (do inglês *Problem-based Learning - PBL*) e a Aprendizagem baseada em Projetos (do inglês *Project-oriented Learning - POL* ou *Project-based Learning - PBL*), como metodologias naturais para a educação em engenharia, uma vez que estas estratégias se enquadram tão bem na prática da engenharia. Com a aplicação dessas estratégias, evidentemente, não se pretende "encher" a cabeça dos estudantes com conhecimento, mas sim fornecer a eles um ambiente de aprendizagem bem adaptado, que lhes permita "aprender a aprender", e ao mesmo tempo adquirir uma combinação de conhecimento, habilidades e atitudes necessárias para desenvolver as competências profissionais necessárias a um engenheiro. É bem sabido que na Aprendizagem Ativa, através de atividades baseadas em projetos, colaborativas e centradas em soluções de problemas, os estudantes desempenham um papel vital na criação de novos conhecimentos que podem ser aplicados a outras áreas acadêmicas e profissionais.

A Universidade de Caxias do Sul (UCS) é uma universidade comunitária, sem fins lucrativos, no estado do Rio Grande do Sul, e a cidade de Caxias do Sul é o segundo pólo metal-mecânico do Brasil. Esta combinação conduz a uma população de estudantes, em sua maioria, composta de pessoas empregadas nas indústrias da região e buscando um título de engenheiro. A UCS oferece cursos em engenharia mecânica, química, de produção, ambiental, de materiais, de alimentos, de controle e automação, elétrica, eletrônica e civil. A maioria dos estudantes de engenharia da UCS frequenta as aulas à noite após uma jornada de oito horas de trabalho, muitas vezes desmotivada e incapaz de prestar atenção a uma aula tradicional.

Muitos educadores acreditam que as estratégias tradicionais de ensino são ineficientes comparadas às estratégias de aprendizagem ativa e pesquisas mostram que alunos que vivenciam um processo de aprendizagem centrado nos estudantes têm um desempenho superior àqueles que vivenciam o processo de aprendizagem tradicional centrado no professor (Hestenes *et al*., 1992; Mazur, 1997; McDermott, 1991; Marbach-Ad *et al.*, 2001; Jungst *et al*., 2003). A principal deficiência do método tradicional é que o mesmo permite ao aluno ser um recipiente passivo de informação que foi "pré-digerida" pelo professor (Hansen & Stephens, 2000). Assim, estudantes se tornam dependentes do professor para que lhes diga o que eles precisam saber evitando tomar responsabilidade sobre o seu próprio aprendizado (Machemer & Crawford, 2007). Além disso, estudantes acostumados a serem passivos têm uma "baixa tolerância à mudança" (Hansen & Stephens, 2000).

Neste contexto, professores da Universidade de Caxias do Sul participaram de um workshop sobre "Project based Learning" oferecido por especialistas da Universidade do Minho, a fim de se prepararem para projetar disciplinas integradas em torno de um projeto que, eles esperam, irão aumentar a motivação dos alunos, ajudarão os alunos a terem um melhor desempenho e contribuirão para a educação de engenheiros mais criativos. Neste artigo, uma proposta de uma experiência com PBL a ser implementada na disciplina de

Introdução em Engenharia e em mais quatro disciplinas do primeiro semestre dos cursos de engenharia, i.e. Pré-Cálculo, Química Geral, Desenho Técnico I e Leitura e Escrita na Formação Universitária, será apresentada.

2 Metodologia

Esta proposta visa envolver cinco disciplinas oferecidas a todos os cursos de engenharia da UCS, a saber: Introdução à Engenharia, Pré-Cálculo, Química Geral ou Química Básica e Experimental, Desenho Técnico I e Leitura e Escrita na Formação Universitária como apresentado na figura 1.

Figura 6: Disciplinas envolvidas na proposta.

Pretende-se, em um primeiro momento, formar uma turma piloto de trinta alunos que deverão se dividir em seis equipes de cinco alunos cada. Essas equipes receberão na primeira aula de Introdução à Engenharia a tarefa de projetar uma "Casa Sustentável". Os principais objetivos a serem alcançados com o desenvolvimento do projeto são:

- Projetar um sistema ecologicamente sustentável para uma residência através da construção de protótipo e de portfólio explicativo;
- Caracterizar, classificar e avaliar o sistema escolhido, propondo soluções à escassez de recursos energéticos e materiais,
- Desenvolver o espírito de investigação, coleta e análise de dados, bem como delimitar problema.

Através desse projeto, espera-se que os alunos desenvolvam um protótipo de residência utilizando material a critério das equipes (LEGO, material reciclável, etc.), portfólio escrito e apresentação oral no final do processo que satisfaça dois pré-requisitos de sustentabilidade, tais como: casa com energia solar (aquecimento de água ou geração de energia elétrica), casa com energia geotérmica, casa com telhado verde, casa com telhado branco, casa com captação de água da chuva e outras águas, etc.

2.1 Competências Transversais a serem desenvolvidas com o projeto

No mercado de trabalho atual, os empregadores querem engenheiros com habilidades e competências que vão muito além do usual conjunto de competências técnicas (IEEE-USA Today's Engineer Online, 2006). De

acordo com Carvalho *et al.* (2008), as competências mais valorizadas pelos empregadores de engenheiros nem sempre coincidem com as competências valorizadas pelos gestores do ensino superior em Engenharia. Tem-se notado que os empregadores valorizam competências como capacidade de comunicação e de trabalhar em equipe, capacidade de gerir e liderar equipes, capacidade para resolver problemas, espírito de iniciativa e consciência comercial, ou seja, capacidades genéricas que permitem aos engenheiros ter sucesso em uma ampla variedade de tarefas e ocupações. Estas competências são geralmente denominadas competências transversais.
Através do desenvolvimento deste projeto, espera-se que os alunos desenvolvam as seguintes competências transversais:

- Atuar em equipes multidisciplinares;
- Comunicar-se formalmente em diferentes linguagens;
- Relacionar-se com o grupo de modo responsável, dinâmico e produtivo;
- Aplicar o conhecimento científico na resolução de problemas;
- Avaliar o impacto do projeto no contexto ambiental e social;
- Avaliar custos de implantação do projeto;
- Avaliar criticamente ordens de grandeza e significância de resultados numéricos.

Também espera-se que este projeto contribua para o aprimoramento das seguintes habilidades: analisar, comparar, discutir, propor, decodificar, compreender, gestar informações , decidir, concluir, formular, inferir, calcular, descrever e escrever.

2.2 Avaliação do processo

A avaliação será realizada a fim de verificar o trabalho em equipe, para que os envolvidos tornem-se mais motivados, autônomos, críticos e responsáveis pela sua aprendizagem e estará dividida nas seguintes etapas:

Apresentação geral

- Introdução à Engenharia – organização e sistematização do projeto: 100% da nota
- Demais disciplinas – 50% da nota sendo composta por:
  I. Apresentação (1); pré-projeto - 2,5%
  II. Apresentação (2); andamento do projeto - 7,5%
  III. Apresentação final - 15%
  IV. Autoavaliação - 5%
  V. Avaliação pelos pares - 5%
  VI. Teste final: 15%

Apresentação (1) – pré-projeto

O projeto será monitorado a partir de encontros semanais com os professores/tutores e cada etapa de evolução culminará com uma apresentação para o grupo a fim de avaliar o processo e também discutir pontos fortes e fracos. A primeira apreciação do trabalho consistirá na apresentação formal do pré-projeto após cinco semanas de desenvolvimento. Serão seguidos os seguintes critérios de avaliação:

- Fidelidade ao objetivo do projeto
- Clareza na apresentação da proposta
- Relevância
- Aspecto inovador
- Vantagens econômicas e sociais envolvidas.

Durante esta primeira etapa do projeto, será construído um fórum de discussões via ambiente virtual com o objetivo de proporcionar trocas de experiências, disponibilidade de material e fomentar a discussão sobre a importância de cada etapa na construção do conhecimento.

Apresentação (2) – andamento do projeto

A segunda etapa do projeto consiste na solidificação de conceitos, pesquisa e desenvolvimento teórico e prático. A segunda apresentação formal do trabalho será realizada na décima semana de atividades e os critérios de avaliação serão os seguintes:

- Apresentação do plano de trabalho do grupo
- Check list de ações realizada e a serem realizadas
- Clareza na explanação oral da proposta
- Inserções de conhecimentos novos
- Apresentação de esboço planta baixa do projeto com padrão exigido

Apresentação final – projeto final

Nesta última etapa, décima sexta e décima sétima semana, os alunos deverão apresentar através de meio multimídia, portfólio e modelo, o projeto final. Os critérios a serem avaliados serão:

- Coerência entre o pré-projeto e o projeto final
- Análise das variáveis do processo e sua investigação científica
- Clareza nas colocações verbais salientando aspectos teóricos relevantes
- Apresentação do protótipo em funcionamento dinâmico
- Esclarecimento de dúvidas pertinentes durante a apresentação por parte dos avaliadores e da platéia
- Apresentação do portfólio com o desenvolvimento teórico da aplicação de conteúdos conceituais

A apresentação será realizada na presença de banca de professores, alunos e comunidade acadêmica. Os membros de organização do projeto deverão ficar à disposição dos participantes para a discussão do mesmo (15 minutos).

Avaliação pelos pares

A avaliação pelos pares é a ferramenta internacionalmente adotada no meio científico para a avaliação de resultados de pesquisa e distribuição de recursos. Adotando-se essa ferramenta busca-se inserir o estudante não apenas na metodologia científica de projeto como na metodologia de avaliação. Busca-se também agregar à disciplina de Introdução à Engenharia as características desse processo de avaliação, como a evolução natural da qualidade dos trabalhos desenvolvidos ao longo dos semestres.

É proposto o uso de um fator de correção de notas, de forma a diferenciar o desempenho dos estudantes que compõem cada grupo (Fernandes *et al*., 2010). Em outras palavras, haverá dois processos de revisão por pares. No primeiro, cada projeto é avaliado por elementos de outros grupos, gerando uma única nota para todos os co-autores. No segundo, autores avaliam o desempenho de seus co-autores, gerando um fator de ponderação para a nota gerada no primeiro processo de revisão.

A avaliação por pares será aplicada às apresentações nas três fases do projeto, permitindo que os avaliadores evoluam em suas atuações como revisores e permitindo que os trabalhos evoluam com base nas contribuições dos revisores. Com isto, consegue-se também a descentralização da avaliação, geralmente concentrada no professor.

Autoavaliação

A autoavaliação consiste em um instrumento que possibilita uma análise das habilidades e competências adquiridas e/ou a serem desenvolvidas, diagnosticando falhas e acertos durante o processo de aprendizagem a fim de contribuir para a autonomia do estudante. Os critérios a serem avaliados através deste instrumento serão sugeridos pelos alunos na primeira semana de projeto e outros serão definidos pelo grupo de professores/tutores como está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1- Critérios a serem monitorados durante a autoavaliação

Critério	Indicador			
	Não realizado	Regular	Bom	Muito bom
Capacidade argumentativa				
Gerenciamento de informações				
Capacidade de relacionar conceitos				
Aplicação de conceitos e pressupostos teóricos				
Comunicação oral e escrita				
Criação de situações-problema a fim de aprimorar o projeto				
Gerenciamento de conflitos				
Execução e implementação de novas idéias				
Planejamento de ações				
Cooperação e comprometimento				

Teste Final: 18ª semana do semestre

A fim de avaliar conteúdos conceituais e procedimentais e a "aquisição" de conceitos fundamentais para o engenheiro, os alunos participam de avaliação globalizada teórica e individual envolvendo os conteúdos das disciplinas teóricas e o projeto.

2.3 Fases para a execução do projeto

Preparação: Agosto /2012

- Reunião com os coordenadores dos cursos de engenharia para a abertura de uma turma piloto de Introdução a Engenharia, baseada em projetos.
- Reunião com os professores das disciplinas envolvidas para a apresentação da proposta da disciplina (projeto) e confirmação do interesse.
- Programação dos horários das disciplinas junto a programação acadêmica. A disciplina de Introdução à Engenharia seria oferecida com no máximo 30 alunos e seria ministrada (coordenada) por um coordenador de curso de Engenharia.

Set up: Setembro/2012

Reuniões com o grupo de professores para a definição do tema, guia do projeto e do plano de execução.

Start up: Março/2012 – 1ª e 2ª semanas de aula

Inicio das atividades com os alunos: 1ª reunião e escolha do tema, pesquisas preliminares.

Execução: 3ª semana até 15ª semana de aula

- Na 5ª semana, apresentação do projeto preliminar
- Na 10ª semana, apresentação do andamento do projeto
- Na 16ª e 17ª semanas, apresentação final do projeto.

Final: 18ª semana – avaliação escrita sobre o projeto

2.4 Quadro síntese dos conteúdos desenvolvidos em cada disciplina

Na Tabela 2 são apresentados os conteúdos a serem desenvolvidos em cada disciplina envolvida no projeto durante as 19 semanas de aula previstas para o 1º. semestre. Excetuando-se o primeiro encontro da disciplina Introdução à Engenharia, em todos os demais encontros, haverá na sequência um período no qual os grupos trabalharão de forma independente ou com o acompanhamento dos tutores, no desenvolvimento do projeto.

Os conteúdos das outras disciplinas envolvidas no projeto (i.e., Pré-Cálculo, Química Básica e Experimental, Leitura e Escrita na Formação Universitária e Desenho Técnico I) seguirão os programas oficiais das disciplinas como descrito nos projetos pedagógicos dos cursos de engenharia da instituição. Estes conteúdos estão apresentados na Tabela 2. Contudo, entende-se que os mesmo não sejam suficientes para o desenvolvimento dos projetos. Neste caso, conteúdos complementares serão identificados no processo de

desenvolvimento e avaliação continuada do mesmo. Estes conteúdos serão desenvolvidos com os alunos pelos tutores e/ou professores especialistas.

Nos encontros 18 e 19 serão realizados o teste final e atividades de recuperação, respectivamente. Os campos salientados correspondem aos horários nos quais os professores especialistas atuam na disciplina Introdução à Engenharia junto ao professor titular da disciplina.

Tabela 2 - Síntese dos conteúdos desenvolvidos em cada disciplina

Semana / Disciplina	*Introdução à Engenharia*	*Pré-Cálculo*	*Química Básica e Experimental*	*Leitura e Escrita na Formação Universitária*	*Desenho Técnico I*
1	Proposta do Projeto				
2	Apresentação do pré-projeto	Funções	Estrutura atômica	A importância da leitura e escrita	Traçados de retas e curvas
3	Pesquisa	Funções de 1° Grau	Tabela periódica	Fontes de pesquisa	Rebatimento de vistas ortogonais
4	Produção textual	Funçoes de 2° Grau	Polaridade Geometria molecular	Comunicação oral	Rebatimento de vistas ortogonais
5	Apresentação (1)	Potência	Ligações químicas	Estratégias de Leitura e Escrita	Rebatimento de vistas ortogonais
6	Área e volume	Funções Polinomiais	Polímeros	Informações implícitas e explícitas	Vistas ortogonais de peças com faces inclinadas
7	Esboço de planta baixa	Avaliação parcial	Avaliação parcial	Redução de informação	Vistas ortogonais de peças com faces cilíndricas
8	Reações químicas	Funções compostas e inversas	Funções quiímicas	Argumentação	Execução de tarefa-problema
9	Técnicas de apresentação oral	Exponenciais	Funções Químicas	Avaliação parcial	Avaliação parcial
10	Apresentação (2)	Logaritmicas	Reações químicas	Mecanismos de argumentação	Perspectiva isométrica de faces cilíndricas
11	Modelagem Funções	Atividade de revisão	Reações químicas	Elaboração de portfolio	Perspectiva isométrica de faces cilíndricas
12	Cálculos químicos	Avaliação parcial	Cálculos químicos	Marcas lingüístico-textual-discursivas dos gêneros	Cortes e seções
13	Perspectivas isométricas	Funções trigonométricas	Cálculos químicos	Intertextualidade e interdiscursividade	Cortes e seções
14	Modelagem- Custos	Funções trigonométricas	Soluções	Intertextualidade e interdiscursividade	Vistas auxiliares
15	Feedback das apresentações orais	Funções trigonométricas	Avaliação parcial	Modalização discursiva	Cotagem
16	Apresentação final do projeto				
17	Apresentação final do projeto				

3 Competências que se espera desenvolver em cada disciplina

Além do desenvolvimento das competências transversais listadas na seção 2.1, apresentamos a seguir as competências que se pretende desenvolver em cada disciplina envolvida no projeto. São elas:

3.1 Introdução à Engenharia

- Aplicar conhecimentos matemáticos, científicos e tecnológicos.
- interpretar resultados de experimentos;
- avaliar o impacto das atividades da Engenharia no contexto ambiental;
- avaliar custos básicos em projetos de engenharia;
- utilizar ferramentas e técnicas;
- avaliar criticamente ordens de grandeza e significância de resultados numéricos;
- atuar em equipes multidisciplinares;

- comunicar-se adequadamente nas formas escrita, oral e gráfica.
- Selecionar materiais e matérias-primas para desenvolvimento de produtos;
- desenvolver produtos e tecnologias apropriadas com objetivo de satisfazer condições preliminares, respeitando o meio ambiente;

3.2 Química Básica e Experimental:

- Compreender a estrutura atômica dos elementos químicos, a tabela periódica e relacioná-los com suas propriedades e com a formação de compostos inorgânicos. Compreender um conjunto de técnicas e práticas experimentais objetivando a aprendizagem de princípios, teorias, conceitos e leis que regem a química geral, enfatizando sua relação e aplicação com as demais ciências.
- Representar, em linguagem química, diferentes funções inorgânicas e suas ligações.
- Compreender a importância dos cálculos estequiométricos nas reações químicas.
- Identificar as diferentes formas de se expressar a concentração de soluções em sistemas líquidos e sólidos.
- Relacionar princípios de oxirredução com aplicações industriais.
- Caracterizar as diferentes técnicas, processos e equipamentos usuais em um laboratório químico.

3.3 Pré-Cálculo

1 (Re) Construir conhecimentos de Matemática Básica.

2 Compreender os conceitos no contexto de nível superior.

3 Reconhecer as diferentes linguagens utilizadas na definição dos conceitos matemáticos.

3.4 Desenho Técnico I

1Desenvolver no aluno habilidades e competências relacionadas à visão espacial e à leitura e representação de desenhos técnicos, pelo uso de esboços a mão livre e desenhos com instrumentação convencional.

2Promover o conhecimento da normalização ABNT pertinente.

3.5 Leitura e Escrita na Formação Universitária

1 Contribuir para o desenvolvimento da competência discursiva em diferentes meios, enfatizando os processos argumentativos, com vistas à autonomia do aprendiz no âmbito da formação universitária.

2 (Re) Construir o contexto situacional tanto na leitura quanto na produção: quem escreve, para que(m) escreve, qual sua função social, cultural, histórica, política, em qual meio circula o texto.

3 Localizar informações pontuais a partir de objetivos definidos.

4 Distinguir informações principais e secundárias, implícitas e explícitas, de acordo com objetivos pré-definidos.

5 Analisar o processo argumentativo em textos multimodais: estabelecendo relações, comparações (semelhanças e contrastes) em diferentes situações; detectando contradições; reconhecendo a repercussão das escolhas linguísticas realizadas; extraindo conclusões por dedução ou indução; identificando tese, argumentos e evidências; criticando dados apresentados.

6 Selecionar fontes confiáveis de informação;

7 Reconhecer a presença de intertextualidade e interdiscursividade como formadora de sentido em textos;

8 Articular diferentes vozes com a citação e referenciação adequada das fontes;

9 Elaborar a síntese reconstrutiva do texto lido;

10 Planejar, monitorar e avaliar o processo de produção e revisão textual;

11 Utilizar adequadamente os recursos linguísticos e textuais referentes ao gênero objeto de estudo.

4 Análise de viabilidade da proposta

Nesta seção é apresentada uma análise SWOT desta proposta. A sigla SWOT representa a primeira letra das palavras, em inglês: Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats *(Pontos fortes, Pontos fracos, Oportunidades e Ameaças)* e, em geral, esta ferramenta é utilizada na identificação de fatores que afetam o funcionamento de empresas (Hill & Westbrook, 1997). Os pontos fracos e fortes são fatores internos da empresa, neste caso da Universidade, enquanto as oportunidades e ameaças tratam-se de fatores externos que podem impactar sobre a execução da proposta metodológica. Na Tabela 3 são apresentados os resultados da análise SWOT realizada para esta proposta.

Tabela 3- Análise SWOT

Pontos Fortes	**Pontos Fracos**
- Formação de licenciatura e formação pedagógica complementar dos professores envolvidos. - Alto nível de formação dos professores do Centro, em sua maioria doutores. - Bom relacionamento da Universidade com empresas locais, o que pode constituir uma rica fonte de recursos e informações aos alunos.	- Ocupação docente, cuja carga-horária de sala de aula em áreas de formação geral costuma ultrapassar vinte horas-aula semanais. - Perfil de não-gratuidade da instituição, o que implica que os estudantes, em sua maioria, se matriculem em menos de cinco disciplinas por semestre.
Oportunidades	**Ameaças**
- Vagas relacionadas ao ProUni, FIES e bolsas concedidas pela Fundação UCS, cujos alunos contemplados geralmente cursam todas ou a maioria das disciplinas programadas para o semestre. - Perfil de industrialização da região, que propicia oportunidades de apoio, fomento e fonte de informações.	- No caso de um grupo piloto, os estudantes envolvidos devem estar matriculados nas mesmas turmas, o que torna o planejamento dos horários de cada indivíduo inflexível. - Grande oferta de empregos no mercado local, o que institui um perfil de aluno com pouca dedicação a trabalhos extraclasse.

5 Considerações Finais

A metodologia proposta para a implementação da estratégia de PBL no 1º. semestre dos cursos de engenharia da Universidade de Caxias do Sul não requer alterações curriculares significativas. No caso em estudo, não são realizadas alterações nos projetos das disciplinas envolvidas, exceto na disciplina de Introdução à Engenharia, que vem a agregar o projeto integrador. Espera-se que a disciplina de Introdução à Engenharia integrada às outras 4 disciplinas nesta proposta piloto irá aumentar a motivação dos alunos, ajudará os alunos a terem um melhor desempenho em disciplinas mais avançadas do curso e contribuirá para a educação de engenheiros mais criativos.

Referências

Brodeur, D. R., Young, P. W., & Blair, K. B. (2002). Problem-Based Learning in Aerospace Engineering Education. Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition. American Society for Engineering Education.

Carvalho, J. D., Lima, R. M., & Fernandes, S. (2008). Aprendizagem em Engenharia: Projectos e Equipas Interdisciplinares. In J. F. S. Gomes, C. C. António, C. F. Afonso & A. S. Matos (Orgs.) 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME'2008), Maputo - Moçambique, Edições INEGI, 03A004, 1-13.

Du, X., Graaff, E. de, & Kolmos, A. (2009). Research on PBL Practice in Engineering Education, Netherlands: Sense Publishers.

Faland, B., & Frenay, M. (eds.). (2006). Problem and Project Based Learning in High Education: Impact, Issues, and Challenges, Louvain-la-Neuve: Presses Universitaires de Louvain.

Fernandes, S., Flores, M. A., & Lima, R. M. (2012). Students' views of assessment in project-led engineering education: findings from a case study in Portugal. Assessment & Evaluation in Higher Education 37 (2) 1-16.

Graaff, E. de, & Kolmos, A. (2007). Management of Change Implementation of Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering. Netherlands: Sense Publishers.

Hansen, E. J., & Stephens, J. A. (2000). The Ethics of Learner-Centered Education: Dynamics That Impede the Process. Change, 32(5) 41–47.

Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. The Physics Teacher, 30, 141 - 158.

Hill, T. & Westbrook, R. (1997). SWOT Analysis: It's Time for a Product Recall. Long Range Planning 30 (1): 46–52

IEEE-USA Todays Engineer Online (2006). What are Engineering Employers Looking for? Retrieved 2012/05/14, from http://www.todaysengineer.org/2006/May/jobhunt.asp.

Jungst, S., Licklider, B. & Wiersema, J. (2003). Providing support for faculty who wish to shift to a learning-centered paradigm in their higher education classrooms. The Journal of Scholarship of Teaching and Learning, 3, 69-81.

Machemer, P. L., & Crawford, P. (2007). Student perceptions of active learning in a large cross-disciplinary classroom. Active Learning in Higher Education, 8(1),9 – 30.

Marbach-Ad, G., Seal, O. & Sokolove, P. (2001). Student attitudes and recommendations on active learning. Journal of College Science Teaching, 30, 434-438.

Mazur, E. (1997). Peer Instruction: A Users Manual (Prentice Hall, New Jersey).

McDermott, L. C. (1991). Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap. The American Journal of Physics, 59 (4), 301 - 315.

Pascual, R. (2010). Enhancing project-oriented learning by joining communities of practice and opening spaces for relatedness. European Journal of Engineering Education, 35(1), 3 - 16.

Sridhara, B. S. (2005). Teaching Engineering Fundamentals with a Project-Based Learning. Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition. American Society for Engineering Education.

Project Based Leaning - PBL aplicado ao Curso de Pós-graduação em Gestão de Resíduos e Efluentes

Fabiane Almeida*, Ângela Vieira*, Olegário Borges Jr. *, Ricardo Moura*, Valteir Romão*

* Departamento de pós-graduação da Uninorte/ Laureate

Email: psicologaangelavieira@gmail.com, fabiane.ecologia@gmail.com, olegarioborges@gmail.com, valteir@gmail.com, ricardomoura@desenvolver-consultoria.com

Resumo

A partir da demanda da quebra de paradigmas na educação universitária, com enfoque nos quatro pilares de educação alternativa da UNESCO (aprendizagem centrada no aluno, formação do aluno, metodologias inovadoras e novas formas de avaliação) e do modelo de Aalborg, foi proposto um projeto para desenvolver a estrutura de Aprendizado Baseado em Projetos (Project Based Learning – PBL) a ser aplicado durante um semestre no curso de pós-graduação Gestão de Resíduos e Efluentes DA Instituição Uninorte/ Laureate em Manaus/ AM. O projeto foi proposto em uma oficina de PBL, realizado de 9 à 11 de março de 2012, na própria Instituição. O PBL apresenta como princípios básicos a aprendizagem centrada no aluno e o projeto como elemento instigador para o alcance do conhecimento. Para desenvolver esse projeto seguiram-se as seguintes etapas: definição do tema e enquadramento curricular do projeto, definição dos papéis dos envolvidos no projeto, criação de mecanismos de monitoramento e controle e definição das avaliações e competências. O tema do PBL escolhido foi Gestão de Resíduos e Efluentes, a ser trabalhado com as disciplinas Legislação Ambiental Aplicada; Classificação, Gestão e tratamento de Resíduos; Classificação, Gestão e tratamento de Efluentes; Monitoramento Ambiental e Mitigação de Impactos Ambientais. Para desenvolver o projeto, foi formada uma equipe com cinco professores da instituição, posteriormente houve a apresentação da proposta aos professores e demais equipes participantes da oficina e finalmente ocorreu uma avaliação final grupal das propostas e pré-definição de atividades complementares pós-oficina. A equipe finalizou a proposta da inclusão do PBL no curso de pós-graduação Gestão de Resíduos e Efluentes, com a seguinte estrutura: apresentação do curso, objetivos, disciplinas, tema do PBL, justificativa, resultados, organização com fases e marcos, processo de avaliação, competências e processo de tutoria. Foram recebidas sugestões de complementações e detalhamentos do projeto. Em termos conclusivos, foi alcançado o objetivo inicial proposto, será aplicada uma proposta piloto com previsão de início em 2013.

Abstract

From the shift paradigm demand in higher education, focusing on the four pillars of UNESCO's alternative education (student-centered learning, student education, innovative methodologies and new forms of assessment) and the model of Aalborg, a project has proposed to develop the structure of Project Based Learning (PBL) to be applied during a semester course of post-graduation Waste and Effluent Management in Uninorte/ Laureate Institution in Manaus/ AM. The project was proposed in a PBL workshop, held from 9 to 11 March 2012. PBL presents the basic principles of student-centered learning and the project as an instigator for the attainment of knowledge. To develop this project followed these steps: defining the subject and curricular framework of the project, defining the roles of those involved in the project, establishing mechanisms for monitoring and control and definition of competencies and assessments. The PBL theme chosen was Waste and Effluent Management, to be worked with the specific subjects: Applied Environmental Legislation; Classification, and Treatment of Waste Management; Classification, and Treatment of Effluent Management; Environmental Monitoring and Mitigation of Environmental Impacts. To develop the project, a team was formed with five teachers of the Institution, then there was the presentation of the proposal to the workshop teachers and other teams participating and finally there was a final group evaluation of tenders and pre-definition of additional post-workshop activities. The team finished the proposed inclusion of the PBL in the post-graduation course, with the following structure: presentation of the course, your goals, disciplines, subject of PBL rationale, results, organization phases and milestones, process evaluation skills and mentoring process. It was received suggestions for additions and details of the project. In conclusive terms, the goal was reached originally proposed, there will be a proposed pilot scheduled to begin in 2013.

1 Introdução

A partir da demanda da quebra de paradigmas na educação universitária, com enfoque dos quatro pilares de educação alternativa (aprendizagem centrada no aluno, formação do aluno, metodologias inovadoras e novas formas de avaliação) e do modelo de Aalborg, foi formado um grupo de trabalho para o desenvolvimento de uma estrutura de Project Based Learning (PBL) a ser aplicado em 1 semestre no curso de pós-graduação de Gestão de Resíduos e Efluentes.

O grupo de trabalho foi formado em uma oficina de PBL, realizado de 9 à 11 de março de 2012, na Instituição Uninorte/ Laureate, em Manaus. O PBL apresenta como princípios básicos a aprendizagem centrada no aluno e o projeto como elemento instigador para o alcance do conhecimento.

Para desenvolver esse projeto seguiram-se quatro etapas: (i) definição do tema e enquadramento curricular do projeto, (ii) definição dos papéis dos envolvidos no projeto, (iii) criação de mecanismos de monitoramento e controle e (iv) definição das avaliações e competências.

O tema do PBL escolhido foi Elaboração de um Sistema de Gestão de Resíduos e Efluentes, a ser trabalhado com as disciplinas Legislação Ambiental Aplicada; Classificação, Gestão e tratamento de Resíduos; Classificação, Gestão e tratamento de Efluentes; Monitoramento Ambiental e Mitigação de Impactos Ambientais.

O grupo foi formado por uma equipe com cinco professores da instituição, que elaboraram e, posteriormente, apresentaram a proposta aos professores e demais equipes participantes da oficina e, finalmente, ocorreu uma avaliação final das propostas e pré-definição de atividades complementares pós-oficina.

A equipe finalizou a estrutura proposta do PBL para o curso de pós-graduação Gestão de Resíduos e Efluentes com os seguintes itens: (i) Apresentação do curso, (ii) Objetivos, (iii) Disciplinas, (iv) Tema do PBL, (v) Justificativa, (vi) Resultados, (vii) Organização com Fases e Marcos, (viii) Processo de avaliação, (ix) Competências e (x) Processo de tutoria.

Por fim, foram recebidas sugestões de complementações e detalhamentos do projeto. Em termos da proposta da oficina, o grupo de trabalho considerou que os objetivos foram alcançados e um piloto deste PBL está agendado para o início de 2013.

2 Project Based Learning (Aprendizagem Baseada em Projetos)

Como a seguinte artigo tem como escopo apresentar uma proposta de aplicação do método de *Project Based Learning* – PBL faz-se necessária uma discussão inicial dos conceitos de ensino e aprendizagem. Segundo Sá Filho e Machado (2004), a maioria dos textos que definem aprendizagem não tem demonstrado a diferença entre ensino e aprendizagem e, frequentemente, eles têm sido tratados como sinônimos.

Jean Piaget, biólogo e filósofo suíço, entende a aprendizagem como o conjunto de mecanismos que o organismo movimenta para se adaptar ao meio ambiente. Para Piaget (1964), "toda a conduta é uma assimilação do dado a esquemas anteriores (assimilações a esquemas hereditários em graus diversos de profundidade) e toda conduta é, ao mesmo tempo, acomodação destes esquemas à situação atual." Segundo o autor, dessa forma se desenvolve a inteligência. O ensino compatível com Piaget, para Mizukami (1986), tem que ser "baseado no ensaio e no erro, na pesquisa, na investigação, na solução de problemas por parte do aluno, e não na aprendizagem de fórmulas, nomenclaturas, definições etc".

Burrhus Frederic Skinner, psicólogo norte-americano, tem um interesse diferente de Piaget (estruturas mentais). Ele explica o comportamento e a aprendizagem como consequência dos estímulos ambientais e se fundamenta no papel da "recompensa" ou "reforço". Skinner dá ênfase ao desempenho ou performance. O ensino para Skinner é como um processo de "moldagem" do comportamento do aluno, feito por meio da manipulação dos estímulos exteriores, incluindo entre estes as instruções verbais do professor (Skinner, 1972).

Percebem-se ênfases diferentes em relação aos autores anteriormente citados. Tal distinção ocorre devido aos aspectos socioculturais, formação e inspiração vivenciada por cada um e pelas abordagens diferenciadas de ensino em que se enquadram os mesmos. Tudo isso acaba refletindo e influenciando as abordagens de ensino e aprendizagem.

Uma das abordagens tratadas por Mizukami (1986) é a abordagem cognitivista que tem servido de apoio para o método PBL e que Conforme Mamede e Penaforte (2001) "a teoria do PBL será delineada, expressa em termos de princípios derivados da psicologia cognitiva". Além disto, o PBL, também, pode ser baseado na abordagem sociocultural que Freire, 1987 diz que é a verdadeira educação consiste na educação problematizadora, que se realiza como prática da liberdade, superando a contradição entre educador e os educandos dentro do diálogo, ajudando a desenvolver a consciência crítica e a liberdade de um oprimido. E essa elaboração teórica caracteriza o PBL como uma forma de aprendizagem e instrução colaborativa, construtivista e contextual.

Neste contexto a aprendizagem baseada em projetos abrange a geração, captura e transferência de aprendizagem por indivíduos e grupos dentro de configurações do projeto. Adotando a definição mais ampla de PBL, no entanto, reflete a visão de que, em última análise, o potencial de aprendizagem de projetos é influenciado não só pela dinâmica do projeto em si, mas, também pela relação entre o projeto e os diferentes contextos organizacionais (Scarbrouch, 2004).

O autor DeFillippi (2001) define aprendizagem baseada em projetos como "a teoria e a prática de utilizar atribuições do mundo real de trabalho em projetos de tempo limitado para alcançar os objetivos de desempenho obrigatórios e facilitar a aprendizagem individual e coletiva". O foco explícito de aprendizagem baseada em

projetos é uma tentativa de incorporar a aprendizagem em trabalho de projeto de tal forma que os resultados do projeto sejam tanto as tarefas (*milestones*) quanto a aprendizagem, propriamente dita.

Segundo Boss e Krauss (2007), a aprendizagem baseada em projetos, alimentada por tecnologias contemporâneas é uma estratégia correta para transformar salas de aula tradicionais de cabeça para baixo. O papel do professor muda, já não sendo o especialista de conteúdo. O comportamento dos alunos também muda. Em vez de seguir o exemplo do professor, os alunos perseguem suas próprias perguntas para criar seu próprio significado. Na aprendizagem baseada em projetos, os estudantes investigam questões abertas e aplicam seu conhecimento para produzir produtos autênticos.

São características de uma abordagem revigorada para projetos (Boss e Krauss, 2007):

- Projetos formam a peça central do currículo, não são um aditivo ou um extra.
- Os alunos se engajam em atividades do mundo real e praticam as estratégias de disciplinas autênticas.
- Os alunos trabalham em conjunto para resolver os problemas que interessam a eles.
- A tecnologia é integrada como uma ferramenta de descoberta, colaboração e comunicação, levando alunos a locais que não poderiam ir e ajudando os professores a alcançarem objetivos essenciais de aprendizagem com novas maneiras.
- Cada vez mais, os professores colaboram para desenhar e implementar projetos que cruzem fronteiras geográficas ou que até mesmo pulem fusos horários.

DeFillippi (2001) descreve as perspectivas da aprendizagem baseada em projetos:

- Pesquisa-ação: uma abordagem, associada a Kurt Lewin (1946), que combina o desenvolvimento da teoria com a pesquisa sobre problemas práticos tais como a aprendizagem ocorre quando aprendizados de pesquisa são implementados na prática.
- A aprendizagem da ação: A teorização da aprendizagem, com base no trabalho de Reg Revans (1971), em que a aprendizagem é dita ser resultado da interação entre conhecimento explícito formalmente treinado e a interpretação espontânea da experiência.
- Ciência Ação: A tradição associada com Argyris e Schön (1974, 1978), cuja prática envolveu um hábil facilitador intervindo no trabalho baseado em definições para ajudar a guiar uma nova ação através da reflexão sobre suposições tomadas como certas.
- Comunidades de prática: uma tradição desenvolvida a partir do trabalho de Wenger (1998) e Brown e Duguid (1991), em que a aprendizagem ocorre quando as pessoas têm papéis de trabalho baseados em comunidades sociais.

3 Metodologia

O desenvolvimento da proposta de PBL ocorreu durante uma oficina realizada na cidade de Manaus – AM/Brasil, nos dias 9, 10 e 11 do mês de março de 2012, na Instituição Uninorte/Laureate. O Centro Universitário do Norte (Uninorte) é a maior instituição de ensino superior da Região Norte em número de alunos. Oferece mais de 50 cursos de graduação e 12 de pós-graduação, e faz parte da rede Internacional de Universidades Laureate, a maior rede de universidades privadas do mundo. São 40 instituições credenciadas de educação presencial e à distância que oferecem programas acadêmicos a mais de 500.000 alunos em todo o mundo.

Durante a oficina os participantes foram divididos em três grupos de trabalho, cabendo a cada um a elaboração de uma estrutura de PBL a ser aplicada em um curso de Pós-graduação. O grupo, que elaborou esta proposta, foi formando por cinco professores do Uninorte/Laureate, sendo três graduados em engenharia, uma em biologia e outra em psicologia. Para o desenvolvimento da proposta o grupo de trabalho adotou e seguiu quatro etapas distintas, a saber:

- Definição do tema e enquadramento curricular do projeto;
- Definição dos papéis dos envolvidos no projeto;
- Criação de mecanismos de monitoramento e controle;
- Definição das avaliações e competências.

Na primeira etapa o grupo de trabalho avaliou, de forma qualitativa, a descrição dos cursos de pós-graduação oferecidos pela instituição, e selecionou o curso de Gestão de Resíduos e Efluentes. As demais etapas são descritas na seção "propostas" deste trabalho. Ao final da elaboração da proposta, e com o objetivo de melhorá-la, esta foi apresentada aos professores e aos demais grupos de trabalho, onde estes foram encorajados a apresentarem críticas a proposta.

4 O Curso de Pós-Graduação em Gestão de Resíduos Sólidos e Efluentes

Atualmente, os problemas ambientais têm vindo à tona e tomado proporções bastante preocupantes. Questões como a escassez dos recursos naturais, poluição das águas por efluentes domésticos e industriais, perda crescente da biodiversidade vêm preocupando as várias esferas econômicas. O mundo se encontra em uma crise ambiental nunca antes vista na história da humanidade. Para sustentar os ritmos de consumo atuais precisamos aumentar a produção, e para tanto precisamos aumentar a pressão sobre os recursos naturais, e todo este processo produtivo que sustenta o consumismo mundial gera uma grande quantidade de resíduos. E para onde vai todo este lixo? Para os rios, atmosfera, lixões, lençóis freáticos, poluído a água e o solo e causando uma degradação ambiental muitas vezes irreversível. Desta forma, consumimos mais do que o planeta pode sustentar, no que se refere a recursos naturais, e produzimos resíduos e efluentes acima da capacidade de depuração dos solos e das águas. O princípio da sustentabilidade surge no contexto da globalização como marca de um limite e o sinal que reorienta o processo civilizatório da humanidade. A crise ambiental veio questionar a racionalidade e os paradigmas teóricos que impulsionaram e legitimaram o crescimento econômico. O conceito de sustentabilidade emerge, portanto, do reconhecimento da função suporte da natureza, condição e potencial do processo de produção (Leff, 2001). Desta forma, a importância do tratamento, reciclagem e destinação correta de resíduos originários dos processos produtivos é uma das vertentes chaves para a sustentabilidade dos recursos naturais, pois com estas medidas se diminui a pressão sobre os recursos na fonte e diminui-se, também, a poluição ligada aos processos de extração. O Curso de Pós-Graduação em Gestão de Resíduos Sólidos e Efluentes é um dos 12 Cursos de Pós-Graduação oferecidos pela Uninorte/Laureate (http://posuninorte.com.br/site/index.php/br/). Os cursos possuem uma dinâmica básica, o estudante, independente do curso escolhido, inicia cursando um conjunto de disciplinas denominadas Ciclo básico, que o dará embasamento teórico-prático de maneira generalizada. As disciplinas que compõem o Ciclo Básico são Liderança, Empregabilidade e Coaching, Metodologia Científica e do Estudo, Gerenciamento de Projetos e Aprendizagem Baseada em Projetos. É importante destacar que a última disciplina do ciclo básico - Aprendizagem Baseada em Projetos – tem como objetivo introduzir ao estudante a metodologia que será utilizada durante o segundo momento. No segundo momento, o estudante será direcionado para o conjunto de disciplinas que ele irá realizar, mediante o curso escolhido, esta etapa é chamada de Ênfase. No caso específico do curso de Pós-Graduação em Gestão de Resíduos Sólidos e Efluentes as disciplinas que compõem a grade curricular do curso são Legislação Ambiental Aplicada, Classificação Gestão e Tratamento de Resíduos, Classificação Gestão e Tratamento de Efluentes, Monitoramento Ambiental e Mitigação de Impactos Ambientais. Este conjunto de disciplinas irá preparar o profissional para exercer cargos em empresas e instituições que necessitem de profissionais capacitados no planejamento e gestão de projetos ambientais que tratem do gerenciamento dos resíduos produzidos pelos diversos setores da sociedade (setores da iniciativa privada, indústrias, hospitais, conjuntos habitacionais, etc.) de modo a desenvolver planejamentos de forma economicamente viável, ecologicamente correta, socialmente justa, culturalmente aceita e em acordo com a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 que institui a Nova Política de Resíduos Sólidos. A metodologia de ensino utilizada no curso, acima citado, conta com vários recursos didáticos. Neste artigo destacar-se-á o Aprendizado Baseado em Projetos (PBL), o que se propõe é potencializar, conferir dinamicidade e aumentar o aproveitamento dos estudantes no que se refere ao aprendizado, por meio do PBL. A proposta que será apresentada a seguir foi construída em equipe em no uma oficina de PBL realizado entre os dias 09 e 11 de março de 2012, em Manaus na sede da Pós-Graduação da Uninorte/Laureate.

4.1 Construção do Projeto

Este projeto tem como objetivo a implementação do PBL para os estudantes do Curso de Pós-Graduação em Gestão de Resíduos Sólidos e Efluentes. A construção desta proposta foi composta por seis etapas, a saber:

1) Formação da Equipe

Nesta etapa os grupos se organizaram por área de interesse. Portanto, o grupo que apresenta esta proposta foi composto pelos cinco professores que irão ministrar as disciplinas do Ciclo Básico nos Cursos da Uninorte/Laureate. O PBL demanda do docente um papel diverso daquele, geralmente, encontrado em uma escola, isto é, o professor palestrante, legitimador e transmissor de conhecimentos, trabalhando isoladamente, frequentemente mais interessado em suas pesquisas que em sua prática educacional. Ao invés de transmitir conhecimentos, o docente deve, idealmente, interagir com os alunos no nível metacognitivo, ou seja, fazendo-lhes perguntas do tipo 'Por quê?', 'O que você quer dizer?', 'Como você sabe que isto é verdadeiro?' etc. e questionando seu raciocínio superficial e suas noções vagas e equivocadas (Savery e Duffy, 1998). Esse novo papel de orientador, co-aprendiz, facilitador na construção do conhecimento é um dos grandes desafios que o PBL coloca aos docentes e instituições. Na Tabela 1 está apresentada uma comparação entre os papéis que docentes e discentes assumem quando se considera a Abordagem Tradicional e a Abordagem PBL.

Tabela 1: Papel do docente e discente Abordagem ABP/PBL X Abordagem Convencional

ABORDAGEM CONVENCIONAL	ABORDAGEM PBL
▫ Docente assume o papel de especialista ou autoridade formal.	▫ Papel do docente é de facilitador, orientador, co-aprendiz, mentor ou consultor profissional.
▫ Docentes trabalham isoladamente.	▫ Docentes trabalham em equipes que incluem outros membros da escola/universidade.
▫ Docentes transmitem informações aos alunos.	▫ Alunos se responsabilizam pela aprendizagem e criam parcerias entre colegas e professores.
▫ Docentes organizam os conteúdos na forma de palestras, com base no contexto da disciplina.	▫ Docentes concebem cursos baseados em problemas com fraca estruturação, delegam autoridade com responsabilidade aos alunos e selecionam conceitos que facilitam a transferência de conhecimentos pelos alunos; ▫ Docentes aumentam a motivação dos alunos pela colocação de problemas do mundo real e pela compreensão das dificuldades dos alunos.
▫ Docentes trabalham individualmente dentro das disciplinas.	▫ Estrutura escolar é flexível e oferece apoio aos docentes; ▫ Docentes são encorajados a mudar o panorama instrucional e avaliativo mediante novos instrumentos de avaliação e revisão por pares.
▫ Alunos são vistos como *tabula rasa* ou receptores passivos de informação.	▫ Docentes valorizam os conhecimentos prévios dos alunos, buscam encorajar a iniciativa dos alunos e delegam autoridade com responsabilidade aos alunos.
▫ Alunos trabalham isoladamente.	▫ Alunos interagem com o corpo docente de modo a fornecer *feedback* imediato sobre o curso com a finalidade de melhorá-lo continuamente.
▫ Alunos absorvem, transcrevem, memorizam e repetem informações para realizar tarefas de conteúdo específico, tais como questionários e exames.	▫ Docentes concebem cursos baseados em problemas com fraca estruturação que prevêem um papel para o aluno na aprendizagem.
▫ Aprendizagem é individualista e competitiva.	▫ Aprendizagem ocorre em um ambiente de apoio e colaboração.
▫ Alunos buscam a 'resposta correta' para obter sucesso em uma prova.	▫ Docentes desencorajam a 'resposta correta' única e ajudam os alunos a delinearem questões, equacionarem problemas, explorarem alternativas e tomarem decisões eficazes.
▫ Desempenho avaliado com relação a tarefas de conteúdo específico.	▫ Alunos identificam, analisam e resolvem problemas utilizando conhecimentos de cursos e experiências anteriores, ao invés de simplesmente relembrá-los.
▫ Avaliação de desempenho escolar é somativa e o instrutor é o único avaliador.	▫ Alunos avaliam suas próprias contribuições, além de outros membros e do grupo como um todo.
▫ Aula baseada em comunicação unilateral; informação é transmitida a um grupo de alunos.	▫ Alunos trabalham em grupos para resolver problemas; ▫ Alunos adquirem e aplicam o conhecimento em contextos variados; ▫ Alunos encontram seus próprios recursos e informações, orientados pelos docentes; ▫ Alunos buscam conhecimentos e habilidades relevantes a sua futura prática profissional.

Fonte: Ribeiro, 2005

2) Definição do tema

Posteriormente, trabalhou-se na definição do tema e enquadramento curricular do projeto. O tema foi escolhido mediante a abrangência e destaque que o assunto vem recebendo, atualmente.

3) Proposta propriamente dita
   a. Objetivos
      i. Objetivo Geral: Propor um modelo de Gestão de Resíduos e Efluentes de uma ou mais Organizações.
      ii. Objetivos Específicos:
         1. Caracterizar e quantificar os resíduos sólidos;
         2. Caracterizar e quantificar os Efluentes;
         3. Estruturar uma sistemática para o monitoramento ambiental;
         4. Selecionar mecanismos de mitigação de impactos ambientais.
   b. Estrutura básica do Processo de Implementação

A execução do projeto foi dividida em três etapas, a saber: 1) Início: realizar-se-á um encontro de quatro horas, que será utilizado para as seguintes atividades, apresentação dos professores envolvidos no PBL, apresentação dos papéis de cada um dos professores dentro do projeto, divulgação do calendário de Tutoria, formação das

equipes, apresentação do tema; 2) Execução: esta etapa envolverá os alunos mais ativamente e tratará do cumprimento das disciplinas, realização das avaliações parciais, execução do projeto proposto pela equipe de estudantes. E durante toda a execução os professores estarão acompanhando os alunos por meio de mais três encontros presenciais de tutoria; 3) Encerramento: neste momento os estudantes deverão apresentar os resultados obtidos por seus projetos. Os professores tutores por sua vez farão a avaliação final e realizarão a divulgação das notas. Concomitante as etapas, anteriormente, citadas haverá um monitoramento e controle de todas as etapas, a definição de quem desempenhará este papel ainda esta em discussão.

c. Detalhamento das Fases de Execução

Tabela 2: Detalhamento das Fases de Execução do Projeto

Fases	Equipe Envolvida	Atividade	Marco	Competências desenvolvidas pelos discentes
Fase 1	Professores das disciplinas da Ênfase	Definição do Tema	Tema Definido	-
Fase 2	Professores e estudantes	Apresentação dos papéis; Calendário de Tutoria; Formação das Equipes; Apresentação dos Temas.	Equipes formadas	-
Fase 3	Professores das disciplinas, tutor e alunos	Disciplina Legislação Ambiental	Relatório com a Caracterização da Organização e dos produtos ou serviços	1. Selecionar as legislações específicas relacionadas a resíduos e Efluentes; 2. Avaliar a aplicação da legislação especifica nas organizaçoes a serem diagnosticadas; 3. Comparar o que preconiza a legislação com o que é praticado nas organizações diagnosticadas;
Fase 4	Professores envolvidos com as disciplinas da Enfase e tutor	Disciplina Caracterização, gestão e tratamento de Resíduos Sólidos	Relatório com a Caracterização é quantificação dos Resíduos Sólidos da	1. Categorizar os resíduos sólidos; 2. Descrever as opções de tratamento dos resíduos sólidos; 3. Listar formas de gestão para os resíduos sólidos
Fase 5	Professores envolvidos com as disciplinas da Enfase e tutor	Disciplina Caracterização, gestão e tratamento de Efluentes	Relatório com a Caracterização é quatificação dos	1. Categorizar os efluentes; 2. Descrever as opções de tratamento de efluentes; 3. Listar de formas de gestão para os resíduos sólidos
Fase 6	Professores envolvidos com as disciplinas da Enfase e tutor	Discplinas Monitoramento Ambiental e Mitigação de Impactos Ambientais	Apresentação de Proposta para Gestão dos Resíduos e Efluentes caracterizados e Quatificados	1. Descrever os metodos de Monitoramento Ambiental e Mitigação de Impactos Ambientais; 2. Selecionar os melhores metodos de acordo com o projeto desenvolvido pela equipe; 3. Demonstrar a aplicabilidade dos metodos discriminados por meio das propostas;

d. Avaliação

A Avaliação será realizada levando se em consideração os produtos apresentados em cada um dos marcos especificados na Tabela 1. Desta forma, para cada entrega realizada será feita uma avaliação por parte do Professor/Orientador (professor da disciplina) e por parte do tutor que estará acompanhando o projeto. Ao final todas as entregas serão consolidadas em um único produto que será entregue e apresentado para a avaliação do tutor. Além das entregas, o professor/orientador também será responsável por aplicar duas avaliações individuais em sua disciplina. A nota final da Disciplina e do Projeto será uma composição das notas mencionadas como pode ser visto na figura 1.

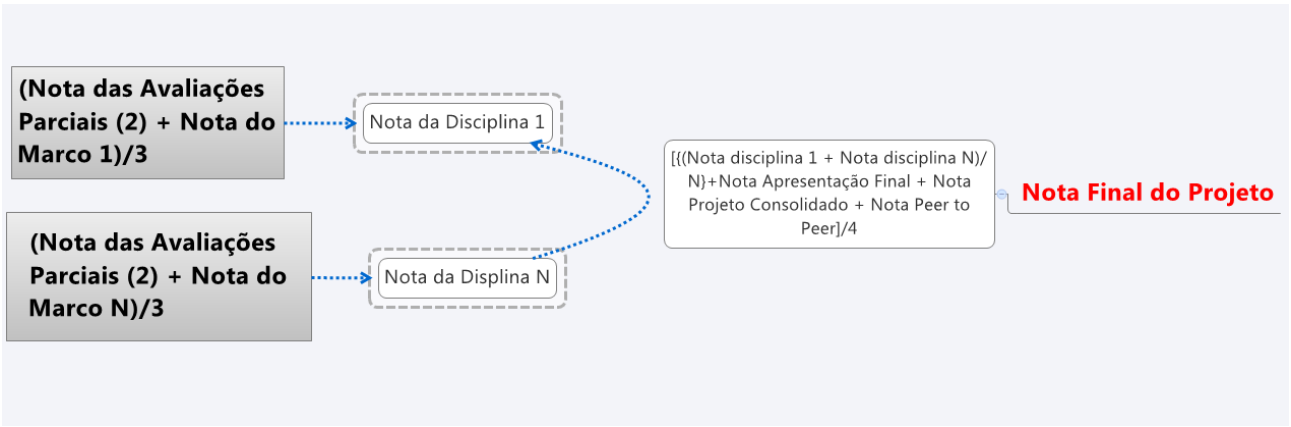


Figura 1: Estrutura Avaliativa (Figura por Fabiane Almeida)

5 Análise dos resultados

Os resultados tangíveis esperados compõem-se dos relatórios a serem entregues pelo aluno onde será possível quantificar se os objetivos propostos foram alcançados através das metas preconizadas e detalhadas no projeto apresentado, constando ainda a Proposta de Gestão como diferencial destes resultados, onde soluções e ideias inovadoras devem surgir sendo devidamente registradas nas etapas de execução.

Quanto aos resultados intangíveis elencaram-se as competências transversais, como resultados mais positivos na aplicação do PBL do que nos currículos tradicionais, evidenciando-se principalmente as Competências de Gestão de Projetos, no tocante a Gestão do Tempo, por exemplo, por ser um fator determinante quanto aos prazos indicados nas etapas de execução. Na tabela 3 são apresentados de forma detalhada os resultados esperados, bem como, as metas e atividades associadas a cada objetivo proposto.

6 Conclusões preliminares

Todo sucesso na aplicação do PBL, está sustentado na sintonia entre:

- Tutores e professores. Cujos papéis devem ficar bastante elucidados para que as funções específicas não sejam generalizadas.
- Alunos, Professores e Tutores. Para o aluno, muitas vezes, as atribuições são idênticas, porém, somente com as atividades de rotina do projeto este hábito deixa de existir.
- Alunos com os pares. Na aplicabilidade do PBL diferentes interpretações devem ocorrer o que conduz para uma discussão que irá promover diversidade nas conclusões, um acordo deverá acontecer ou não, o que poderá ser evidenciado pelo aparecimento de variáveis.

Referências

Boss, S.; Krauss, J. (2007). Reinventing Project Based Learning: Your Field Guide to Real World Projects in the Digital Age. Eugene, OR, EUA: Iste.

DeFillipi, R. J. (2001). Introduction: Project-based learning, reflective practices and learning outcomes. Management Learning. v.32(1), p.5-10.

Freire, P. (1987) Pedagogia do oprimido. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra.

Herder/Ed. da Universidade de São Paulo 260 p.

Keegan, A.; Turner, J. R (2001). Quantity versus Quality in Project-Based Learning Practices. Management Learning. v.32(1), p.77-98.

Mamede, S.; Penaforte, J. C.(Orgs.) (2001). Aprendizagem baseada em problemas: anatomia de uma nova abordagem educacional. Fortaleza: Hucitec, 232 p.

Mizukami, M. G. N. (1986). Ensino: as abordagens do processo. São Paulo: EPU 119 p.

Piajet, J. (1964). Seis estudos de psicologia. Tradução Maria Alice Magalhães D'Amorim; Paulo Sérgio Lima Silva. Rio de Janeiro: Forense, 152 p.

Rhodes, Carl; Garrick, John. Project-Based Learning and the Limits of Corporate Knowledge. Journal of Management Education. v.27(4), p.447-471, aug. 2003.

Ribeiro, L. R. C. (2005). A aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma implementação na educação em engenharia na voz dos atores. Tese de Doutorado em Educação apresentada a Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2005.

Sá Filho, C. S.; Machado, E. . C.(2004). O computador como agente transformador da educação e o papel do objeto de aprendizagem. Universia. Disponível em: http://www.universiabrasil.net/materia/materia.jsp?id=5939. Acesso em: 21 abril 2012.

Savery J. R.; Duffy, T. M. (1998). Problem-based learning: an instructional model and its constructivist framework. In: FOGARTY, R. (ed.). *Problem-based learning: a collection of articles*. Arlington Heights: Skylight p. 72-92.

Scarbrouch, H.; Bresnen, M.; Edelman, L. F.; Laurent, S.; Newell, S.; Swan, J. (2004). The Processes of Project-based Learning: an exploratory study. Management Learning. v.35(4), p. 491-506.

Skinner, B. F. (1972). Tecnologia do ensino. Trad. Rodolpho Azzi. São Paulo:

Tabela 3: Resultados Esperados

OBJETIVO ESPECÍFICO	METAS	INDICADORES	ATIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS
1. Caracterizar os aspectos da gestão dos **resíduos sólidos,** a fim de subsidiar a estruturação de propostas relacionados a este tema; 2. Caracterizar os **aspectos da gestão dos efluentes**, a fim de subsidiar a estruturação dos projetos relacionados a este tema; 3. Estruturar uma sistemática para o monitoramento ambiental; 4. Selecionar mecanismos de mitigação de impactos ambientais ligados aos Resíduos Sólidos e Efluentes;	1.1 Caracterização da gestão dos resíduos (coleta, transporte, destino final, aproveitamento, dentre outros); 1.2 Consolidação dos diagnósticos (caracterização e quatificação) dos resíduos nas organizações envolvidas, por meio de levantamentos temáticos; 1.3 Estruturação de propostas de gestão relacionados a este tema baseados nos diagnósticos consolidados. 2.1 Explicação dos métodos de tratamento de água e esgoto; doenças de veiculação hídrica, dentre outros) das organizaçoes envolvidas no projeto. 2.2 Consolidação dos diagnósticos (caracterização e quatificação) dos resíduos nas organizações envolvidas, por meio de levantamentos temáticos; 2.3 Estruturação de propostas de gestão relacionados a este tema baseados nos diagnósticos consolidados. 3/4.1 Explicação dos métodos de monitoramento e mitigação de impactos ambientais associados a resíduos sólidos e efluentes; 3/4.2 Apresentação de medidas de mitigação de impacto ambiental; 3/4.3 Estruturação de propostas de monitoramento ambiental;	(08) Professores envolvidos; (60) Alunos do Curso de Pós-Graduação em Gestão de Resíduos e Efluentes; (≈ 15) Dirigentes de Organizações que estarão envolvidas nos Projetos. (≈ 07) Propostas de Gestão de Resíduos para as Organizações envolvidas, Município de Manaus e/ou entorno;	1. Levantamento de dados em campo e em laboratório para a composição de diagnósticos; 2. Reuniões Institucionais, quando estas se fizerem necessárias (Organizaçoes da esfera pública e privada); 3. Identificação, destinação e manutenção dos resíduos sólidos e/ou efluentes do local escolhido para o desenvolvimento do projeto; 4. Levantamento da efetividade da implantação do aterro sanitário; 5. Estudo da viabilidade da implementação de cooperativa e associação uma das soluções para aproveitamento de resíduos municipais; 6. Levantamento das fontes de contaminação dos pontos de captação de água para o consumo humano; 7. Identificação e descrição da contaminação dos recursos hídricos pelas atividades desenvolvidas pela organização escolhida;	1. Workshop para apresentação das propostas e resultados adquiridos com o Pojeto desenvolvidos; 2. Desenvolvimento de produtos relacionados a gestão de resíduos e/ou efluentes tais como, sistemas de gerenciamento, sistemas de monitoramento, medidas mitigadores, propostas para gestão de resíduos que melhor se adequem a cada local estudado. Todos os produtos serão adequados a realidade das organizaçoes estudadas, municipio de Manaus e/ou seu entorno; 3. Acréscimo de conhecimentos, tanto para a equipe atuante (Tutor, professores e alunos) quanto para os atores envolvidos direcionados as especificidades da realidade apresentada pelos locais estudados; a) Acúmulo de experiências na aplicabilidade da pesquisa participativa; b) Construção de projetos voltados à realidade organizacional; c) Organização de eventos científicos. 4. Proposta de alternativas para geração de renda e emprego aos atores sociais envolvidos com a coleta de resíduos, tais como associaçoes e cooperativas; 5. Apresentação dos Diagnósticos realizados em cada uma das organizações envolvidas; 6. Entrega dos marcos especificados na Tabela 1; 7. Aquisição das Competências Comportamentais em cada um dos Domínios Cognitivo, Afetivo e Psicomotor (Bloom, 1956-1964). Por Exemplo: ***Nível conginitivo*** **Classe Conhecimento :** Caracterizar os resíduos; **Classe Compreensão:** Selecionar as melhores formas de tratamento para os resíduos, anteriormente caracterizados; **Classe Aplicação:** Organizar um sistema de gerenciamento de resíduos; **Classe Analise:** Comparar o sistema proposto com o que é praticado na Organização estudada; **Classe Sintese:** Explicar o processo de Sistema de Gerenciamento de Resíduos proposto; **Classe Avaliação:** Validar o Sistema de gerenciamento proposto por meio da implementação do mesmo;

Paper Session C1

The Necessity of Tutors in Engineering Education

Mira Trebar

Faculty of Computer and Information Science, University of Ljubljana, Trzaska cesta 25, 1000 Ljubljana, Slovenia

Email: mira.trebar@fri.uni-lj.si

Abstract

Tutoring becomes one of the important activities at many universities in all kind of forms with different implementations. The evolution of new technologies enables different possibilities of tutoring in engineering education with computers that are very important and useful. Since the use of tutoring is becoming necessary we present the adopted approaches of tutoring systems at the University of Ljubljana, Faculty of Computer and Information Science. Furthermore, the importance of tutors for students with special needs will be examined and some ideas how to successfully include them in engineering education will be introduced.

Keywords: tutor, experience, engineering, E-learning, Moodle.

1 Introduction

In the past, there was a minority of young population studying and engineering schools were occupied with good students that were mostly able to learn all required material to pass the exams. This has been changed with swing of technologies and the demand to have highly educated people all over the world. Today, we are facing in Europe with more than 70% of young people studying at the university. There are many students struggling to pass their exams and need help in an academic setting. One way or another, higher education system is searching for different solutions where tutoring seems to be one of the most promising. To help students and to overcome the gap in the knowledge of students several types of tutoring were recognized. Tutors will help them in teaching, planning, and monitoring the academic and also the personal progress. One of the expressions heard from tutors at the University of Ljubljana is »With us is easier!«.

The importance of tutoring to the students as an additional option to regular teaching activities is presented. The paper gives an overview of two important objectives in education. At first, the basic introduction of four different tutoring methods that can be used is described. After that, the present tutoring adapted at the University of Ljubljana, Faculty of Computer and Information Science will be discussed, where the main issue is how to organize a good tutoring for students with special needs.

2 Tutoring methods

Tutoring is introduced to the education with the intention to help students during their studies. To satisfy these conditions the following types of tutoring are identified:

- Conventional tutoring – students are solving problems in the classroom.
- E- tutoring – students get a course material with solved examples on a computer, learn that, solve an e-quiz and get the results of their success.
- Intelligent tutoring – a computer program.
- Project-based tutoring – solving a problem in a team work.

Different tutoring systems are very good opportunity for students to find the best one that suits their needs. They can and will be able to choose one or several type of tutoring depending on the subject or the way they find efficient.

2.1 Traditional tutoring

The traditional tutoring method is used to fill in skills gaps by identifying and teaching students the parts of mathematics, programming and other. Very often, this type of tutoring is very successful for students that are interested in more practical work. The tutor is familiar with the course material, is prepared to explain problems and to answer the questions prepared by students. In the classroom is normally a group of student which are expecting to compensate the knowledge explained by a professor in the period before the examination (Figure 1).

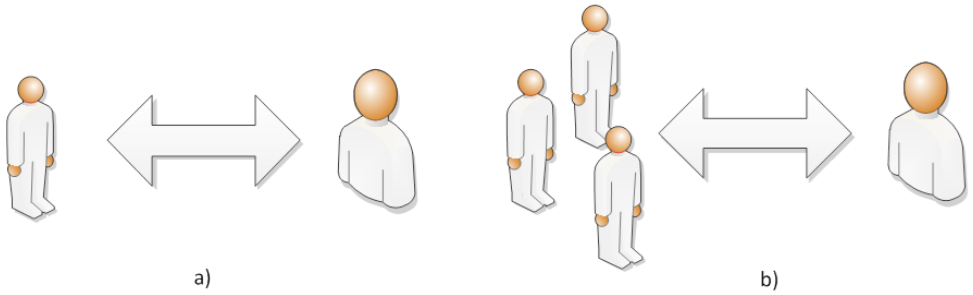


Figure 7: Traditional tutoring: a) One student - One tutor, b) Many students – One tutor.

Rarely, it also happened that only one student comes or there is no interest in tutoring at the beginning of the semester. We can say that this kind of tutoring is usually adapted to student's interest and prepared by tutors which are students receiving good marks at the specific course in earlier years of study. Normally, it is organized and offered when needed.

2.2 E-tutoring

In the E-tutoring system or web learning, the role of a tutor is moved to a computer and is a kind of a self-tutoring on the web. For this, we use a software platform Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment), defined as an Open Source Course Management System (CMS), also known as a Learning Management System (LMS). It is very popular as a tool for creating online dynamic websites (Cole, & Foster, 2008). Usually, it is installed on the university web server, accessible and used by teachers and students at any time either during the courses or at home. The users can have several activity modules (forums, databases and wikis) to build collaborative communities of learning around their subject or they can just deliver course content to students and assess learning using assignments or quizzes. In Figure 2 are shown the activities of a student and a tutor (teacher) directly at the computer which is supported by personnel meetings agreed in Moodle. A tutor prepares the course material, additional examples, questions and answers to be published, examines the results and defines marks. Students use Moodle to solve problems, present answers in questionnaires and uploads files with solutions. When Moodle is used during practical work student can directly address the tutor with any questions.

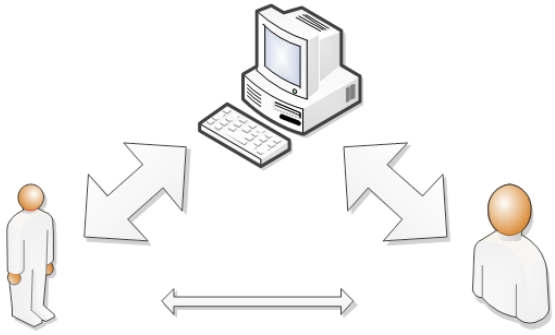


Figure 2: E-tutoring.

For tutoring, a session module for Moodle is available and can be used to allow teachers to administrate and schedule tutoring hours and students to make appointments for interview sessions from timeslots within timetable view. It was first developed under Moodle version 2.0 in November 2010 (Moodle, 2012). The activities are then supported by detailed course material with explanations of problems, mainly a practical approach to answer the questions which are prepared by a teacher. The general features are:

- E-mail notifications.
- Help icons on the Tutorship's elements.
- Records user activities.

Student's features are:

- A choice of the teacher they want to see timetable from.
- Use of the time slot they want to reserve, and they can cancel their requests.
- Current week and next week time slots view from Tutorship timetable.
- Can reserve slots up to a maximum of 4 reserves (depends on teacher's timetable configuration).
- Students will receive in their email box a confirmation or cancellation of their request, and they can also see confirmation from the timetable view.

Teacher's features are:

- Time slots view from Tutorship timetable.
- Confirming or cancelling reservations from the timetable view.
- Editing timetable and saving up to three timetables.
- Adjusting settings to all timetables, like: enable/disable sending mail to teacher, set the number of reservation request per student (up to 4 as maximum), enable or disable student requests (students will not have the reserve link).

2.3 Intelligent tutoring systems

The ideas of using intelligent tutoring system (ITS) date more than twenty years ago and were defined as a way in which artificial intelligence techniques were applied to education (Nwana, 1990). This is a program offered to an individual student where the role of a tutor is transferred from a person to a computer (Figure 2). It is designed as an educational system that provides instructions, results and gives to a student self-improving options. ITS is the interdisciplinary field that investigates the question whether this system can provide the instructions tailored to the needs of the individual students by integrating research in Artificial Intelligence, Cognitive Science and Education.

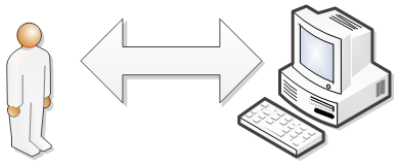


Figure 3: Intelligent tutoring.

Afterwards, ITS was used in education for modeling instructional, teaching strategies and for enhancing educational program (Negoita, 2004). A hybrid system using Fuzzy-Neural-Genetic Algorithm techniques for optimizing the presentation of learning material to a student was presented.

2.4 Project-based tutoring

The project-based tutoring is a challenge to many teachers. Usually, there is not easy to implement an approach where student activities are learning instead of teaching. It is expected that students already have the knowledge about the specific course material. Students are working on a project and tutors are guiding them towards the solution. This process can be described in four steps presented in Figure 4. It is very important to organize the work, to motivate all students in the group, to initiate the activities and to achieve some results.

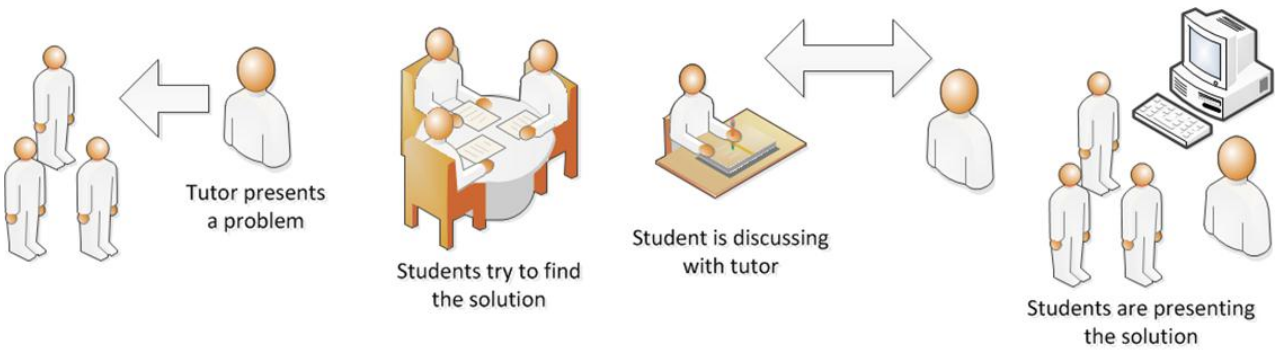


Figure 4: Project- based tutoring.

At the University of Minho the project-led education was implemented at many courses. For evaluation of teachers-tutors success a questionnaire was developed to identify expectations and opinions of students towards their tutors (van Hattum-Janssen, & Vasconcelos, 2008; Powell, & Weenk, 2003). As a result, it is very important to get from the answers the information about the progress of the project, development of team-work, individual learning, assessment and brainstorming topics.

3 Tutoring at University of Ljubljana

The University of Ljubljana (UL) was founded in 1919 and ranks as a very large one with 23 faculties and 3 arts academies. It is based in a capital city, Ljubljana with more than 63,000 graduate and postgraduate students, approximately 4000 higher education teachers. All of the study programmes from the academic year 2007/2008 are offered in accordance with the Bologna declaration in European Union.

At the UL, tutoring system was been implemented in years 2006-2009 with the intention to help first year students to be quickly and easily comprised in the university life. The main objective was the support to students focusing on their studies, including academic progress and also their personal development. Different forms of tutoring are known on the basis of following criteria:

- Who is tutoring?
- Whom is it offered?
- What kind of help is offered?

Based on just explained tutoring we can distinguish:

- Teachers' tutoring – teachers are tutors.
- Students' tutoring – students of higher years are tutors.

Usually, a teacher-tutor will advise students about courses, programs, carrier possibilities and other questions during the study period. The most interested and searched is the support from students at a higher grade level or experience in an academic setting. They can help to encourage a student with problems so that they do not fall behind. This is an important role that can enrich both groups of students by getting new experience and knowledge that lead to affirmative study approach and better results. The system is already accepted and is working well but there is always a problem with the number of students – tutors.

3.1 Definition of roles in tutoring system

For the achievement of the selected objectives it is important to specify the roles of all members in the tutoring system (Kert & Perovšek, 2011). Every person needs to accept the duties and the responsibilities to enable the system to work. To point out the most important ones, we can distinguish the following:

- **Student** is a person studying at the university that needs and will accept the help and advices from the tutor.
- **Student tutor** is a personal advisor of students that need help. He is a regular student at least in the second year at the university.
- **Teacher tutor** is a personal advisor of students which offers students individual consultations.
- **Coordinator of student tutors** is a person which organizes and coordinates tutoring work at the faculty.

Additionally, there is another very important objective in the tutoring system to support students with special needs for which is very important not to be excluded from the higher education system. For them is in tutoring system appointed a coordinator for students with special needs. He gives them special type of support depending on their disabilities, encountered challenges and monitors their progress. In this case, is very important the individual help and coordination of some activities regarding the problems of specific courses.

3.2 Tutoring at the Faculty of Computer and Information Science

Tutoring was started as a need to help students in the first year. They had some difficulties concerning the comprehension of basic courses like mathematics and programming. For the present, at the Faculty of Computer and Information Science are active four types of tutoring:

- Traditional tutoring.
- Tutoring for foreign students – social activities.
- Tutoring for student competition – solving problems.
- Tutoring for students with special needs.

By introducing and implementing tutoring to students, we experienced that a lot of them didn't recognise it as an opportunity to improve knowledge. Only a small number of students came to tutoring hours and mostly before the exams. Student tutors were answering their questions and helping them to solve practical exercises.

Usually, for the traditional tutoring at the engineering studies we try to include the students of the first year where they bring insufficient knowledge from the secondary school or they come from different fields of

schools. They need some additional explanation or practical exercises of specific subject. The tutoring is included in weekly activities by including student tutor in the process of practical exercises where also an assistant is present and they are coordinating the activities by the need of students. They have the help to solve problems immediately during the activity to be able to follow the course.

A few years ago, the changes of education programs defined by Bologna declaration included the use of web enabled (E-learning) teaching and tutoring methods to improve the communication and availability of course material to students. Moodle is used to allow teachers to administrate and schedule regular activities which can be also recognised and enabled as a tutoring module.

3.3 Tutoring system for students with special needs

In many countries, one of very important questions is: »How to include students with some disabilities or those with special needs into educational system«. However, some students are having more or less difficulties and teachers can help them to work together and achieve the best possible achievement (Stefanich, 2007). Lately, universities value and support the socialization of everyone present, especially they give opportunities to all young generation that is willing to study. The personal computer helps increase the participation and provides greater possibility of interactions with other people.

Students with reading, writing or any other disability problems should get support from the institution where they are studying. The basic goal of any university is to give every student the help to be successful in their chosen studies on as equal terms as possible. Students need different kind of educational support and assistance depending on the disability. It means that there should be more or less an individual tutoring available which is adapted to a student. The tutoring includes:

- Help with notes – written course material, recorded information.
- Individual students/teachers tutoring.
- Additional explanation of course material.
- Certain technical aids (video, audio).

Many students with disabilities are not able to acquire the desired learning outcomes as quickly as other students what doesn't mean that they can't learn. To achieve the best results by tutoring students with special needs it is very important to identify what kind of tutoring method is suitable for individual student. For this reason, one teacher is appointed as »A tutor-coordinator for students with special needs!« to direct the activities. We need to consider the type and the stage of disability together with his physical and mental abilities. Our approach to resolve this issue is the following:

- A student sends an official application with documents for a special status.
- The appointed commission recognizes his special needs based on his medical and personnel notes.
- A tutor-coordinator for students with special needs:
  - Invites the student to an official conversation to define the individual tutoring program. Student can invite a parent to be informed about the activities when he offers him some help.
  - Informs all the teachers about the student with special needs.
  - Monitors and reviews student's progress.
- A student with special needs:
  - Discusses with individual teacher or his assistant the best option of tutoring method that suits him.
  - Reports his activities to a tutor-coordinator for students with special needs.

The presented approach was introduced in the year 2010/2011. Students can use available E-tutoring on Moodle and traditional tutoring either from students or teachers. Most of them weren't using additionally offered traditional tutoring but only issued supported activities, like extended time at the exam. In one example, a student came to the tutor for students with special needs with his father. After the discussion, a tutoring plan was made, the communication with teachers was established and his progress was monitored. After first year of this approach, the student successfully finished most of the courses and continues working with this type of tutoring this year.

For now, we don't have enough student tutors which will be included into this approach. The role of the tutor is transferred to teaching assistants at the faculty and they are taking some additional time to work with the student during the semester. They give the student some additional explanations and answer to their questions. There is not included any special training for this kind of tutoring. A tutor-coordinator organizes meetings with the student and reviews his progress.

4 Conclusion

It is more and more important to include, adapt and maintain a good tutoring system in engineering education. Mostly, traditional tutoring and E-tutoring are used at the University of Ljubljana, Faculty of Computer and Information Science. There is no doubt about the benefits of student tutoring. Teachers value the additional knowledge presented to students to overcome problems identified during the course and to easily pass the exam. Students are satisfied with additional attention and the opportunity to get help when needed. Student tutors gain from the experience of tutoring. They can develop the confidence, communication skills to different groups of students. The important role in our education is given to the recognition and the need of accepting students with special needs. They should receive all the help to achieve the same results as their colleagues.

Unfortunately, we are still not recognising the benefit of project-based approaches in engineering education that is already used at many universities all over the world. Teaching of particular course is performed in two parts. Firstly, lectures consist of theoretical part which is given to the students. Afterwards, students are occupied with practical work in the laboratory to get the knowledge needed to perform additional homework. Most of the work is done on the individual basis. At this point, the collaborative and team work which could provide better results than the individual or standard teaching approach is not implemented yet.

There is only a minority of student included in the tutoring for student competition where they learn how to solve problems which are addressed to the heterogeneous subjects. With the discussion of problems, getting ideas, perform brainstorming, finding solutions students learn how to be innovative, how to help each other. Actually, the challenge of using the project-based learning at the Faculty of Computer and Information Science in the combination with tutoring is open and is waiting to be considered in the future.

References

Cole, J., & Foster, H. (2008). Using Moodle: Teaching with the Popular Open Source Course Management System. O'Reilly.

Moodle. (2012). http://moodle.org/about/

Negoita, G. M., Pritchard, D. (2004). Using a virtual student model for testing intelligent tutoring system. Interactive Technology & Smart Education (1), 195 - 203.

Nwana, S.H. (1990). Intelligent Tutoring Systems: an overview. Artificial Intelligence Review, (4), 251-277.

Powell, P. C., & Weenk, W. (2003). Project-led engineering education. Utrecht: Lemma.

Stefanich, G. P. (2007). Inclusive Science Strategies. Dubuque, IA: Kendall-Hunt Publishing Company.

Kert, A., & Perovšek, V. (2011). Tutorski priročnik Univerze v Ljubljani. Univerza v Ljubljani.

van Hattum-Janssen, N., Vasconcelos, R.M. (2008). The role of the tutor in project-led education: the development of an evaluation instrument. International Conference on Engineering and Technology Education (INTERTECH 2008), Sao Paulo, Brasil, 27 - 31.

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PROJECT APPROACHES IN ENGINEERING EDUCATION

Project-Based Learning in Civil Engineering Education: an Experience at the University of São Paulo

Fernanda B. Silva[*], Fernando H. Sabbatini[*], Mercia M. S. B. de Barros[*]

[*] Department of Civil Construction Engineering, School of Engineering, University of São Paulo, 05508-900 São Paulo, Brazil

Email: fernanda.belizario@gmail.com, fernando.sabbatini@poli.usp.br, mercia.barros@poli.usp.br

Abstract

To be professionally successful today, Engineers must have more than technical competence. Social skills are increasingly required, as well as good ability for problem solving. Therefore, Engineering education should be designed to help students develop these skills. One approach considered suitable is Project-Based Learning (PBL), which employs real-world problems to facilitate learning, thus enabling students to acquire academic concepts and to exercise the aforementioned abilities. Our aim is to present a PBL experience in Civil Engineering at the University of São Paulo, analyzing its success from the students' point of view. It consists of a course based on the development of the complete design, planning and budget of a house, in groups of four students. A questionnaire was applied to evaluate students' perception about the discipline. Results show that they were satisfied with the method and that learning was effective, indicating that PBL implementation should be expanded in Engineering education.

Keywords: Project-Based Learning; Civil Engineering; Engineering education.

1 Introduction

Nowadays, engineers face ever increasing professional challenges, due to the rising pace of technological advance, to society complexity (e.g.: environmental demands), to the shortage of natural resources, among many other factors. Therefore, in addition to technical competence, these professionals must have other abilities to be successful, such as (Mills & Treagust, 2003; Ribeiro, 2008):

- working in groups;
- oral and written communication skills;
- continuous self-learning;
- flexibility to adapt to unexpected situations;
- leadership;
- organization;
- management abilities (e.g. time management, people management).

In other words, engineers must be prepared to efficiently solve problems, applying concepts and theories in practice; dealing with incomplete data, uncertainties and conflicting demands; and working properly in groups and in the society in which they participate. Therefore, in order to prepare good professionals, engineering education should be designed to help students to develop these skills.

One approach considered suitable for this context is Project Based Learning (PBL), defined as "*a systematic teaching method that engages students in learning essential knowledge and life-enhancing skills through an extended, student-influenced inquiry process structured around complex, authentic questions and carefully designed products and tasks*" (PBL online, 2012). In a more simplified manner, PBL is a teaching model that organizes learning through the development of projects that are representative of real-life situations (Ribeiro, 2008). The difference between PBL and common exercises in traditional courses is that, in the first case, project development precedes the theory and is the means for learning (Thomas, 2000). There are also other characteristics that must be observed to define PBL: projects must be developed in groups, so that attitudinal skills are stimulated (Lima et al., 2007); interdisciplinarity and usage of multiple types of knowledge must be enhanced whenever possible (Heitmann, 1996); project development must be facilitated by professors (Ribeiro & Mizukami, 2005); and students' critical view must be encouraged (Heitmann, 1996).

PBL is considered to improve learning when compared to traditional classes, because it requires students to collect information and to reflect about it for a particular context, thus activating cognitive structures that turn information into knowledge (Thomas, 2000; Ribeiro, 2008). PBL also compels students to develop the aforementioned behavioral skills, due to their exposure to a simulation of real problems (which requires decision-making, dealing with uncertainties, project development management, etc.) and also to the group in which the project is developed (demanding interpersonal relations, discussion, communication, etc.) (Kolmos, 1996; Lima et al., 2007). According to Ribeiro (2008), there are many studies that point to a wide acceptance of PBL both by students and professors who experienced this method.

However, it is important to explicit the educational objectives involved in PBL, so that students can relate project development to the expected learning (Thomas, 2000). Also, if there is no content transmission during the course, students tend to consider PBL "superficial" (Ribeiro, 2008). Therefore, it is important that the project is carefully designed for learning purposes and that groups are adequately configured, allowing all members to participate (Lima et al., 2007). A drawback which is often mentioned, but does not characterize a problem indeed, is that PBL requires more effort than traditional courses, both from students (for project development) and from teachers/professors (for course preparation) (Kolmos, 1996).

PBL was first proposed in 1969 by McMaster University in Canada, for the whole Medicine curriculum, and was then defined as Problem-Based Learning. As in Engineering problem solving frequently means developing a project, this method was renamed "Project-Based Learning" (Ribeiro, 2008). There are some engineering schools that apply PBL to the entire curriculum (e.g. Aalborg University, in Denmark), but it is also possible to use it in only part of the course or even in isolated disciplines (Ribeiro, 2008). Furthermore, PBL is not opposed to traditional courses, making it possible to integrate both methods with considerable benefits (Heitmann, 2008).

Considering the importance of PBL, its great potential for improving engineering education and the need of discussing this method, our aim is to present an experience of Project-Based Learning of a course that integrates the Civil Engineering curriculum in the School of Engineering of the University of São Paulo, analyzing its success from the students' point of view.

2 Course description

The course "Production of Small Buildings: from Design to Project Delivery" is offered as an optional discipline in the 5th year (last year) of the Civil Engineering curriculum at the School of Engineering of the University of São Paulo (EPUSP), since 2006. The aim is to completely prepare students to work as self-employed house constructors after graduation. It encompasses topics related to: legal issues concerning construction in Brazilian cities; house design (architecture, structure, installations); cost estimates; planning and construction management. A large part of the content is learned in previous courses and, therefore, this discipline plays an important synthesis role at the end of the undergraduate course. On the other hand, previous curriculum is mainly focused on high-rise buildings and infrastructure projects; thus, new concepts need to be developed for house projects, which represent novel knowledge.

The course lasts one semester and has a weekly 100-minute class, in which content about house construction is exposed. But the main point of the discipline is the full project development of a two-story house, which is made throughout the course, in groups of 4 students. Classes can be utilized to solve general doubts and to exchange information with other groups (informally). In addition, every two weeks, students can schedule a 30-minute meeting with professors, who act as consultants, discussing specific demands of each project and possible solutions to the problems raised by the group. Thus, in order to utilize time of classes and consultancy efficiently, students need to develop the project in their free time and have to be prepared for the meetings.

There are four project deliveries during the course. The content of deliveries follows the documents usually required for financing house construction for individual use in Brazil:

- Delivery #1 (7th class):
  - Drawings for approval, according to construction legislation of the city where the chosen site is located (the site must be real) and in the format defined by its respective municipality;
  - Data-sheet with project specifications;
  - Technical responsibility term (known in Brazil by the acronym ART – "*Anotação de Responsabilidade Técnica*" – Technical Responsibility Registration), in the format defined by the Regional Engineering, Architecture and Agronomy Council (CREA). No real term submission is required.
- Delivery #2 (13th class):
  - Engineering design, containing architecture and structure drawings; with all graphic representations required for fully understanding the construction (floor plans, sections, elevations, ground profile, stair details, etc.).
- Delivery #3 (15th class):
  - Bill of materials;
  - Budget;
  - Construction schedule.
- Delivery #4 (17th/last class):

- Hydraulic drawings;
- Electric drawings;
- Public presentation of all drawings to the other groups in class.

All deliveries are evaluated by professors and constitute the major part (two thirds) of the final grade. There are also two tests applied during the discipline, which are mandatory according to the faculty's regulation and represent one third of the final mark.

Analyzing the course description, this can be considered a case of partial implementation of Project-Based Learning in Civil Engineering: it employs a real project development situation, with a proper scope for learning purposes, as the complexity of a complete house design is compatible with the period in which the course occurs. Through project development, students both learn new concepts (construction regulation and specific technical aspects of house construction) and apply content previously acquired during their undergraduate course. The discipline also enables students to develop their personal abilities (communication, group work, project management, etc.). It is considered a "partial implementation" of PBL because the methodology is applied to only one isolated discipline, and not to the entire curriculum as originally proposed. However, this can be explained for two reasons: 1) the institution has a traditional approach to the Civil Engineering curriculum and 2) course proposal was neither based on theoretical references about PBL, nor aimed at being an application of this method – it was simply the means chosen by the course professors by intuition as the most suitable for effective learning.

However, besides the course great potential, in order to conclude if expectations are being met, it is necessary to evaluate the students' perception of the discipline.

3 Methodology

In order to extract the students' opinion about the PBL approach, some specific questions about the project development were added to the standard discipline assessment questionnaire applied by the School of Engineering. Only these questions are presented herein (Table 4). For each question, students should give a rating varying from 1 to 5, following instructions given in the text. There was also a space reserved for comments. The questionnaire was applied in three consecutive semesters (2nd semester 2009, 1st and 2nd semester 2010), totalling 60 respondents, a number that represents 77% of the students who took the course. No identification was required from respondents.

For result analysis, each question had its "ideal rating" identified, according to the rating instructions presented. The average rating of answered questionnaires was calculated, as well as the deviation between the real rating and the ideal value, in order to measure how far each topic is from excellence.

4 Results

Table 4 presents the questions as proposed to students, with the correspondent instructions for rating. The ideal rating, the real average rating (results) and the deviation are also shown in Table 4 and in Figure 8.

Table 4: Students' assessment of the course

Question	Rating	Ideal Rating	Results	Deviation
1. Was the aim of the course clear?	1 = no - 5 = yes	5.0	4.9	0.1
2. Was the aim of the project clear?	1 = no - 5 = yes	5.0	4.8	0.2
3. Was the aim accomplished?	1 = no - 5 = yes	5.0	4.4	0.6
4. Are you convinced that this knowledge is useful?	1 = no - 5 = yes	5.0	4.9	0.1
5. Did project development contribute to your learning?	1 = no - 5 = yes	5.0	4.8	0.2
6. Was previous knowledge sufficient for project development?	1 = no - 5 = yes	5.0*	3.0	2.0*
7. Was class development compatible with project development?	1 = no - 5 = yes	5.0*	4.0	1.0*
8. Was attendance to consultancy important for project development?	1 = no - 5 = yes	5.0	4.9	0.1
9. How do you rate the difficulty of project development?	1 = too low - 5 = too high	3.0	4.0	1.0
10. How do you rate the time established for project development?	1 = too short - 5 = too long	3.0	2.3	0.7
11. Did your group work together and integrated?	1 = no - 5 = yes	5.0	3.9	1.1
12. How do you rate the overall project development?	1 = very bad - 5 = very good	5.0	4.1	0.9
13. How do you rate the overall course?	1 = very bad - 5 = very good	5.0	4.5	0.5

* not necessarily

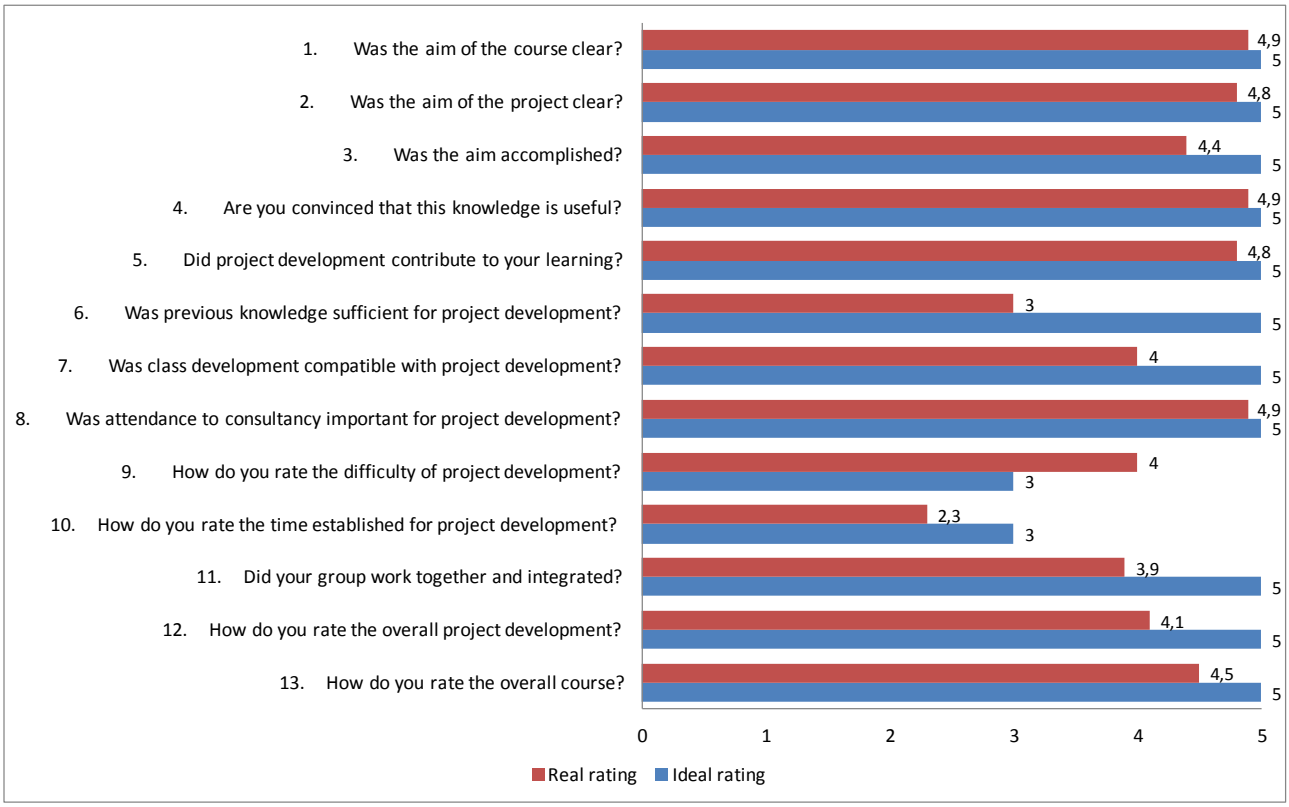


Figure 8 – Graphic representation of students' assessment.

High deviations point to possible problems in the discipline. Following this reasoning, sufficiency of previous knowledge was the most problematic issue (question #6), although one may argue that 5.0 is not the ideal rating (and so, 2.0 would not be the real deviation), because the discipline is meant to teach students something new and PBL requires self-study and research. However, comments about this topic revealed that most low ratings were related to a lack of computer-aided drawing (CAD) and/or graphic representation skills, which are fundamental for developing the discipline project, as most deliverables consist in drawings. These abilities, however, should be already mastered by students, as there are two specific courses about technical drawing in the first undergraduate year.

The second highest deviation was observed in the question about group work (question #10), although absolute rating can still be considered satisfactory (3.9/5.0). Comments showed that most complaints came from architecture students (in an interchange with the engineering school), who claimed to be overloaded with drawing production, as they tend to be more articulate in computer-aided drawing systems. Both engineering and architecture students have CAD classes in the beginning of their undergraduate course; the difference is that the architecture curriculum requires students to continually apply this knowledge, while in the Engineering School drawing production is minimal and students end up forgetting what they had learned.

Compatibility between classes and project (question #7) and project difficulty assessment (question #9) presented the third highest deviation. About compatibility, some students complained that classes were too conceptual, while more practical instructions about project development could be provided. On the one hand, classes may be adapted for expanding the space for project discussion (this suggestion is being considered by the professors); on the other hand, not all content can precede project execution, to avoid turning it into an exercise. This remark evidences the need of clarifying the PBL methodology for students, allowing them to establish more effective learning strategies.

Concerning project difficulty, comments about this topic showed that the difficulty lies rather in time consumption for accomplishing the project than in its complexity, which is proved by question #10, in which most respondents stated that time was "too short" for project development. It must be considered that this course occurs in parallel with the final graduation project, which also requires great dedication. Some students even suggested dividing the discipline in two semesters, so that the project could be developed more thoroughly, and most of them were not fully satisfied with their deliveries. This concern about project quality reveals high commitment to the proposal of the discipline. It also proves the success of the PBL approach, because it encouraged students to be pro-active.

All other questions presented a rating deviation lower than 1.0, which means that they had a good assessment. The aim of the course was considered to be clear, as well as the role played by project development in the the discipline (even not making explicit that this was a PBL course). The content was considered very useful, mainly because students were able to connect it with practice. Results also confirm that project development was essential for learning, as was attendance to project consultancy, which illustrates students' adaptation to the proposed method. The overall course assessment had a high rating (4.5/5.0), the overall project assessment was "good" according to the established scale (4.1/5.0) and most respondents considered that the aim of the course was accomplished. While there is still room for method improvement, because not all ratings were perfect, course assessment was in general very good (the mean deviation was 0.5).

5 Conclusion

The methodology proposed for this course, which may be characterized as a partial PBL approach, had an overall good assessment by the students, confirming the professors' expectations. Applying concepts in practice through project development has resulted in a very satisfactory learning level. Part of the knowledge required for the project had to be purged from previous disciplines and reprocessed; in this case, the course helped students to consolidate theories and concepts by testing them. The project also required students to seek new information, thus resulting in knowledge construction, which is the main characteristic of PBL. Another important contribution for learning enhancement is represented by the discussions required for project development, both between group members and between the group and the professors, which stimulated reflection and critical analysis.

Another decisive factor for effective learning in this discipline was student motivation, which can be partially attributed to the possibility of developing a project similar to professional practice, with the aid of experienced professors, despite the great effort required to accomplish such a task at the end of the undergraduate course. This resulted in high commitment to the course, evidenced by students' concern about project quality, rather than reaching the minimum grade required. Projects were good quality in general, especially when compared to the exercises or final reports of other disciplines (with traditional approach) held by the same professors. This again proves the value of the PBL approach.

Concerning students' skills development, group work was the most demanded ability. Not all groups were balanced and some members were overloaded; however, this can also be considered a lesson for professional life, because one should learn to work in heterogeneous and imperfect groups. Another high demanded skill was time management, an aspect revealed by students concerning about the short time made available for project completion, an issue that was not observed in groups that had a good plan for project deliveries.

Technical skills were developed as well, such as graphic representation and computer-aided drawing, although the students' knowledge level was lower than expected, considering that they had drawing courses in the beginning of their undergraduate course. If this skill were more demanded during graduation, engineering students would be able to retain the acquired techniques. However, this finding was forwarded to the professors accounting for drawing disciplines, who are currently analyzing the issue.

Student course assessment was also helpful to identify points for improvement. First, it is important to explain the methodology adopted in the discipline (as highlighted by Thomas (2000)), so that project development is carried out as a learning means and not as a massive exercise (for some students, who are used to traditional classes, this was not clear from the beginning). Having characterized the course as a PBL case, it becomes even easier to introduce the method. Furthermore, some adjustments in classes are needed, so that they are more interesting to students. More room for project discussion between groups in class should be available (this usually happens after the lessons) and project elements and common doubts could be inserted into the discipline content, as learning is amplified through practical applications of theory.

Taking everything into account, it can be said that this course represents a successful experience of partial PBL implementation in Civil Engineering education. Students were very satisfied with the method and learning was considered to be very good. Therefore, it is true to say that PBL should be more widely adopted in Engineering schools. For instance, if this discipline were anticipated to the 6th or 7th semester of the Civil Engineering curriculum, it would happen in parallel to most of the technical courses, the content of which is applied in the house project development. This could significantly improve learning, as students would be able to apply, test and review concepts and theories at the same time as they learn it, configuring a wider PBL approach, which would be closer to the original Project-Based Learning proposal.

Although it may be difficult to adapt the whole curriculum to PBL, the experience presented shows that partial PBL implementation is also very positive. Starting PBL in specific disciplines can even be considered a possible strategy to convince students, teachers and school coordinators of the benefits of this method, helping to increase its use.

References

Heitmann, G. (1996). Project-oriented study and project-organized curricula: a brief review of intentions and solutions. European Journal of Engineering Education, 21(2), 121-131.

Lima, R. M., et al. (2007). A case study on Project led education in engineering: students' and teachers' perceptions. European Journal of Engineering Education, 32(3), 337-347.

Kolmos, A. (1996). Reflections on project work and problem-based learning. European Journal of Engineering Education, 21(2), 141-148.

Mills, J. E. & Treagust, D. F. (2003). Engineering education – is problem-based or project-based learning the answer? Australasian Journal of Engineering Education. Available at: <http://www.aaee.com.au/journal/2003/mills_treagust03.pdf>. Accessed in: 02/12/2009.

PBL online (2012). Website with content about Project Based Learning. Available at: <http://pbl-online.org/>. Accessed in: 10/03/2012.

Ribeiro, L. R. C. (2008). Aprendizagem baseada em problemas (PBL) na educação em Engenharia. Revista de Ensino de Engenharia, 27(2), 23-32.

Ribeiro, L. R. C., & Mizukami, M. G. N. (2005) Students assessment of a problem-based learning experiment in civil engineering education. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Pratice, 131(1), 13-18.

Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. The Autodesk Foundation. Available at: <http://www.bie.org/index.php/site/RE/pbl_research/29>. Accessed in: 02/12/2009.

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PROJECT APPROACHES IN ENGINEERING EDUCATION

Current Practice and Teaching of Engineering Economics in Brazilian Universities

Maria Bernadete Junkes[*+], Anabela Pereira Tereso[*], Paulo Sérgio Lima Pereira Afonso[*]

[+] Accounting Department, Federal University of Rondônia, Campus Cacoal, Rondônia, Brazil
[*] Industrial and Technology Management Centre (CGIT), School of Engineering, University of Minho
Campus of Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal

Email: bernadetejunkes@gmail.com, anabelat@dps.uminho.pt, psafonso@dps.uminho.pt

Abstract

Engineering economics includes tools which permit to evaluate the economic feasibility of alternative solutions considered along with their major technical requirements. Realizing the changes that are being discussed about new approaches in engineering education, this work aims to analyze the practice and teaching of engineering economics in Brazilian universities, thereby contributing to the identification of opportunities for improvements in the teaching and learning process of such concepts and tools in Brazil. The methodology followed was essentially exploratory. Firstly, it was obtained relevant evidence from the general information offered by universities and production engineering departments. Secondly, a questionnaire was used to gather data from the responsible of each identified undergraduate and graduate program. The analysis of this evidence contributes to the understanding of the current practice and teaching of engineering economics in the Brazilian universities, namely which concepts and tools, teaching strategies, interdisciplinarity approaches, partnerships with firms and type of real problems are used.

Keywords: engineering economics; engineering education; Brazilian universities.

1 Introduction

Engineering teaching and practice in Brazil is living a significant moment in this 21st century, especially by investment possibilities in the area of infrastructures. Nevertheless, there is a lack of engineers in the country. According to Telles (2012), Brazil presents a number of six professionals for each thousand workers, while in the United States and Japan this number raises to 25. The author also points out that only 9% of the courses offered in the country are in the engineering domain. Furthermore, Frischtak (2007), based on a World Bank study, highlights that, in order to achieve the level of industrialization of countries such as South Korea or accompany the process of China's modernization, it would be required an investment in infrastructures in the order of 4 to 6% of the Gross Domestic Product (GDP). In Brazil, this rate has remained in the order of 2%.

Engineering Economics is mainly an application of concepts and tools to support decision-making mostly for problems with a strong and complex technological and engineering nature. Engineering economics techniques are used to clarify and quantify the advantages and disadvantages of each alternative investment. Indeed, it is also known that an investment project appraisal consists mainly in analyzing the implications of capital allocation (i.e. investment) decisions (Guimarães Neto, 2007).

In Brazil, undergraduate engineering programs have at least one course on engineering economics. The "Pedagogical Political Project" includes topics on engineering economics which complement other issues such as production costs reduction strategies, which require a specific knowledge on accounting, finance, production strategy, industrial facilities design and product design. Furthermore, at the graduate level (specialization and master) some education institutions provide courses named "Engineering Economics" particularly focused on a target audience (e.g. production and project managers, general managers) that need to improve their knowledge on investment and project analysis. For instance, in the real estate market, project cash flows are estimated in order to be used as a tool for designing and analyzing investment scenarios which can be used to predict the profitability and the risk of the project, as well as to analyze alternatives for fundraising, to decide between competing projects, the best tax scheme, etc.

In this context, teaching and practice of Engineering Economics, ask for effective and efficient methods and approaches. Furthermore, according to Costa (2009), engineering programs should seek to interact with the industry and the practitioners. These relationships can be achieved through technology parks and other spaces where the industry and the academy may easily establish contact, and through specific partnerships or projects where students, teachers and practitioners work together to solve real problems. Indeed, nowadays, effective teaching and practice in engineering schools is increasingly demanding and challenging.

Thus, the aim of this research project was mainly to analyze the practice and teaching of engineering economics in Brazilian universities, thereby contributing to the identification of opportunities for improvements in the teaching and learning process of such concepts and tools in Brazil. In this exploratory study it was obtained evidence on the teaching and practice of engineering economics in Brazilian universities from the general information offered by the universities and through a questionnaire sent to the responsible of a sample of 35 undergraduate and graduate engineering economics programs. The questionnaire required information on the designation of the course, which topics of engineering economics are covered, which teaching strategies are used in the practice and teaching of engineering economics, among other questions.

This paper is structured as follows. After a general conceptualization of engineering economics fundamentals, namely scope, concepts and tools, it is described the research methodology followed in this research. Subsequently, the results obtained, and the analysis and the discussion of the findings are presented in section 4. Finally, the last section summarizes the main conclusions and highlights opportunities for further research.

2 Engineering Economics

In this section the concepts and tools used by engineering economics will be identified, as a basis for the following discussion on the use of engineering economics in production engineering programs.

2.1 Scope

Engineering economics uses analysis tools that are applied to the cash flows of an investment project, which are obtained by means of a model simulating the project behavior. The result of the analysis drives the decision-making: decide to invest or not in a project, choose the best investment alternative or determine the value of a project or a company, for instance (Quiza, 2011).

Engineering and technology-based systems can be represented through models, with the goal of predicting their behavior. In the same way in Engineering Economics we can adopt the generic concept of **"**system**"**, by means of the following definitions: a) the systems may be seen as the projects or investment options; b) the operating range is measured in terms of time and its upper bound is the project horizon; c) the operations are represented as cash flows that occur during the project horizon; d) the models will have the objective to predict the system behavior over time, in terms of economic viability of the projects in evaluation (Nakao, 2005).

Engineering Economics uses a set of techniques that allow the monetary quantification and economic evaluation of investment alternatives, giving the necessary knowledge for decision-making to those who need it. The engineering economics techniques used for analyzing projects are intended to clarify and quantify the advantages and disadvantages of each alternative investment. It is also known that an investment project appraisal consists in identifying and analyzing the implications of certain decisions in applying capital resources. These consequences vary from one project to another, but generally include the ones of financial and economic order (Gonçalves, Neves, Calôba, Nakagawa, Motta & Costa, 2009).

2.2 Concepts and Tools

Engineering economics teaching and practice is explained through six main topics namely: Financial mathematics (i.e. types of interest, time value of money, present and future values, equivalence factors), Cost analysis and selection of economic alternatives (e.g. the computation of present values, investment costs, annual costs), Equipment replacement and retirement, Project evaluation (i.e. the computation of the different cash flows, net present values, internal rate of return, payback period, breakeven analysis, benefit-cost ratio), Project Risk and uncertainty analysis, Cost-benefit analysis (i.e. considering externalities, the computation of economic NPV and economic IRR) (Watts Jr & Chapman, 2012).

2.2.1 Financial mathematics

Engineering Economics is, generally speaking, an application of mathematical techniques in financial decision-making problems. It is a set of procedures and techniques used in investment analysis which are employed in choosing the best alternative among several possibilities or to assess the economic viability of a particular investment. In both cases, all technically feasible alternatives or possibilities must be analyzed (Frischatak, 2007). Financial mathematics is directly linked to the time value of money, which, in turn, is linked to the existence of interest profits. The values of an investment should be compared with net profits

provided by the project which occur at different times, defined as cash flows (Dergamo, Sullivan & Bontadelli, 1993). Cash flows are compared through the interest rate.

2.2.2 Cost analysis, selection of alternatives and equipment investment

Replacement decisions are of critical importance for companies. Indeed, the replacement of equipment is a problem that occurs in all companies, especially in industries. The methods normally used are Net Present Value (NPV) and Equivalent Uniform Annual Value (EUAV). A replacement of equipment is cost-effective when the EUAV of the new equipment is lower than the annual costs of the existent one. Such analysis should be done when existent equipment appears to have excessive operating costs or increased maintenance costs (Nascimento, 2012).

2.2.3 Project evaluation

The primary tools or methods of analysis used by Engineering Economics are the Net Present Value (NPV), the Internal Rate of Return (IRR), the Payback Period, the Breakeven Point and the Benefit/Cost (BC) Ratio (Black, Seaton, Chackiath, Wagland, Pollardd & Longhurst, 2011). Furthermore, projects should be analyzed in terms of risk and uncertainty. Finally, a project with external impact (i.e. responsible for externalities) should be analyzed in terms of its economic contribution to all stakeholders and the society through a Cost-Benefit Analysis (CBA).

The Net Present Value (NPV) is defined as the algebraic sum of the discounted cash flow values associated with the project. In other words, it is the difference of the present value of income less the present value of costs. It should be highlighted that the project will be viable if NPV is positive.

On the other hand, the Internal Rate of Return (IRR) is calculated from the cash flows of the project, when the net present values of outflows (cost of investment) and cash inflows (net profits) is equal to zero. It is a demonstration of the profitability of the project, and the higher the IRR is, the more advantage the project has in financial terms. A project, to be acceptable, must have an IRR exceeding the opportunity cost of the capital or the basic rate of interest established by the monetary authorities (e.g. Central Bank of Brazil).

The Payback Period (PAYBACK) consists of determining how much uptime (the time unit generally considered is the year) is required for an investor agent to recover the invested capital. A rough estimative for the payback may be obtained by dividing the sum of investments, costs and expenses incurred by the sum of income/profit earned.

The Benefit/Cost Ratio (BC Ratio) is heavily used and its interpretation is relatively easy. It is calculated dividing the discounted benefits by the discounted costs of the project. The project would be rejected by this criterion if the BC Ratio is below the unit (i.e. B/C <1). If the NPV is higher than zero and the IRR is higher than the Weighted Average Cost of Capital (WACC), the BC ratio is higher than one.

2.2.4 Project risk and uncertainty analysis

Uncertainty can be defined as the lack of knowledge about the future. When analyzing projects the uncertainty can represent a risk or a potential for loss. The decision making process should consider the uncertainty and risk issues.

When applied to project appraisal, risk may be measured as the variability in the project NPV or IRR. Risk Analysis may be done by assignment probabilities to the various outcomes of an investment project and study the behavior of the project using, for example, decision trees. It can also be done by sampling the parameter values and study the range of the results obtained.

Sensitivity analysis works in a slightly different way. The values of the relevant parameters are systematically changed. The projection of cash flows is examined again by changing the value of each one of its main variables. It allows knowing how the variation of the main factors influences the expected results of the project, particularly in terms of NPV and IRR (Blank & Turquin, 2007).

2.2.5 Cost-benefit analysis

In a Cost-Benefit Analysis (CBA), the present value of all costs and benefits for all stakeholders should be combined to produce an economic Net Present Value (NPV). Externalities which result from the project should be considered. These consist of social costs or benefits that manifest themselves beyond the realm of the project and influence the welfare of third parties without any monetary compensation. Where the project needs or deserves an evaluation by a public entity, the externalities generated should be taken into consideration. The evaluation of the project from the private perspective does not consider the effects on third parties arising from associated externalities. Nevertheless, the externalities generated by a project are in

many cases difficult to quantify. Thus, besides the perspective of the firm, external factors should also be considered (Valentin, Ioan, Andrei & Delia, 2012).

3 Materials and Methods

The methodological approach was essentially exploratory. Firstly, general information was taken from the program plans available in the respective universities websites. This data was collected during February 2012. Secondly, it was also carried out a web questionnaire during March 2012. The invitation to participate in this questionnaire was sent by email to the responsible of undergraduate and graduate courses in engineering economics or related topics in production engineering programs of 35 universities selected as being the ones showing better performance in the year 2011, in the country. This evaluation is made by the Ministry of Education and Culture that generates a ranking of the programs (Indice Geral de Cursos – IGC) in the country, based on teaching quality parameters, including grades of a national exam (Exame Nacional de Desempenho de Estudantes – ENADE) among other criteria (MEC, 2012). The major part of these universities are Federal Universities; complemented with the state universities of Rio de Janeiro and São Paulo and the Catholic Pontific Universities. From the information obtained in ABEPRO (2012), only 46 (forty-six) of the 67 (sixty-seven) Federal Universities in Brazil offer programs in production engineering. And considering the 27 (twenty seven) States of the country, the program is offered by federal institutions in 20 States. The production engineering program is one of the engineering programs that has excelled in the last 10 (ten) years in Brazil.

In the questionnaire sent it was required information about the designation of the course, the program in which it is inserted, the typology of the program, which topics of engineering economics are covered, if the topics identified are supplemented with other topics, which strategies (present and planned for the future) are used in the practice and teaching of engineering economics (like project led education, serious games, interdisciplinary, partnerships with companies, real case analysis) and examples of the previous strategies or approaches.

As described in Table 1, the questionnaire has 10 different questions. Five of them ask for general information and are characterized by open answers. Question 4 allows understanding which topics of engineering economics integrate the course program and their extent. Questions 6 and 7 asked, respectively, the relevance of several teaching strategies nowadays and in the future (next 3 to 5 years). Finally, question 8 asked for examples of project-based teaching strategies.

Table 5: Questions sent to the responsible of the engineering economics course

Questions	Type of question	Type of answer	Topics
Questions 1, 2, 3, 9 and 10	General information	Open	
Question 4	Topics covered (6 topics)	Ten points scale from 0% to 100%	Financial math, Cost analysis, Substitution problems, Project appraisal, Risk and sensitivity analysis, Cost-benefit analysis
Question 5	Other topics?	Open	
Questions 6 and 7	Teaching strategies (actual practice and planned for the future)	Ten points scale from totally disagree to completely agree	Project approaches, Serious games, Interdisciplinarity, Partnerships with firms, The use of real problems
Question 8	Examples of teaching strategies based on projects approaches	Open	

From the 35 contacts established, only 10 complete questionnaires were obtained in time to be analyzed. A total of 14 questionnaires were received, 4 of them incomplete. It is noteworthy that 3 remainders were made with 3 to 4 days interval. In this study, 80% of the results obtained were from undergraduate programs in production engineering, 10% from other undergraduate programs in engineering, and 10% from graduate programs (MBA). From these programs, 80% name the course "Engineering Economics", 10% "Financial Mathematics" and 10% "Decision Support Systems".

Therefore the data collected presents information on goals, strategies, teaching practices and contents related to engineering economics and similar courses in production engineering programs of the Brazil best universities (Appendix 1).

4 Results and Analysis

This section presents the results obtained from the questionnaire. The analysis is essentially about the topics covered by engineering economics courses, teaching approaches currently in use and teaching strategies for the next 3 to 5 years. Differences between undergraduate and graduate courses are analysed and discussed.

The basic engineering economics concepts and other related issues are important in engineering programs in general and in production engineering programs in particular, e.g. cost control and analysis, investment appraisal, among others. Nevertheless, the teaching of engineering economics has changed substantially over time, with a decrease in repetitive calculations and the corresponding increase in the attention given to project activities and/or decision-making problems. On one hand, these changes have been facilitated, as happens in other disciplines, by the generalization of the use of electronic calculators and computer programs (e.g. spreadsheets). On the other hand, new teaching approaches and strategies have been assuming increasing relevance (Costa, 2009).

Based on additional information from the coordinators of production engineering programs in the northern region of the country, it has been observed that in relation to the content taught in engineering economics, they seek to reconcile with the other universities in the country through the "Pedagogical Political Project" (PPP). Generally speaking, engineering economics has a basic course content that involves financial mathematics, cost analysis, project evaluation, sensitivity analysis and cost/benefit analysis. Nevertheless, our results show that undergraduate and graduate courses cover differently these topics. This is particularly interesting. As shown in Figure 1, risk analysis but also cost-benefit analysis and cost analysis are relatively more important in graduate courses. Undergraduate programs have a focus on financial mathematics, equipment replacement and project evaluation. Results are presented in terms of the median. The median gives a better idea of the general tendency in the data when the data is not symmetrically distributed. The median represents the middle value, i.e. 50% of values are below it and the other 50% are above it.

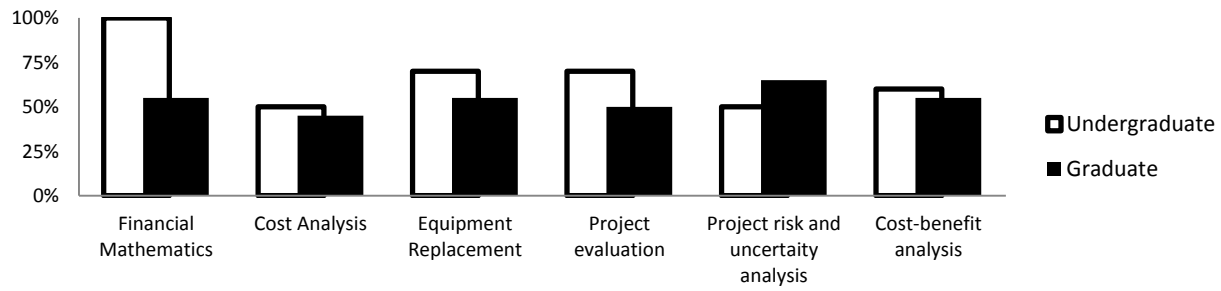


Figure 9: Topics of Engineering Economics

Secondly, engineering economics is interlinked with other subjects in the general field of "economics management". Responses to our questionnaire indicate that engineering economics courses may include topics such as "cost management" and "production costs", on one hand. On the other hand, they can include "investment appraisal computation models" (using spreadsheets for example), the computation of the WACC through the use of a capital asset pricing model (CAPM), or the use of real options. Finally, also Analytic Hierarchy Process (AHP) for multi-criteria project analysis and Monte Carlo simulation for risk analysis can be taught in engineering economics courses.

Thirdly, in terms of current teaching strategies, they were found differences between undergraduate and graduate courses. In undergraduate programs, engineering economics is characterized by a higher interdisciplinarity (through links with other courses) than in graduate programs. Interdisciplinarity, the use of project approaches and real problems are the teaching strategies more important in undergraduate courses (see Figure 2). On the other hand, graduate programs use much more approaches in terms of teaching strategies but the use of real problems and project approaches remain very significant. These results represent the median of the responses – for instance 7 and 10 means, respectively, "agree" and "completely agree". Furthermore, serious games are not relevant for both undergraduate and graduate courses and partnerships are not significant in undergraduate courses. These findings can be taken into consideration for the correct design of teaching strategies in each type of engineering economics courses. Indeed, there are differences which should be considered.

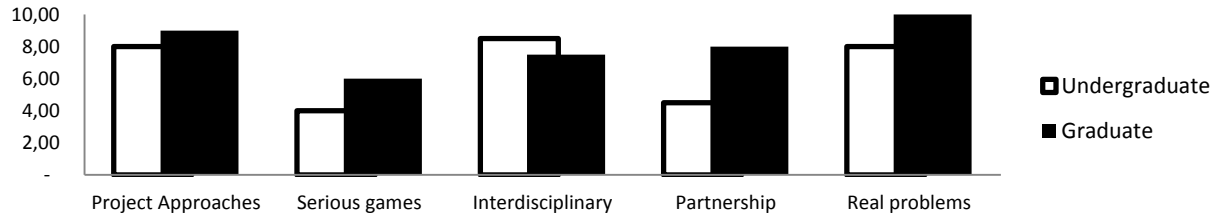


Figure 10: Current Teaching Strategies in Engineering Economics Courses

Fourthly, responses highlighted that there is, in general, an intention to increase the use of the different teaching approaches presented in our questionnaire – but remaining each one with the same relative importance. However, there are differences between teaching strategies for the next years in undergraduate and graduate courses. Figure 3 explain these differences. Positive differences mean that such specific teaching approach is expected to be more important in graduate courses than in undergraduate ones and vice-versa.

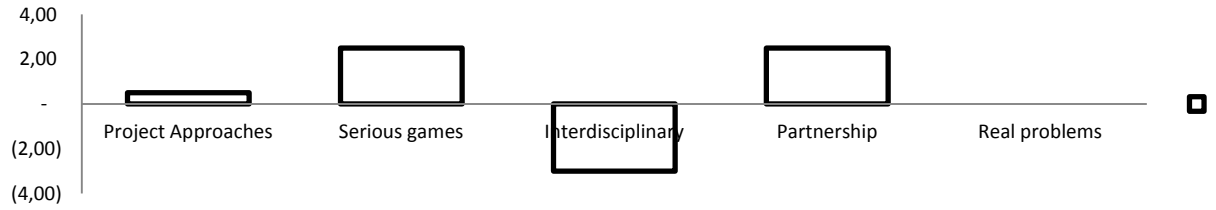


Figure 11: Teaching Strategies for the Next 3-5 Years in Engineering Economics Courses: Graduate vs Undergraduate

These results show that Interdisciplinarity appears to be much more relevant in undergraduate courses than in graduate courses during the next 3 to 5 years. On the other hand, graduate courses appear to will invest much more in "serious games" and "partnerships" in the next years to support their teaching strategies. Indeed, the audience and the goals of undergraduate and graduate programs are different and these results suggest that they are pushed to follow different teaching strategies.

5 Conclusions

The aim of this paper was to present and discuss current and future practice and teaching of engineering economics in Brazilian universities at the undergraduate and graduate level. At the graduate level, *lato sensu* system, there is a limited number of institutions offering engineering economics courses.

Findings showed that in addition to classroom lectures, the use of real-world problem-solving methods, project-based approaches and the integration with other courses of the production engineering program allow a much more practical and effective teaching and application of engineering economics contents. Teaching approaches based on project approaches are more stimulating and promote creativity and the consolidation of students' theoretical knowledge.

The economic and social responsibility of the engineer in Brazil is very high nowadays. The engineer becomes a protagonist of the technological development and an actor of social transformation in a fast-growth economy. Thus, engineers in general and production or industrial engineers in particular must have a solid academic knowledge, tested practical skills and be effective in terms of decision-making and real problem-solving. Appropriate teaching strategies, methods and tools play a crucial role here.

This research was essentially exploratory and a few hypotheses were derived from the findings. Thus, further research through a large scale survey or using in-depth case studies can validate, complement and extend these conclusions.

References

ABEPRO – Associação Brasileira de Engenharia de Produção (2012). Cursos de Engenharia de Produção. March 01st , 2012. Available at http://www.abepro.org.br/

Black, I., Seaton, R., Chackiath, S., Wagland, S. T., Pollard, S. J. T., & Longhurst, P. J. (15 of November 2011) The bankability of the new waste technologies: an econometric method for risk sharing in private finance Waste contracts. *Environmental Technology*. Vol. 32, n.15.

Blank, L. T., & Tarquin, A. J. (2007) *Basics of Engineering Economy*, Nova Iorque, McGraw-Hill.

Costa, L. A. (2009). Educação em Engenharia: uma nova realidade. Educ. Porto Alegre, v.1 n.12, p. 6-11.

Degarmo, E. P., Sullivan, W. G., & Bontadelli, J. A. (1993). *Engineering Economy*, 9ª ed. Nova Iorque, Macmillan.

Frischatak, C. O. (2007). Investimento em infraestrutura no Brasil: histórico recente e perspectivas. 4º Seminário ANBID Mercado de Capitais.

Gonçalves, A., Neves, C., Calôba, G., Nakagawa, M., Motta, R. R., & Costa, R. P. (2009). Engenharia Econômica e Finanças. Rio de Janeiro: Elsevier.

Guimarães Neto, R. M. (2007). Avaliação Econômica e Financeira de Projetos de Fornos dos Tipos Container Industrial e Retangular de 40 Estéreos. Revista Árvore, Viçosa-MG, v.31, n.4, p.709-715, 2007.

MEC – Ministério da Educação e Cultura. Melhores Universidades do Brasil 2011. March 01st, 2012. Available at http://www.mec.gov.br

Nascimento, S. V. (2012). A importância da substituição de equipamentos. March 20th, 2012. Available at http://www.logisticadescomplicada.com/

Nakao, O. S. (2005). Aprimoramento de um curso de Engenharia. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia). Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Quiza, E. G. (2011) Engenharia Econômica: Aplicação à Avaliação de Projetos Imobiliários. Curitiba-Pr. 68p.

Telles, M. (2012). Brasil sofre com a falta de Engenheiros. Revista Inovação e Pauta. February 25th 2012. Available at http://www.finep.gov.br.

Valenti, M., Ioan, P. M., Andrei, P., & Delia, G. (2012) Methodological Approaches in Realizing and Applying Cost Benefit Analysis for the Investment Projects. January 25th, de 2012. Available at http://steconomice.uoradea.ro/anale/volume/2009/v2.

Watts Jr, J. M., & Chapman, R. E. (2012) Engineering Economics. Section five, chapter seven. February 18th, 2012. Available at http://fire.nist.gov/bfrlpubs/build02/PDF/b02155.pdf

Appendix 1 – Questionnaire.

1. Name of the discipline in the field of engineering economic.
2. Program name in which it is inserted the discipline/University.
3. Typology of the program.
4. Engineering economic topics on the identified program plans:

4.1 Financial mathematics (interest, time value of money, present and future values, equivalence factors, etc.)
4.2 Cost analysis and selection of economic alternatives (present value, investment cost, annual costs, etc.)
4.3 Equipment replacement problems
4.4 Projects evaluation (e.g. cash flows, net present value, internal rate of return, payback, benefit-cost ratio, etc.)
4.5 Sensitivity analysis, project risk and uncertainty
4.6 Cost-benefit analysis (i.e. externalities, economic VAL and TIR)
4.7 *Comment (optional)*

5. In discipline, the topics identified in the previous question are complemented with other themes? If yes, indicate which.

6. How has been held engineering economic teaching in the identified discipline?

7. In the next 5 years, how may the engineering economic teaching be?

(10-point Likert scale from 1- Totally disagree t 10- Totally agree)

6.1 / 7.1 Teaching strategies: use of approaches based on project
6.2 / 7.2 Teaching strategies: use of "serious games"
6.3 / 7.3 Interdisciplinary with other disciplines, programs or projects
6.4 / 7.4 By partnerships with companies and business
6.5 / 7.5 With analysis and real troubleshooting
6.6 / 7.6 *Comments*

8. May indicate examples of approaches teaching based on project used in the discipline, of games and simulations, of interdisciplinary connections, of partnerships with companies, of using real problems?
9. Your name / post / university (optional).
10. email (optional).

Hidden features of academic literacy practices: the case of the report genre at a First Year Project Experience

Adriana Fischer*, Natascha van Hattum-Janssen+,

* Post-graduate Programme in Languages, Catholic University of Pelotas, Félix da Cunha, 412, Cep: 96010-000 Pelotas - RS - Brazil
+Research Centre for Education, University of Minho, Campus of Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal

Email: afischerpirotta@gmail.com, nvanhattum@ie.uminho.pt

Abstract

Project approaches have become a common practice in academic literacy at engineering courses at the University of Minho, Portugal. Students are, in this approach, regarded as the constructors of scientific and professional knowledge. At the same time, looking at the project report as an academic literacy genre, there is a tension between the way of report writing as carried out by the students on the one hand and the expectations and academic standards of the teaching staff on the other hand. Based on this reality, the goal of the study is to identify some of the 'hidden features' (Street, 2009) of the project report in academic literacy practice at the Industrial Management and Engineering Integrated Master´s Degree course at the University of Minho. Data were collected between 2010 and 2011, through interviews with students, as well as observation of literacy practices involving the production and presentation of a project report. This led to a study on academic literacy at the Research Centre in Education, in cooperation with the Engineering School. Results show that, at the Industrial Management and Engineering degree programme, explicit and systematic guidelines on the project report open possibilities to make students aware and critical of their written production, not only in order to align with standards for writing project reports, but also in a broader sense assuming responsibilities as producers of scientific and professional knowledge. In this way, the hidden features of the genre project report contribute to the (re)configuration of academic literacy practice.

Keywords: academic literacy; project report; writing skills

References

Street, B.V. (2009). "Hidden" Features of Academic Paper Writing. *Working Papers in Educational Linguistics*, 24(1), 1-17.

Paper Session C2

Ensino por Projetos Utilizando Metodologia de Desenvolvimento de Produtos no Curso de Engenharia da Mobilidade

Carlos Maurício Sacchelli*, Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic*, Cristiano Vasconcellos Ferreira*

* Centro de Engenharia de Mobilidade, Universdade Federal de Santa Catarina, Campus de Joinville, 89218-000 Joinville, Brasil

Email: carlos.sacchelli@gmail.com, viviane@joinville.ufsc.br, cristianovferreira@joinville.ufsc.br

Abstract

The Brazil industry improvement comes with the needs to develop technical people with skills to work as a perfect team, with defined activities, deadlines and budgets. The aim of this work is to present some practical teaching by Project Based Learning – PBL in the mobility engineering course. This practices were developed for a Product Project course to 200 students and one engineering competition to develop an electric car to compete in an university race. The result shows that the use of PBL is a good practice to motivate the students.

Keywords: Project Based Learning, Engineering, product project.

1 Introdução

Os profissionais requeridos pelas empresas necessitam atender vários requisitos, sejam estes, de termos cognitivos, de habilidades e articulação em contexto social, como a capacidade de negociar, de se associar e atuar competitivamente. Assim, os cursos de engenharia devem desenvolver estas competências em seus jovens estudantes com um aprendizado dinâmico. Contudo, a maioria dos cursos de engenharia ainda se foca na pedagogia centrada no professor e no processo de ensino, os quais enfatizam o processo de repassar conhecimento e não o processo de aprendizagem e de como colocá-los em prática.

Assim, como é possível articular os requisitos cognitivos e de qualificação? A grande questão é, como educar para o trabalho, sendo este considerado como o processo de se colocar os conhecimentos em prática. Morin *in* Mundim (2002), afirma que "... o conhecimento humano é, na sua origem e no seu desenvolvimento, inseparável da ação". Sendo então, necessário que os estudantes apreendam e vivenciem na escola as situações que irão conviver em sua vida profissional. Assim o professor assume um papel importante, de fazer o estudante pensar.

No entanto, a escola deixou de ser agradável, sendo apenas de local de acumuladores de informação, não criativo, antiquado, favorecendo a desmotivação dos alunos. (Cury, 2003).

Desta maneira o ensino de engenharia tem passado por uma série de reflexões, várias são as sugestões para a atualização e a realização de novas maneiras didáticas de se trabalhar em sala de aula. Segundo Masetto (2003), podemos contar com técnicas presenciais de ensino que são: aulas expositivas, debates, estudos de caso, ensino com pesquisa, ensino por projetos, dramatização e dinâmicas de grupo.

Mas quais destas técnicas de ensino podem preparar melhor o estudante de engenharia? Uma que está sendo bastante utilizada é a Aprendizagem Baseada em Projetos ou em inglês Project Based Learning (PBL) sendo este um método de educação sistematizado, tendo como principal objetivo aproximar a escola o máximo possível de situações reais.

As principais vantagens deste método são de acordo com Rocha (2003), Ribeiro (2008) e Pouzada (1999): Vivenciam situações reais; Obriga a realização de trabalhos de pesquisa e sua concretização; Integra vários conceitos de outras disciplinas; Desenvolve o pensamento divergente; Estimula o planejamento e execução de um plano de trabalho; Estudantes são motivados a realizarem seriamente um trabalho com eficiência; Aprendem a aprender; Obriga a equipe de projeto a desenvolver uma melhor comunicação entre os integrantes; Estudantes aprendem a trabalhar com prazos curtos de desenvolvimento de atividades; A aprendizagem torna-se mais dinâmica e prazerosa; Estimula a parceira entre dos discentes e docentes; Possibilita o conhecimento das vantagens e desvantagens do trabalho em equipe; Aprendem a respeitar a ideias dos companheiros; Desenvolve a responsabilidade pelo cumprimento das atividades e prazos acordados;

Assim, o objetivo deste trabalho será apresentar a aprendizagem do processo de desenvolvimento de produtos e do gerenciamento de projetos, utilizando a técnica de PBL. Esta abordagem será utilizada na disciplina de Metodologia de Projeto de Produtos e em um projeto de extensão para uma competição estudantil na área automotiva visando o desenvolvimento de um veículo elétrico. Ambos os casos foram

realizados no Curso de Graduação em Engenharia da Mobilidade da Universidade Federal de Santa Catarina - Campus Joinville.

1.1 Processo de Desenvolvimento de Produtos

De acordo com Back et al (2008), o processo de desenvolvimento de produto (PDP) é um conceito amplo que compreende os aspectos de planejamento e projeto, ao longo de todas as atividades da seqüência do processo, desde a pesquisa de mercado, o projeto do produto, projeto do processo de fabricação, plano de distribuição e de manutenção até o descarte ou desativação do mesmo. Por esse conceito, entende-se desenvolvimento de produto como todo o processo de transformação de informações necessárias para a identificação da demanda, a produção e o uso do produto.

Back et al (2008) apresentam um modelo de referência denominado de Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos – PRODIP, que procura explicitar o conhecimento sobre o processo de desenvolvimento de produtos, de modo a auxiliar no entendimento e na prática do processo, que é composto de macrofases, fases e saídas correspondentes. Para cada macrofase são definidas as atividades, tarefas, entradas, domínios, mecanismos, controles e saídas. Entende-se atividade, aqui, como um conjunto de tarefas.

A macrofase de planejamento envolve a elaboração do plano do projeto, em termos de escopo, tempo, custos e riscos do projeto. Para isto, utilizam-se ferramentas como a EAP (Estrutura Analítica de Projeto), diagrama de redes e Gráfico de Gantt, matriz de responsabilidade.

Por sua vez, a elaboração do projeto do produto e do plano de manufatura, se decompõe em quatro fases denominadas de projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Os resultados principais de cada fase são, respectivamente, as especificações do projeto, a concepção do produto, a sua viabilidade técnica e econômica e a documentação do produto.

Na fase de projeto informacional, ocorre um processo de transformação das informações do mercado em informações sobre as especificações técnicas, necessárias para conduzir o processo de solução dos problemas. A aplicação de métodos e ferramentas como o QFD (Quality Function Deployment), mais especificadamente a matriz da casa da qualidade no projeto do produto é essencial para a obtenção de produtos que atendam as necessidades dos usuários.

A fase seguinte, ou seja, o projeto conceitual se destina a geração de soluções alternativas que atendam às especificações definidas na fase anterior, à avaliação e à seleção da melhor e mais inovadora concepção para o produto Back et al (2008). A concepção selecionada representa o produto em suas principais funcionalidades e princípios de solução. Esta fase demanda criatividade, uma vez que se pressupõe a geração de soluções alternativas para aumentar a chance de sucesso de soluções inovadoras para o produto. Entre os métodos e ferramentas sugeridos para o projeto conceitual, cita-se: síntese de funções (Pahl e Beitz, 1996), TRIZ (Carvalho, 1999), matriz morfológica (Back, 1983; Pahl e Beitz, 1996), brainstorming, analogias (Pahl et al, 2005) e métodos de seleção de soluções, como matriz multicritério (Back et al, 2008).

Back et al (2008), mostra que na fase de projeto preliminar, desenvolve-se o leiaute otimizado do produto no qual os materiais, as principais dimensões e processos de manufatura são definidos. O resultado final é a determinação do leiaute final do produto, bem como sua viabilidade técnica e econômica. Nessa fase há maior intensidade de atividades de modelagem, simulação, análise, teste e otimização do produto, onde são aplicadas ferramentas como os sistemas CAD e CAE, construção de modelos e protótipos.

Por último, o projeto detalhado destina-se a vários propósitos: aprovação do protótipo, finalização das especificações dos componentes, detalhamento do plano de manufatura e preparação da solicitação de investimento Back et al (2008).

E, por fim, a macrofase de implementação do lote inicial, que envolve a execução do plano de manufatura na produção da empresa e o encerramento do projeto. Essa se decompõe em três fases denominadas de preparação da produção, lançamento e validação. Os resultados principais dessas fases incluem, respectivamente, a liberação do produto, o lote inicial e a validação do projeto.

O aprendizado desta metodologia será realizada com a técnica de PBL, apresentada por meio de dois casos na sequencia.

2 Estudo de caso 1 – Projeto de um Veículo Elétrico

Será apresentado neste tópico o projeto de um veiculo elétrico desenvolvido por um grupo de estudantes utilizando os conceitos da PBL para o aprendizado da metodologia de desenvolvimento de produtos e do

gerenciamento de projetos, o projeto desenvolvido no caso um veículo elétrico participou na competição Universitária da Eficiência Energética ocorrida em 2011 em São Paulo.

Inicialmente, no processo de planejamento de um projeto, tem-se a definição clara do escopo do projeto e do produto. O escopo do projeto consiste em uma declaração do trabalho a ser realizado para entregar um produto com as características e funções especificadas. Enquanto, o escopo do produto se refere às características e funções que descrevem um determinado produto PMI (2004).

Como parte da definição do escopo do projeto, definiu-se um objetivo para o projeto do veículo elétrico para competição de eficiência energética, que foi : Projetar um veículo elétrico simples e eficiente, com o intuito de participar da VIII Maratona Universitária da Eficiência Energética, a ser realizada entre os dias 12 a 14 de outubro de 2011. Como principal meta, tem-se o desenvolvimento e construção de um veículo elétrico que otimize o conjunto carro – bateria – motor, de acordo com o regulamento da competição. Com uma bateria padrão (tensão nominal de 12 V e carga nominal de 04 a/h) entregue a todos os competidores, o processo de projeto de tal produto deverá buscar soluções para problemas relacionados ao motor, transmissão, direção, freio, chassi e carenagem.

Com o objetivo do projeto é possível visualizar informações que contemplam a definição do escopo do projeto como marcos do cronograma e principais entregas do projeto.

Para PMI (2004), também, como parte do escopo do projeto, tem-se a Estrutura Analítica de Projeto (EAP). A EAP é uma decomposição hierárquica orientada que subdivide o trabalho do projeto em partes menores e mais facilmente gerenciáveis. A Figura 1 apresenta a EAP para o projeto do veículo elétrico, incluindo todas as fases do planejamento e elaboração do produto, conforme o PRODIP. Além dessas fases, a EAP para o projeto do veículo elétrico apresenta uma macrofase de implementação que consiste nas fases de montagem, teste e validação do veículo. Como dito anteriormente, o escopo de produto descreve as características e funções do produto que se espera como resultado do projeto. Nesse sentido, foram definidas algumas características para o veículo elétrico, muita delas baseada no regulamento da competição, como por exemplo, o chassi, que sustentará o sistema embarcado, devendo ser tubular, mecanicamente resistente e ao mesmo tempo leve.

A partir das definições do escopo do projeto e do produto, definiu-se uma equipe de trabalho e realizou-se os planos de tempo, escopo, custo, recursos humanos e riscos.

Como sugerido por Back et al (2008), finalizado o planejamento do projeto, partiu-se para a execução do projeto informacional que tem como principal objetivo definir as especificações de projeto, ou seja, os requisitos de projetos classificados e com valores-meta a serem atingidos. Ao longo da execução do projeto, ações de monitoramento e controle do projeto foram adotadas.

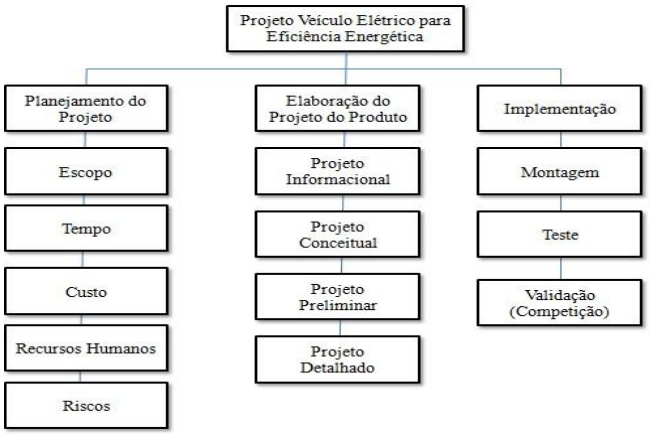


Figura 1. Estrutura Analítica do Projeto do veículo elétrico.

A próxima fase foi a de **projeto informacional** que destina-se à definição das especificações de projeto do produto. Para tal, são identificadas, primeiramente, as necessidades dos clientes ou usuários, sendo estas desdobradas em requisitos de usuários. A partir dos requisitos de usuários são definidos os requisitos de projeto do produto, considerando diferentes atributos: funcionais, ergonômicos, de segurança, de confiabilidade, de modularidade estéticos e legais, entre outros. Dos requisitos de projeto derivam as especificações de projeto, ou seja, os objetivos a que o produto a ser projetado deve atender (Back et al, 2008).

Como método para a busca das necessidades dos clientes ou usuários tem-se o método do desdobramento da função qualidade, o QFD (*Quality Function Deployment*), mais especificamente, a matriz da casa da qualidade. Na matriz da casa da qualidade, são estabelecidas as relações dos requisitos dos clientes com os requisitos de projeto, bem como a hierarquização deste último conforme o grau de importância, como base das especificações de projeto, que serão o conjunto de informações completas que, posteriormente, darão origem às diversas alternativas de concepção (Back et al, 2008).

Na sequencia foi realizado o **projeto conceitual** são geradas alternativas de concepções que atendam da melhor maneira possível as especificações de projeto, levando em consideração os subsistemas (pneus, pintura e acabamento, carenagem, direção, freios, motor, transmissão, chassi) do produto e possíveis soluções que possam gerar resultados similares, diferenciando-se na relação custo-benefício, facilidade de reposição, manutenção, tipo de material, peso e resistência mecânica, por exemplo.

O projeto conceitual pode ser dividido em duas partes: análise e síntese. Na análise busca-se estabelecer a estrutura funcional do produto. Essa atividade envolve a definição da função global a ser executada, bem como as subfunções. Determinadas as funções a serem realizadas pelo produto, parte-se para o estudo de estruturas funcionais alternativas, com o objetivo de selecionar a mais adequada. Sobre a estrutura funcional selecionada são desenvolvidas concepções alternativas, (Back et al, 2008). Para a geração de concepções alternativas para o produto, diversos métodos estão disponíveis, sendo o Brainstorming e o Método da Matriz Morfológica utilizados no presente trabalho.

O método Brainstorming, classificado como um método criativo ou intuitivo é uma tempestade de ideias, no qual cada integrante de um grupo sugere soluções para o problema de projeto, independente da sua qualidade. Quanto maior a quantidade de soluções propostas, maior as chances de encontrar uma que atende as especificações de projeto. Para tal, deve-se evitar críticas ou avaliações prematuras sobre as soluções apresentadas (Back et al, 2008).

Por sua vez, a matriz morfológica, classificada como um método sistemático, é uma ferramenta que tem como objetivo facilitar a identificação de novas soluções para o problema. O primeiro passo consiste em determinar a função ao qual se destina cada subsistema. Após, vem à busca por princípios de solução para cada função do subsistema de maneira independente.

Na matriz, as informações são dispostas da seguinte maneira: os subsistemas devem ocupar a primeira coluna da matriz e na sequência, as linhas representam princípios de solução alternativos para cada subfunção identificados pela equipe de projeto. Uma vez construída a matriz morfológica, procura-se estabelecer combinações adotando um princípio de solução de uma linha com os princípios das demais linhas. Assim, rapidamente, pode-se gerar um número elevado de concepções alternativas. Estas concepções geradas serão avaliadas e selecionadas de acordo com a viabilidade técnica e financeira, na busca pela concepção que mais adequada para o problema de projeto (Back et al, 2008).

A Tabela 1 apresenta a matriz morfológica desenvolvida para o projeto do veículo elétrico. Após a análise crítica da matriz morfológica e de suas diversas alternativas de concepções, a equipe optou por uma solução simples, eficiente e de baixo custo, onde foram selecionadas as seguintes soluções de concepção que pode ser observada na Tabela 2.

A fase de **projeto preliminar** destina-se ao estabelecimento do leiaute final do produto e à determinação da viabilidade técnica e econômica. Para estabelecer o leiaute final do produto, a concepção é otimizada e as dimensões, o design e a arquitetura e os materiais são definidos. Projetos em CAD/CAE, além de programas de simulação virtual, tanto estático (estrutural) quanto dinâmico, podem ser utilizados (Back et al, 2008). A equipe utilizou como ferramenta programas CAD/CAE que consiste em um software para modelagem, além de cálculos físicos e matemáticos estruturais. Na Figura 2 estão representadas as modelagens do chassi tubular com o desenho técnico em três vistas com suas respectivas cotas e da carenagem.

A última fase é de **projeto detalhado**, em que o produto evolui do leiaute otimizado da etapa anterior para o seu leiaute definitivo. As seguintes informações devem ser obtidas como resultado do projeto detalhado: especificações finais dos componentes, detalhamento das funções e configurações, construções, teste e aprovação do protótipo (Back et al, 2008).

Tabela 1. Matriz Morfológica.

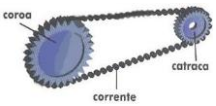
Freios	Cantilever	V-brake	Disco
Pneus	Slick	Pneu para barro	Uso misto
Pintura e Acabamento	Gel coat	Plotagem	Tinta plástica
Sistema de direção	Pinhão-cremalheira	Carrinho rolimã	Direção tipo Kart
Carenagem	Tecido endurecido com resina	Acrílico	Fibra de vidro
Chassi	Alumínio	Fibra de Carbono	Fibra de vidro e Tubo PVC
Motor	Motor de Furadeira	Motor de Cubo	Motor de uso misto. Corrente Contínua (C.C.)
Transmissão	 Coroa - Corrente	Motor-Polia-Pneu	

Tabela 2. Concepção escolhida.

Componente	Freio	Pneu	Pintura e acabamento	Sist. Direção	Carenagem	Chassi	Motor	Transmissão
Solução	V-Break	Slick	Plotagem	Tipo Kart	Fibra de Vidro	PVC com Fibra de vidro	Uso misto. Tipo C.C.	Contato Polia-Pneu

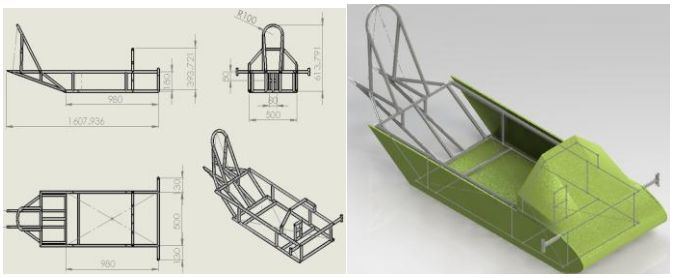


Figura 2. Dimensionamento do chassi e modelagem da carenagem.

O veículo desenvolvido neste projeto participou da competição e conseguiu bons resultados considerando que foi a primeira participação da equipe nesta competição, na Figura 3 pode-se observar o a equipe na competição.

Figura 3. Veículo desenvolvido com a equipe na competição.

3 Caso 2 – Utilização de PBL na disciplina de Metodologia de Projeto

No curso de engenharia de mobilidade a aprendizagem na disciplina de Metodologia de Projeto de Produtos que tem como objetivo apresentar aspectos gerais da engenharia da mobilidade através de uma visão sistêmica e integrada do processo de desenvolvimento de produtos é realizada com o ensino por projeto, visando com que o estudante possa identificar e compreender as diversas fases envolvidas em um desenvolvimento de produto e conhecer as principais ferramentas de desenvolvimento de produto utilizadas pelas indústrias. A disciplina também visa a compreensão das diversas etapas do processo de desenvolvimento de produto, das inter-relações entre as diversas etapas de desenvolvimento e das principais ferramentas de desenvolvimento de produto.

Nesta disciplina também trabalha-se com o ensino do gerenciamento de projeto sob o enfoque do Project Management Institute - PMI (2004).

Com base nestas premissas no inicio do semestre é passado aos grupos o desafio de realizar o desenvolvimento de um produto para a resolução de algum problema relacionado a mobilidade nas áreas: Naval, Ferroviária, Aeronáutica, Aeroespacial, Automotiva, Infraestrutura, Logística e Mecatrônica.

Desta maneira estabeleceu-se 04 documentos que devem ser entregues ao longo do projeto, sendo eles:

(1) **Plano de Projeto**, contendo o título do projeto, breve descrição do problema de projeto, objetivos a serem alcançados, equipe, professor orientador, atividades que serão desenvolvidas, cronograma e matriz de responsabilidades;

(2) **Projeto Informacional**, onde após a consolidação do plano de projeto a equipe define as especificação do problema de projeto;

(3) **Projeto Conceitual**, onde é apresentada a concepção de soluções alternativas para o problema; e,

(4) **Projeto Preliminar e Detalhado**, onde após a definição da solução conceitual que será desenvolvida, as equipes iniciam os trabalhos de modelagem, simulação, análise, otimização, construção de modelos ou protótipos, testes, etc., dependendo dos objetivos definidos no plano do projeto. Nesta fase os conceitos de mecânica dos sólidos, mecânica dos fluidos, física, circuitos elétricos são empregados no desenvolvimento do projeto, integrando desta maneira os conceitos trabalhados em outras disciplinas em um problema de engenharia. Este modelo educacional está descrito na Figura 4.`

Com base neste modelo, as equipes definiram os seguintes temas de projeto para cada problema de projeto apresentado: i) Desenvolvimento de veículo sub-aquático; ii) Projeto de um sistema de propulsão para catamarã movido a energia solar; iii) Desenvolvimento de um sistema de lançamento de aviões em porta-aviões; iv) Desenvolvimento de um skate de materiais compósitos; v) Projeto de um sistema de amortecimento de plataforma flutuante; vi) Projeto estrutural do BAJA SAE utilizando materiais compósitos; vii) Projeto de um Hovercraft; viii) Projeto de um barco de pequeno porte para utilização em lazer aquático; ix) Desenvolvimento de um equipamento para realização de "grip-test" em rodovias; x) Projeto da Balança de Arrasto (Túnel de Vento); xi) Projeto de um veículo elétrico para eficiência energética; xii) Projeto de um tanque de provas naval (subsistema); e, xiii) Projeto de High Speed Train.

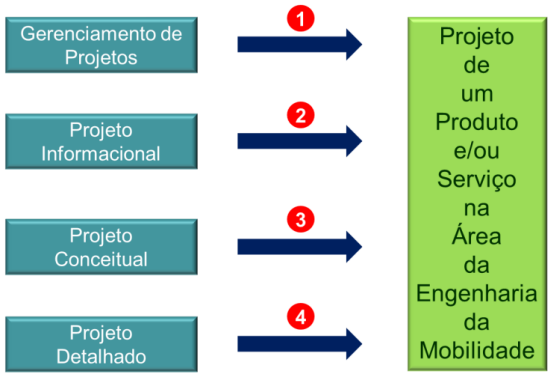


Figura 4. Modelo educacional empregado no desenvolvimento de projetos.

Durante o semestre as equipes realizaram o projeto proposto entregando os relatórios nas datas previamente marcadas. Todas as equipes entregaram o plano de projeto com a especificação das atividades, prazos e responsável.

No segundo documento que era as atividades do projeto informacional de maneira geral as equipes cumpriram as datas, contudo percebeu-se que algumas não conseguiram realizar as atividades previstas devido a dificuldade de organização do grupo, a mesma observação foi constada na terceira (projeto conceitual) e quarta (projeto preliminar e detalhado) entrega do documento.

Ao final estes trabalhos foram avaliados considerando os critérios de organização e apresentação do trabalho; abrangência da revisão bibliográfica; profundidade da revisão bibliográfica; emprego da metodologia de projeto; estruturação do problema de engenharia; análise do problema de engenharia; e, qualidade da apresentação realizada.

Na composição da nota final da disciplina foram consideradas: i) nota dos professores orientadores (30%); ii) nota das apresentações dos trabalhos (20%); iii) nota do relatório – 30 %, sendo a fase de Planejamento do Projeto (10%), a fase de Projeto Informacional e Conceitual (10%) e a fase de Projeto Preliminar / Protótipo (10%). Além disto, o grupo avaliou cada um de forma individual, apresentando uma nota individual com peso de 20 %.

Como exemplo de projeto realizado pelas equipes observa-se a Figura 5, que é o projeto detalhado utilizando um aplicativo CAD.

Figura 5 – Projeto detalhado do veiculo.

Ao final do curso observou-se que a utilização desta técnica de ensino envolveu os alunos com situações reais como o cumprimento de prazo e atividades, aplicação de conceitos desenvolvidos em outras disciplinas e o trabalho em equipe. Este último observou-se que várias equipes conseguiram trabalhar sem conflitos, contudo em algumas equipes o professor tutor teve que intervir para que os conflitos fossem resolvidos. Enfim dentre os objetivos propostos pelas 13 equipes apenas 1 não conseguiu êxito completo, devido principalmente aos conflitos decorridos do trabalho em equipe.

4 Conclusão

Com a utilização do PBL no desenvolvimento dos dois casos apresentados notou-se uma mudança significativa com relação ao interesse do estudante no decorrer das atividades do semestre, em que vários se mostraram mais motivados e interessados nas atividades propostas.

O emprego do PBL no desenvolvimento da disciplina de Metodologia mostrou uma prática viável e que possibilita potencializar o interesse dos estudantes nos assuntos ministrados. É importante salientar que, ao final da disciplina, em uma pesquisa realizada, 72 % dos estudantes apresentaram alto ganho de conhecimento sobre desenvolvimento de produtos e 27 % apresentaram ganho intermediário.

Outro fator de grande importância é o desenvolvimento das atividades de trabalho em equipe, pois, o convívio e o trabalho em grupo melhoram a troca de informação e a construção do conhecimento, desenvolvendo também a organização em equipe no cumprimento de metas e prazos. Os resultados do trabalho mostram que, ainda os alunos tem dificuldade de trabalhar em equipe, portanto, recomenda-se que esta prática seja adotada em outras disciplinas.

Em suma, a vivência da situação real de utilização do PBL como técnica de ensino se mostrou extremamente adequada para os objetivos propostos de aprendizado de metodologia de projeto e do gerenciamento de projetos.

References

Back, N. (1983). Metodologia de Projeto de Produtos Industriais. Rio de Janeiro: Guanabara Dois.

Back, N., Ogliari, A., Dias, A. e Silva, J. (2008). Projeto integrado de produtos. Planejamento, concepção e modelagem. São Paulo: Manole.

Carvalho, M.A., (1999). Modelo prescritivo para a solução criativa de problemas nas etapas iniciais do desenvolvimento de produtos. Dissertação de Mestrado, UFSC.

Cury, A. J. (2003). Pais brilhantes – Professores fascinantes. Rio de Janeiro: Sextante.

Masetto, M. T. (2003). Competência pedagógica do professor universitário. São Paulo: Summus.

Mundim, A.P.F. (2002). Desenvolvimento de Produtos e Educação Coorporativa. São Paulo: Atlas.

Pahl, G. e Beitz, W. (1996). Engineering design: a systematic approach. London: Springer.

Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. e Grote, K.H. (2005). Projeto na engenharia. Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações. São Paulo: Edgard Blucher.

PMI, Project Management Institute (2004). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK®Guide)., Pennsylvania: Project Management Institute.

Pouzada, A. S. (1999). Project Based Learning. Braga: Ideal.

Ribeiro, L. R. C. (2008). Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) na Educação em Engenharia. Revista de Ensino de Engenharia, 27(2), 24-32.

Rocha, L. (2003). Construção do Projeto Pedagógico para Engenharia. Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia.

Proposição de uma base lunar habitável no contexto do PBL

Daniel Toss; Isolda Gianni de Lima; Juliano Rodrigues Gimenez; Maria Alice Reis Pacheco; Odilon Giovannini

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia – CCET, Universidade de Caxias do Sul – UCS, Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, CEP95070-560, Caxias do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil

Email: dtoss@ucs.br, iglima@ucs.br, juliano.gimenez@ucs.br, marpache@ucs.br, ogiovannini@gmail.com

Abstract

Improving the education of future engineers has been the agenda of discussions among teachers and researchers in engineering education. The discussions cover methodologies and curriculum proposals to update the teaching practice, seeking to promote active learning strategies. These can be considered as pedagogical actions aimed at motivating the student's participation in the learning process, integrating groups of studies, research and practice, where they interact with peers and teachers, sharing experiences and knowledge in order to develop the skills for professional performance. The purpose of this project came from the participation of the authors in a workshop on PBL as part of a continuing education program for teachers who work in engineering courses. For the choice of the subject were considered the following aspects: timeliness of the subject, inter-and multidisciplinarity and feasibility of implementation. In this context, the subject picked was: "Proposal of a lunar base for human occupancy". The project will involve students from different courses and engineering majors. The goal is the development of a lunar base considering the physical conditions of the Moon and prioritizing the following housing conditions: air supplies, food and water, power generation and waste management. The project includes competencies developed in the second semester such as Differential and Integral Calculus, Newtonian Mechanics, Environmental Management and Technical Drawing. This project will be proposed as a complementary activity, which is an obligatory curriculum. The students' enrolment is optional, however, the formed teams must cover all courses involved in the project. The structure will involve a coordinator, teachers and tutors team. The assessment will be carried out in stages and will also involve the participation of students.

Keywords: learning strategies, active learning, engineering education.

1 Introdução

A formação de engenheiros é tema atual em discussões que envolvem professores e pesquisadores de educação em engenharia. Os debates visam promover estratégias para qualificar a formação de profissionais com sólidos conhecimentos técnicos, com capacidade de comunicação interdisciplinar e preparados para aprender o que for requerido em novas situações.

Os ambientes de aprendizagem, que favorecem tal perfil de formação, caracterizam-se como espaços onde professores e estudantes atuam juntos para o desenvolvimento de competências que distinguirão o engenheiro como um profissional criativo e inovador, que aplica conhecimentos básicos e específicos para lidar com a realidade do meio onde está inserido, buscando aprimorar as condições tecnológicas (Inova, 2006). Neste ambiente, os processos de ensino e aprendizagem, coerentes com esta abordagem, necessitam estar focados cada vez mais nas ações dos estudantes em situações que favoreçam a interação, a colaboração, a troca de conhecimentos e o desenvolvimento de aprendizagens significativas (Ausubel, 1982). Estas fundamentadas no fazer e compreender com consciência das ações cognitivas (Piaget, 1978).

Estratégias de aprendizagem ativa têm sido planejadas, experimentadas e analisadas com atenção crescente de educadores, pois constituem possibilidades favoráveis neste cenário. Estas estratégias podem ser consideradas como ações pedagógicas, planejadas de forma que os estudantes sintam-se motivados a participar do processo de aprendizagem, integrando grupos de estudos, práticas e pesquisas, onde interagem com colegas e professores, compartilhando experiências e conhecimentos (Instruction, 2010). Neste contexto, os estudantes integram, de fato, o processo de aprendizagem, quando executam atividades significativas de aprendizagem e raciocinam sobre o que estão fazendo (Prince & Felder, 2006).

A aprendizagem por projetos, ou *Project Based Learning* (PBL) é uma estratégia de aprendizagem ativa. Os estudantes são envolvidos formando equipes que atuam num projeto multidisciplinar, cujo propósito é a resolução de problemas reais num ambiente de aprendizagem planejado para o desenvolvimento de competências técnicas específicas e outras transversais, num processo que aproxima o modo de atuação do engenheiro e revela, de certo modo, a prática da Engenharia. O projeto é proposto aos estudantes por professores de várias disciplinas do currículo e, com potencial interdisciplinar, devendo integrar conteúdos, metodologias e os processos de avaliação de todas as disciplinas envolvidas.

Segundo Campos & Silva (2011), a aprendizagem baseada em projetos vem sendo adotada na Europa e já conta com parcerias em instituições de países ibero-americanos no sentido de discutir a implantação, o

acompanhamento e a avaliação do processo ensino aprendizagem com base em projetos. Considerada uma prática pedagógica inovadora, tem sido foco de discussões, inclusive, como uma possibilidade curricular na educação em engenharia.

No percurso de formação continuada em aprendizagem ativa, os docentes do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologias – CCET, da Universidade de Caxias do Sul – UCS, no sul do Brasil, participam de ações de atualização e capacitação pedagógicas sobre estes temas. O presente trabalho é fruto da participação de um destes grupos em um *workshop* em PBL, onde foi promovida a atuação em equipes, propondo como desafio a concepção de um projeto para ser implementado num semestre de cursos de engenharia.

Para a elaboração desta proposta foram levadas em consideração algumas características da estruturação acadêmica da instituição, alinhadas com as diretrizes curriculares nacionais. Destaca-se, assim, que os diversos cursos de engenharia possuem um núcleo básico cujas disciplinas integram estudantes de todas as modalidades de engenharias. Por outro lado, o processo acadêmico oferece matrículas por disciplina aos estudantes que são, quase na sua totalidade, também trabalhadores e, assim, não cumprem todas as disciplinas previstas em cada semestre.

Com estas considerações, no que segue, apresenta-se a proposta de PBL concebida pelos autores, para ser efetivada no segundo semestre dos cursos de engenharia e procurando contemplar as diversas situações acadêmicas, visando tornar viável a sua proposição.

2 Proposta PBL: uma base lunar

No contexto estratégico de se buscar novos métodos de aprendizagem que instigassem aos alunos e que contribuísse de forma significativa para a formação de competências, surgiu a proposição da concepção de uma base lunar, como atividade de aprendizagem orientada por projeto. A seguir, descreve-se mais detalhadamente a ideia da proposta.

2.1 Tema

Para a proposição do tema buscaram-se, em um tópico atual, elementos que vinculassem a possibilidade de um trabalho interdisciplinar e multidisciplinar, além de que fosse viável de ser aplicado para alunos do primeiro ano dos cursos de engenharia.

Recentemente citado na imprensa mundial, volta à tona a corrida espacial, agora encabeçada por China e EUA, especialmente quando um dos pré-candidatos à sucessão da presidência nos EUA declarou: "*For a Moon Colony, Technology Is the Easy Part*" (The New York Times, 2012). Neste contexto, surgiu uma oportunidade de um tema instigante, com diversos elementos tecnológicos a serem pensados. As soluções para este problema necessariamente permeiam a inter e a multidisciplinaridade, podendo envolver disciplinas de diferentes semestres. O tema ficou assim definido como sendo: "proposição de uma base lunar para ocupação humana".

O maior limitador para uma proposta destas está em sua viabilidade, sendo assim necessário que o grupo de acompanhamento, professores e tutores, estejam muito bem alinhados para orientar todas as condições de contorno esperadas no projeto final a ser apresentado. Assim, partiu-se do pressuposto da necessidade de se estabelecer certos objetivos para a proposição de projeto a ser trabalhado. O objetivo geral ficou definido então como sendo o de se apresentar um projeto para uma base lunar com ocupação humana, considerando as condições físicas da Lua e priorizando os seguintes provimentos para sua habitação:

- suprimentos de ar;
- abastecimento de água;
- alimentação;
- geração de energia;
- gerenciamento de resíduos.

2.2 Enquadramento curricular

Para viabilizar a proposta de trabalho aos atuais projetos pedagógicos e planos de execução curriculares ora vigentes, propôs-se que tal atividade seja ofertada na forma de uma disciplina, denominada de Projeto Integrador. Esta poderá então ser utilizada ou como disciplina eletiva (optativa) ou como Atividade Complementar para os diferentes cursos.

As disciplinas eletivas ou optativas são aqueles que se integram ao plano de execução curricular, com carga horária definida, que se totaliza na carga horária total do curso de graduação. A atual situação institucional é a de que nos cursos regulares de engenharia da Universidade de Caxias do Sul, alguns currículos possuem esta categoria, e, por outro lado, não contemplem as disciplinas eletivas.

Outra alternativa seria considerar a disciplina de PBL como Atividade Complementar. Segundo o próprio Conselho Nacional de Educação – CNE, as atividades complementares têm a finalidade de enriquecer o processo de ensino-aprendizagem, privilegiando a complementação da formação social e profissional. O que caracteriza este conjunto de atividades é a flexibilidade de carga horária semanal, com controle do tempo total de dedicação do estudante durante o semestre ou ano letivo, de acordo com o Parecer do CNE/CES nº 492/2001 (MEC, 2001).

A disciplina Projeto Integrador será ofertada sempre nos segundos semestres dos cursos de engenharia, aproveitando-se ainda as disciplinas de primeiro semestre, especialmente as de Introdução às Engenharias, como local de divulgação, chamamento e motivação para que os alunos matriculem-se nela no semestre subsequente. O tema do projeto integrador poderá a cada ano ser reavaliado e preferencialmente ser proposto um novo tema, o que não influenciará na formalização da disciplina seja como eletiva ou como horas em atividades complementares para os diferentes currículos das engenharias.

Para que ela seja ofertada para matrícula, deverão ser envolvidos os professores das distintas disciplinas dos núcleos comuns das engenharias, que seriam as seguintes:

- Cálculo Diferencial e Integral – CDI;
- Mecânica Newtoniana – MN;
- Gerenciamento Ambiental – GA;
- Desenho Técnico II – DTII.

Para cada uma destas disciplinas normalmente há mais de uma turma sendo ofertada por semestre, inclusive com diferentes professores. Para que a disciplina de Projeto Integrador ocorra, o primeiro pré-requisito seria o do envolvimento de pelo menos um professor de cada uma destas disciplinas. Como situação ideal, seria a de que todas as turmas de todas estas disciplinas estivessem atuando em conjunto com o Projeto Integrador, vislumbrando neste uma possibilidade de aprimorar o aprendizado em cada uma delas e, inclusive, podendo recorrer de objetos de avaliação alinhados com as atividades em desenvolvimento no Projeto Integrador.

No contexto mais amplo da aprendizagem orientada por projetos, importante destacar que também será motivada e valorizada, a mobilização de conhecimentos e habilidades previamente desenvolvidas, desde os temas vistos no ensino médio, até os especialmente vistos nas disciplinas dos primeiros semestres dos cursos de engenharia, que seriam:

- Leitura e Escrita na Formação Universitária – LE;
- Introdução à Engenharia – IE;
- Química Geral – QG;
- Pré- Cálculo – PC;
- Desenho Técnico I – DTI.

Nem todos os alunos necessariamente terão cursado todas as disciplinas de primeiro semestre, mas o que se entende que não será um empecilho para a condução das atividades. A estratégia de execução para a formação das equipes deverá prever a participação de componentes que se complementem em termos das disciplinas já cursadas e em curso.

Ainda como pré-requisito para que a disciplina possa ocorrer, com toda sua dinâmica de funcionamento devidamente planejada, será necessário que a turma matriculada atenda aos seguintes pré-requisitos:

- Pelo menos um aluno de cada equipe a ser formada, deverá estar matriculado em pelo menos uma das disciplinas integrantes do projeto;
- A formação das equipes do projeto será de no mínimo quatro e de no máximo seis componentes e de tal maneira que na equipe estejam contempladas todas as disciplinas integrantes do projeto, cursadas ou em curso.

Caso estes pré-requisitos não se cumpram, a disciplina de Projeto Integrador não ocorrerá naquele semestre.

2.3 Competências e avaliação

A avaliação integra o projeto como processo de acompanhamento e aprimoramento das ações que promovem o desenvolvimento de competências. O projeto avaliará as competências transversais e competências técnicas específicas das disciplinas envolvidas no projeto.

Com relação às competências transversais é previsto que os instrumentos de avaliação sejam capazes de considerar os seguintes quesitos:

- Trabalho em equipe;
- Iniciativa e criatividade;
- Uso de diferentes linguagens de comunicação;
- Pensamento crítico, ético e ambiental;
- Gestão de projetos;
- Capacidade de relacionar e organizar o conhecimento interdisciplinar;
- Capacidade de adaptação a novas situações.

A avaliação destas competências se dará durante todo o projeto pelos tutores, pelos pares e pelos professores das disciplinas participantes do projeto.

Em relação às competências técnicas e específicas, a avaliação fornecerá, por instrumentos próprios, um grau de aproveitamento que poderá integrar a avaliação das disciplinas participantes, com pesos a serem definidos pelos respectivos professores de cada turma de cada disciplina que optar por esta coparticipação. Assim, espera-se que a disciplina por si só tenha um grau de rendimento, que definirá a sua aprovação e nota final do aluno; bem como estes graus de desempenho poderão ser utilizados para avaliar também determinado percentual nas disciplinas integrantes do segundo semestre.

Os instrumentos de avaliação serão relatórios parciais e final, com apresentações escritas e orais, avaliação pelos pares e avaliação da qualidade do uso de recursos multimídias (web, vídeos, etc.) que deverão ser criados pelos alunos para divulgar seu projeto.

Com relação aos relatórios estes deverão ser três, dois parciais e o relatório final do projeto. Prevê-se que estes relatórios deverão apresentar os aspectos e quesitos a seguir descritos.

- **Relatório 1** – discussão do tema proposto com sugestões das atividades a serem desenvolvidas, acompanhadas de cronograma de tarefas e atribuições dos componentes da equipe. Este relatório deverá ser entregue impresso e ainda apresentado oralmente na terceira semana de aula.
- **Relatório 2** – relatar as tarefas executadas e a executar, apresentando as dificuldades encontradas na execução das mesmas e no cumprimento dos tempos estabelecidos. Com isso, sugerir ajustes ao cronograma. Este relatório deverá ser apresentado impresso e ainda apresentado oralmente na oitava semana de aula.
- **Relatório final** – a ser entregue no final do semestre. Deverá apresentar todas as atividades desenvolvidas pelo grupo e projeto da base lunar, concebida de acordo com os objetivos propostos. Neste relatório deverão estar presentes todas as etapas previstas do projeto, bem como dificuldades e soluções para a realização do mesmo. Prevê-se a entrega de material impresso, bem como apresentação oral, e ainda serão estimuladas produções de modelos da base lunar, que poderão ser em maquetes físicas ou digitais, vídeos, dentre outras formas de comunicação que possam trazer maior proximidade entre a compreensão do projeto idealizado.

Será ainda considerada uma avaliação de pares, para que os próprios membros da equipe auxiliem no processo de detecção dos pontos fortes e das oportunidades de melhorias. A avaliação pelos pares deverá acontecer mensalmente, quando cada membro da equipa será avaliado por todos os demais componentes, incluindo o professor tutor. Serão discutidas as dificuldades enfrentadas por cada um, bem como sugestões do grupo para solucioná-las. Um instrumento próprio será estruturado pelos professores tutores e deverá valorizar a análise das competências transversais, inferindo notas a partir de graus qualitativos atribuídos.

A avaliação do uso de recursos hipermídias (blog ou página web) a ser produzido para registro e divulgação do projeto da equipe será de acordo com sua clareza e eficiência na colocação dos resultados.

Com relação às competências técnicas específicas que poderão se vincular a cada uma das disciplinas participantes do semestre, a tabela 1 descreve uma ideia preliminar de aspectos que poderiam ser considerados.

Tabela 1: Competências Específicas a serem desenvolvidas pelo Projeto Integrador, vinculadas às disciplinas do semestre curricular.

AVALIAÇÃO	COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS	DISCIPLINAS ENVOLVIDAS
Relatório 1 Apresentação 1	Elaborar relatórios com uso da comunicação gráfica	Desenho Técnico I Desenho Técnico II
	Elaborar relatórios e apresentações	Leitura e Escrita na Formação Universitária
	Estabelecer as relações de demanda por oxigênio, água, alimentos, energia e demais insumos	Introdução à Engenharia Química Geral Gerenciamento Ambiental
	Relacionar as demandas por alimento, água e energia com a geração de resíduos	Gerenciamento Ambiental
Relatório 2 Apresentação 2	Elaborar relatórios com uso da comunicação gráfica	Desenho Técnico I Desenho Técnico II
	Elaborar relatórios e apresentações	Leitura e Escrita na Formação Universitária
	Estabelecer as relações de demanda por oxigênio, água, alimentos, energia e demais insumos	Introdução à Engenharia Química Geral Gerenciamento Ambiental
	Estabelecer a demanda de Oxigênio	Química Geral
	Estabelecer as relações com a mineralogia (usos possíveis do solo)	Química Geral
	Estabelecer relações físicas com uso da matemática (estudos de máximos e mínimos)	Cálculo Diferencial e Integral
	Dimensionar quantidades e estruturas (volumes, áreas, comprimentos)	Cálculo Diferencial e Integral
	Relacionar as demandas por alimento, água e energia com à geração de resíduos	Gerenciamento Ambiental
	Propor alternativas de gerenciamento dos resíduos	Gerenciamento Ambiental
	Estabelecer relação com a demanda e geração de energia	Mecânica Newtoniana
	Propor alternativas para a geração de energia	Mecânica Newtoniana
Relatório Final Apresentação Final	Elaborar relatórios com uso da comunicação gráfica	Desenho Técnico I Desenho Técnico II
	Propor formas de apresentação física da base lunar (maquetes: digitais, físicas, desenhos)	Desenho Técnico I Desenho Técnico II
	Elaborar relatórios e apresentações	Leitura e Escrita na Formação Universitária

Destaca-se que estes aspectos serão certamente dependentes do grau de envolvimento de cada professor das disciplinas específicas junto ao Projeto Integrador, mas que a partir desta lista já se lançam ideias de conteúdos e habilidades que poderiam estar sendo contempladas em cada disciplina. Cada disciplina participante do projeto poderá reservar até 30% da avaliação para a nota do projeto. Este percentual poderá ser discutido com os participantes do projeto, coordenador, tutores e professores das disciplinas.

O peso ponderado para os instrumentos de avaliações previstos serão os seguintes:

- Relatório e apresentação 1 10%
- Relatório e apresentação 2 20%
- Relatório e apresentação final 40%
- Avaliação do uso de hipermídia 10%
- Avaliação pelos pares e pelo tutor 20%

O detalhamento das ponderações de cada atividade, ou seja, como serão avaliados os relatórios e as respectivas apresentações, os quesitos e subquesitos avaliativos e seus pesos ponderados, serão objetos a serem desenvolvidos e rediscutidos a cada nova edição da disciplina de Projeto Integrador.

2.4 Organização

A equipe responsável pela disciplina Projeto Integrador é composta por:

- Um coordenador;
- Quatro professores;
- Tutores, iguais ao número de equipes formadas na turma.

O coordenador é o professor responsável pela disciplina Projeto Integrador que poderá ser um dos professores das disciplinas integrantes ou não. As tarefas do coordenador são:

- Definir o cronograma;
- Monitorar o andamento do projeto;
- Convocar reuniões com tutores;
- Avaliar todas etapas do projeto de cada grupo.

Os professores de cada disciplina desempenham as seguintes tarefas:

- Assessorar o coordenador;
- Participar das reuniões;
- Dar suporte aos alunos no desenvolvimento do projeto dentro da sua especialidade.

Os tutores, em número igual ao número de equipes formadas na turma, são professores com as seguintes atribuições:

- Dar suporte global para o pleno desenvolvimento do projeto;
- Avaliar os membros do grupo;
- Redigir relatórios a cada duas semanas ao coordenador.

Os tutores terão dois encontros de 1 hora por mês com o seu grupo e dois encontros de 1h com a equipe do projeto.

As equipes participarão de três encontros com todos os membros de todas as equipes presentes. Nos dois primeiros encontros serão apresentados os relatórios parciais, por escrito e com apresentação oral. O último encontro será a apresentação final do projeto.

A tabela 2 apresenta o cronograma previsto para o desenvolvimento e controle semanal da disciplina do Projeto Integrador. Salienta-se que o semestre regular na Universidade de Caxias do Sul tem 19 semanas de aulas.

Tabela 2: Cronograma previsto para o desenvolvimento e controlo da disciplina Projeto Integrador.

ATIVIDADES	SEMANA DO SEMESTRE LETIVO																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Encontro inicial	X																		
Encontro Tutor/grupo		X		X		X		X		X		X		X		X		X	
Encontro da Equipe			X		X		X		X		X		X		X		X		
Apresentação 1							X												
Apresentação 1													X						
Apresentação final																			X

3 Avaliação da proposta de projeto

O bom êxito de um projeto depende da máxima exploração de seus aspectos positivos, trazendo-os a tona e deixando-os explícitos. Cabe ainda salientar a importância de conhecer e, a medida do possível, contornar as limitações vinculadas na implantação e no desenvolvimento de projetos.

3.1 Potencialidades

Sob o ponto de vista das potencialidades, ao se propor metodologias de aprendizagem por projetos nos cursos de engenharia, destaca-se, em especial, a motivação dos alunos. Segundo Moreira, Mesquita & Hattum-Janssen (2011) a motivação é a questão central do ciclo de vida de um projeto. Esta motivação é promovida pela contextualização da aprendizagem no cotidiano do estudante, inserindo-o de forma mais aprazível na conjuntura das ideias propostas. Contextualizar vai além de motivar, é, também, propiciar que os alunos escolham conhecimento que desejam construir e promover o desenvolvimento da autonomia (Hill, 2009).

Ao realizar uma análise da proposta do projeto, observa-se que o apelo motivador encontra-se não somente no tema, mas também na ideia inovadora a ser implantada, concomitantemente, nos diversos cursos de Engenharia do CCET-UCS. Atualmente, o aluno de engenharia busca por si próprio, atividades que lhe propiciam múltiplas competências, o que faz do PBL uma boa estratégia na formação de um Engenheiro. Essas multicompetências compreendem o trabalho em equipe, passando pela aplicação de conceitos e na geração de resultados práticos.

3.2 Restrições

Sahin (2011) cita como restrições na execução de um projeto de aprendizagem, três principais pontos: (1) limitação de tempo. Sahin considerou que um semestre é insuficiente para desenvolver um projeto; (2) problemas comportamentais dos estudantes, em questões de relacionamento entre os membros dos grupos; (3) limitação dos temas. Ao se propor um conjunto de temas para projetos, estreita-se a visão dos estudantes. Estes três pontos destacados por Sahin podem, em certos casos, inviabilizar a implementação de um projeto.

Para o caso específico das engenharias do CCET-UCS, enfrenta-se, como discutido anteriormente, o fato dos alunos serem, na sua grande maioria, trabalhadores. Este aspecto, ao ser observado, pode amenizar um dos problemas trazidos por Sahin (2011), que é o caso dos problemas comportamentais, uma vez que o trabalho em equipe é comum em empresas onde os alunos atuam. Porém, este mesmo fato, de serem alunos trabalhadores, agrava, de certo modo, o tempo que podem dedicar ao projeto.

4 Conclusões

A produção deste trabalho propiciou compartilhar ideias e aprendizados, desenvolver a prática da discussão entre professores. Esta convivência, de falas e escutas, torna possível o planejamento de uma estratégia pedagógica, bem como o entendimento das suas possibilidades e limitações.

A aprendizagem orientada por projetos tem por habilidade natural promover uma mobilização, tanto discente quanto docente, no sentido de aprimorar o aprendizado, exigindo de todos os atores uma interação e organização constantes. Nesta linha, percebe-se que a presente proposta para ser trabalhada na metodologia PBL configurou-se de tal forma a mobilizar estas competências.

Espera-se que o tema proposto para projeto, que é atual e de características tecnológicas multi e interdisciplinares seja um fator instigante para a participação dos alunos e também dos professores. Da mesma forma, ao se integrar os diferentes instrumentos de avaliação, considerou-se os mesmos também como potencialidades de desenvolvimento de competências.

Além disso, como decorrência da realização do projeto PBL, entende-se ser possível mobilizar professores de disciplinas não envolvidas diretamente no projeto a considerarem os estudos realizados, propondo aprimoramentos ou a identificação de outros aspectos ainda não contemplados. Estes vínculos poderão fortalecer disciplinas específicas, bem como configurar um segundo Projeto Integrador.

Referências

Ausubel, D. P. (1982). A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes.

Campos, L. C. & Silva, J. M. (2011) Aprendizagem Baseada em Projetos: uma nova abordagem para a Educação em Engenharia. Proposta para uma sessão dirigida no Cobenge 2011. Disponível em http://www.cobenge2011.com.br/_upl/file/SD_LCarlos_JMello.pdf. Acesso: março 2012.

CNI/SENAI/IEL. (2006). Inova Engenharia: proposta para a modernização da educação em engenharia do Brasil. Brasília.

Hill, A. M. (2009). Motivational aspects: analyzing best practice in technology education. Rotterdam: Sense Publications. 203-211.

Instruction at FSU: A Guide to Teaching and Learning Practices. Center for Teaching & Learning, 6th edition, Florida State University, 2010.

Moreira, F., Mesquita, D. & Hattum-Janssen, N. V. (2011). The importance of the Project Theme in Project-Based Learning: a study of student and teacher perceptions. In: International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, Lisbon.

Piaget, J. (1978). Fazer e compreender. São Paulo: Melhoramentos, Edusp.

Prince, M. J. & Felder, R. M. (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. Journal of Engineering Education, 95(2), 123-138.

Sahin, Y. G. (2011). A team building model for software engineering courses term projects. Computers & Education, 56, 916-922.

Veículo Aéreo Não Tripulado: Proposta de Inovação na Educação em Engenharia por meio da Aprendizagem Baseada em Projetos

Alexandre Luís Gasparin, Francisco Catelli, Givanildo Garlet, Ivete Ana Schmitz Booth, Luciani Tatsch Piemolini-Barreto

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, RS, Brasil

Email: algaspa1@ucs.br, fcatelli@ucs.br, ggarlet@ucs.br, iasbooth@gmail.com, ltpbarre@ucs.br

Abstract

Many institutions have sought alternative methods to those used in higher education according to the National Curriculum Guidelines and the document Restructuring and Expansion of Brazilian Universities. Among these methodologies, Project-Based Learning can be a viable path, due to the fact of offering students a way to build knowledge, develop skills and attitudes for the professional life. This study describes a proposal for a teaching methodology based on interdisciplinary projects in the Course of Mechanical Engineering at the University of Caxias do Sul. This methodology will be developed in the fifth semester in the discipline of projects aligned disciplines of Fluid Mechanics, Solid Mechanics and Manufacturing Processes, in order to design and build an Unmanned Aerial Vehicle according to specifications of SAE BRAZIL. As a result of application of this teaching methodology a change in the pedagogical action of the teacher and the student's learning process is expected.

Keywords: Project-Based Learning; Unmanned Aeroplane Vehicle; Engineering Education.

1 Introdução

Os cursos de engenharia, atendendo as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) e o documento de Reestruturação e Expansão das Universidades Brasileiras (MEC, 2007), tentam contemplar em seus currículos a flexibilidade, relações pedagógicas centradas no estudante, a articulação com o campo de atuação profissional, a interdisciplinaridade, a contextualização sociocultural e uma consciência ambiental sustentável.

Consoante à perspectiva exposta acima, o campo de atuação do engenheiro deve envolver empreendimentos cooperativos, projetos, trabalhos realizados em equipes compostas de disciplinas de diferentes áreas de conhecimento, componentes de equipes com diferentes funções, formações e habilidades. Estas características estão contempladas nas DCN, sinalizando que o profissional engenheiro deverá estar capacitado a projetar, conduzir equipes e experimentos, interpretar resultados, conceber, analisar sistemas, produtos e processos, supervisionar, formular e resolver problemas de engenharia e comunicar-se de forma adequada, entre outras habilidades. O currículo passa então a ser entendido como um conjunto de experiências de aprendizado das quais o estudante participa ativamente realizando estudos em diferentes áreas, porém, de forma integrada (MEC, 2002).

A perspectiva da aprendizagem ativa diferencia-se da premissa da tábula rasa, postulada por Locke em 1890, e que imperou no ensino tradicional durante muito tempo (e mesmo nos dias atuais). O aluno, em vez de uma folha em branco, é visto agora como um participante ativo, que tem papel central nas decisões que envolvam o quê e como aprender. Na aprendizagem ativa, o foco deixa de ser o professor e o que ele "transmite", para voltar-se ao aluno, ao ambiente que lhe é familiar, à investigação, ao estudo, à criação de sentido (Prince e Felder, 2006). O professor redesenha seu papel, tornando-se muito mais um orientador do que um "diretor". As estratégias de aprendizagem (Portilho, 2009) são redesenhadas, como no caso do trabalho aqui proposto.

Diante deste contexto, promover situações de ensino e de aprendizagens em engenharia que levem os alunos a desenvolver projetos, resolver problemas e de trabalhar com o desconhecido parece ser um caminho que potencializa o desenvolvimento de habilidades novas e a uma aprendizagem significativa. A aprendizagem ativa é potencialmente estruturadora: ela não envolve apenas conceitos, mas habilidades complexas, praticamente inexistentes no meio educacional, bem como um tipo de conhecimento ainda não familiar à maior parte de professores e alunos (Booth et al., 2011). É importante, nesse cenário, fundamentar estudos e ações voltadas para a melhoria do processo educativo por meio da ampliação de "modelos" pedagógicos e epistemológicos do engenheiro-professor.

Para que o futuro engenheiro possa lidar com situações que se apresentam em seu ambiente de trabalho, gerando resultados relevantes, levando em conta as expectativas atuais em relação ao seu trabalho, é preciso que ele seja capaz, não apenas de executar regras e instruções, mas de criar e de aperfeiçoar novas regras, de derivar novas e melhores possibilidades de interagir em seu meio, produzindo resultados de interesse

científico, técnico e humano. É fundamental então mudar a concepção de professores e alunos, tanto do que seja ensinar, aprender e avaliar. Fernandes et al (2007) sinalizam a importância de entender a avaliação como um processo integrado ao proesso de ensinar e aprender, desenvolvendo dispositivos de monitorização de função formativa, contribuindo para a construção das aprendizagens dos alunos.

Uma alternativa viável pode ser a que lança mão de estratégias de aprendizagem ativa e significativa, as quais concebem o aprender como um processo relacionado à construção e ao estabelecimento de relações entre o novo e o que já se conhece, partindo da premissa que, para ensinar, mais que expor e informar, é necessário incentivar o aluno a pensar, a fazer conjecturas, a ler e interpretar informações e, por meio delas, deduzir formas de planejar, projetar, resolver problemas, conflitos, interagir com colegas. Tudo isso é concretizado a partir de reflexões sobre as ações desenvolvidas, seguidas da tomada de decisões. Dessa forma aumentam as possibilidades de que o aluno, futuro engenheiro, construa relações de significado que envolva o conhecimento e o meio do qual elas emanam, aprendendo de forma ativa, autônoma e significativa.

A Aprendizagem por Projetos pode ser um potencial para a aprendizagem significativa, por meio de ações colaborativas de seus agentes. O aprendizado colaborativo, fundamentando nos princípios de Vygotsky, pode tornar possível uma nova forma de atuação do professor e dos alunos com o fenômeno ensinar, derivando assim novos comportamentos para atender às novas demandas e exigências das DCN e da REUNI.

Ausubel (2003) alerta que "a aprendizagem significativa resulta de um processo de ensino no qual o professor cria condições para o aluno interagir utilizando objetos de aprendizagem, materiais diversos, desafios, problemas, experimentos e mecanismos de ensino potencializadores de aprendizagem significativa buscando um maior envolvimento do aluno no processo". Sendo assim, este trabalho propõe uma experiência de implementação da aprendizagem colaborativa, orientada por projetos, visando contribuir para o aprimoramento contínuo da Educação em Engenharia. A aprendizagem colaborativa, e que segundo Lehtovuori (2007), é um método de ensino rigoroso, relevante, que envolve a investigação e a aprendizagem autônoma dos estudantes, ajudando-os, a saber, e a fazer.

A aprendizagem baseada por projetos foi escolhida neste trabalho por contemplar em sua dinâmica potencial para desenvolvimento de competências técnicas e transversais, bem como um potencial para superação da metodologia tradicional de ensino, cristalizada em seu modelo organizacional desde a criação em 1795 do curso de engenharia Politécnica em Paris.

1.1 Motivação

A competição *aerodesign* da SAE Brasil ocorre anualmente e atualmente existe uma equipe de alunos da engenharia da Universidade de Caxias do Sul que participa desta competição, a equipe Aerosul. A motivação deste artigo é se utilizar desta experiência em equipe sendo esta um chamariz de alunos de engenharia. Os envolvendo num projeto de aeronave para aplicar a metodologia PBL, complementando a formação do engenheiro mecânico desta instituição de ensino.

Vários documentos nacionais e internacionais têm enfatizado, entre outros aspectos, a necessidade de ampliar concepções relacionadas aos processos de ensinar e de aprender em Instituições de Ensino Superior. Nesse sentido, esse trabalho propõe o desenvolvimento de uma primeira experiência com a aprendizagem orientada por projetos, tentando contribuir com os referenciais das diretrizes curriculares e para o aprimoramento contínuo de ações voltadas para a melhoria do processo de ensinar e de aprender.

A forma de intervenção escolhida nesse trabalho foi a metodologia de aprendizagem baseada em projetos. A dinâmica dessa metodologia apresenta potencial para o desenvolvimento de habilidades procedimentais e transversais tais como: raciocínios; operações mentais com diferentes níveis de complexidade; trabalho em equipe; trabalho com um projeto ou problema real, contextualizado e novo, propícia para o desenvolvimento de novos comportamentos, atitudes e posturas próximas as da futura atividade profissional. Entende-se também que é desse contexto que nasce a interdisciplinaridade, pois o projeto e seus problemas não nascem a rigor de disciplinas, estas são "recursos" para que problemas sejam estudados, resolvidos ou minimizados pelo diálogo entre diferentes áreas do conhecimento (Paviani, 2008; Pombo, 2004).

1.2 Objetivos do projeto

- Organizar uma experiência de aprendizagem baseada em projetos, de forma interdisciplinar com professores e alunos do curso de engenharia visando o desenvolvimento de competências técnicas e transversais.
- Difundir técnicas e conhecimentos de engenharia aeronáutica entre estudantes e futuros profissionais da mobilidade.
- Estabelecer uma relação pedagógica centrada no estudante visando o desenvolvimento da capacidade de comunicação, de trabalho em equipe, de resolução de problemas, de gestão de conflitos e a de comprometimento.
- Projetar e construir um protótipo tipo VANT, conforme as normas da competição da SAE Brasil como uma proposta de inovação na educação em engenharia.

2 Procedimentos Metodológicos

Este estudo apresenta uma primeira experiência de proposta de aprendizagem ativa no curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Caxias do Sul. A proposta de trabalho está inserida no plano de execução curricular do mesmo, na forma de uma disciplina, denominada de Projeto I, e trabalhará com a metodologia de aprendizagem baseada em Projetos. A mesma será ofertada no quinto semestre e na sua oferta estarão envolvidas as disciplinas de Mecânica dos Fluidos, Mecânica dos Sólidos e Processos de Fabricação considerada como estruturantes para o projeto conforme Figura1. Um dos pré-requisitos será o envolvimento de pelo menos um professor de cada uma dessas disciplinas atuando em conjunto com o coordenador do Projeto I. Na formação das equipes todos os alunos deverão estar matriculados nas disciplinas estruturadoras descritas acima e na de Projetos I. Serão formadas duas equipes de até dez componentes cada uma. Caso estes pré-requisitos não se cumpram, Projeto I não ocorrerá naquele semestre.

Os professores de cada uma das disciplinas estruturadoras terão horas semanais para se reunirem com os componentes da equipe e com o coordenador para atenderem às necessidades dos alunos matriculados em Projeto I. O trabalho será desenvolvido em espaço próprio e com infraestrutura adequados e em um ambiente propício para que os estudantes estejam imersos nos problemas a serem resolvidos de acordo com os seus cronogramas. Os professores das disciplinas estruturantes se reunirão com antecedência com o coordenador para planejam algumas ações de intervenção relacionadas às características do Projeto I. O acompanhamento do processo e dos problemas a serem solucionados será realizado por avaliações periódicas com os estudantes, professores-tutores e professores envolvidos. Todos os componentes da equipe, coordenação e professores trabalharão na realização de tarefas para o inicio do Projeto I. O processo de comunicação entre professores e alunos também será mediado por ferramentas eletrônicas em site do ucs-virtual para disponibilizar as tarefas e documentos públicos e privados.

Figura 12: Disciplinas envolvidas na proposta PBL na Engenharia Mecânica.

De uma forma geral, este estudo tem por objetivo desenvolver nos alunos habilidades de projetar e construir um protótipo tipo VANT, conforme as normas da competição da SAE (Society of Automotive Engineers) de

aerodesign, e habilidades transversais de resolução de problemas, comunicação e a de gestão de conflitos. No término do semestre, após a finalização dos trabalhos, será realizada a seleção de um dos protótipos do VANT, aquele com o melhor desempenho para participar em concurso nacional dessa modalidade.

2.1 Organização da Equipe de Trabalho

A equipe responsável pelo trabalho reconhece a contribuição do Projeto I, para uma melhor compreensão de referênciais teóricos, associado à prática e de sua articulação curricular relacionada a um problema do campo de atuação da engenharia. Os principais papeis dos compomentes da equipe responsável, composta pelo coordenador do projeto, pelos professores de cada disciplina e dos professores-tutores são descritos a sseguir.

Ao Coordenador cabe apresentar a proposta de trabalho, definir os programas e o inter-relacionamento entre as disciplinas, prever junto com os professores os planos das aulas e seus controles, estabelecer um cronograma exequível ao projeto, disponibilizar recursos necessários para viabilizar seu desenvolvimento e acompanha-lo, realizar reuniões com os professores- tutores. Ao Coordenador cabe também avaliar as etapas do projeto de cada equipe, sendo esta avaliação acompanhada de uma opinião sobre o processo, analisar os relatórios enviados pelos professores-tutores e rever e alterar ações do cronograma proposto.

Os Professores das disciplinas estruturadoras devem assessorar o coordenador segundo as necessidades, participando das reuniões, apoiando os alunos no desenvolvimento de conteúdos conceituais e ou procedimentais relacionados com a sua especialidade e incentivando a equipe a evoluir, mobilizando-a para o novo por meio de ações de intervenção originais e criativas.

Cabe aos Professores Tutores diagnosticar as necessidades conceituais dos alunos, encaminhá-los aos professores das áreas específicas (disciplinas estruturadoras), avaliar os desempenhos dos componentes da equipe e redigir relatórios quinzenalmente, encaminhando-os a seguir ao coordenador do projeto.

O desenvolvimento e o acompanhamento do Projeto I de forma sincrética preveem vinte encontros de atividades formais, ver Figura 2. Cada equipe definirá horários extraclasses e demais encontros para a viabilidade da execução do projeto.

2.2 Encontros Formais do Projeto

O desdobramento dos encontros formais dos alunos está descrito conforme o fluxograma da Figura 2. No primeiro encontro haverá a apresentação dos professores tutores e do coordenador de Projeto I aos alunos. Nos encontros seguintes, os professores tutores se encontrarão com as duas equipes de alunos semanalmente, conforme cada etapa de projeto. Por exemplo, inicialmente o professor de Mecânica de Fluidos os acompanha para auxiliar os alunos na área de aerodinâmica, quando for necessário o projeto da estrutura da aeronave o professor de Mecânica dos Sólidos acompanha os alunos, na etapa de contrução e testes, o professor de Processos de Fabricação e assim por diante. Mediante uma falta de recurso os professores tutores, que também fazem parte das disciplinas estruturantes de Projeto I informam ao professor coordenador de Projeto I as necessidades dos alunos para este proporcionar a viabilidade da disciplina.

2.3 Competências e Avaliações de Projeto I

Em relação às competências transversais é previsto que os instrumentos de avaliação sejam capazes de considerar o trabalho colaborativo da equipe, a iniciativa e criatividade, o uso de diferentes linguagens de comunicação, o pensamento crítico, ético e ambiental, a gestão de projetos, a gestão de Conflitos, a habilidade de relacionar e organizar o conhecimento e contribuições das diferentes áreas, bem como a habilidade de lidar com novas situações. A avaliação destas competências se dará durante todo o projeto pelos professores e pelos pares.

Em relação às competências técnicas e específicas, a avaliação fornecerá, por instrumentos próprios, um grau de aproveitamento que poderá integrar a avaliação das disciplinas estruturadoras, em até 30%. Os instrumentos de avaliação serão relatórios parciais e final, com apresentações escritas e orais, avaliação pelos pares e avaliação da qualidade do protótipo VANT conforme descritos na Figura 2 e no Quadro 1.

Com relação aos seminários e relatórios, serão considerados os dois parciais e o relatório final do projeto. As características dos tipos dos relatórios para a apresentação nos seminários estão descritas a seguir:

- Avaliação 1 – seminário de apresentação do pré-projeto aerodinâmico e da establidade e controle – sétima semana.

- Avaliação 2 – seminário de apresentação do pré-projeto de desempenho da aeronave em função de testes em laboratório do desempenho aerodinâmico da aeronave, confrontando com resultados analíticos provenientes da avaliação anterior – décima segunda semana.
- Avaliação 3 – defender o projeto detalhado, incluinda a análise estrutural e, forma de relatório e apresentação oral – vigésima semana.

Nos relatórios deverão constar a descrição das etapas previstas do projeto e as dificuldades encontradas, as soluções para a realização do mesmo, a cópia de material impresso e da apresentação oral, e por fim a entrega do protótipo do VANT.

Está prevista uma avaliação por pares, entendido como um instrumento que auxilia a equipe na identificação de pontos fortes e de oportunidades de melhorias. A avaliação pelos pares deverá acontecer mensalmente, quando cada membro da equipa será avaliado por todos os demais componentes, incluindo o professor-tutor. Serão avaliadas as dificuldades de cada um a definição de ações necessárias ao grupo para solucioná-las.

Um instrumento de registros será elaborado pelos professores- tutores para subsidiar a análise das competências transversais, tais como a capacidade de comunicação, de trabalho em equipe, de resolução de problemas, de gestão de conflitos e a de comprometimento. Essas categorias serão a base para compor o registro de notas.

2.3.1 Avaliação escrita e individual

Na disciplina de Projeto I será realizada uma avaliação escrita e individual com questões referentes às habilidades descritas em cada fase do projeto (Figura 2).

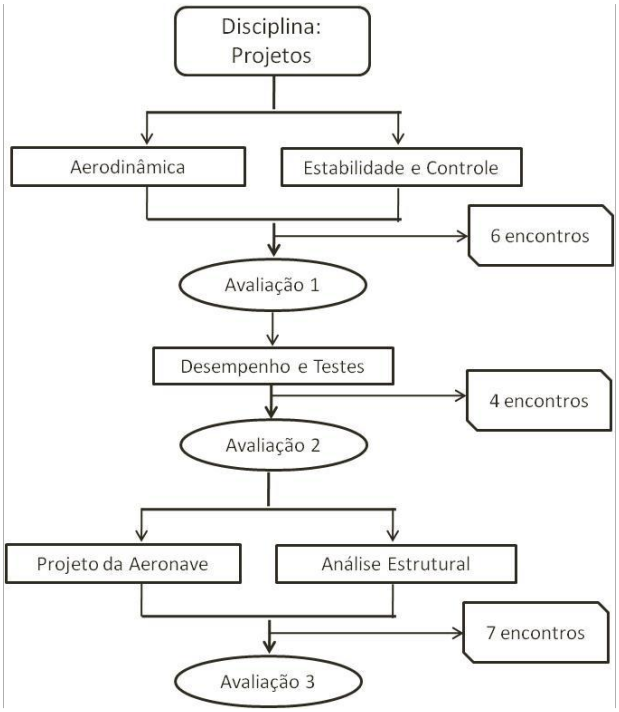


Figura 2: Avaliações da disciplina de projetos

2.3.2 Avaliação do Projeto I

A avaliação do Projeto I será realizada a fim de verificar o trabalho em equipe, para que os envolvidos tornem-se mais motivados, autônomos, críticos e responsáveis pela sua aprendizagem e estará dividida na avaliação do seminário de apresentação do Projeto I, na avaliação do relatório, na avaliação *Peer* e na auto-avaliação, conforme Quadro 1 (adaptado de Lima et al., 2009).

Quadro 1: Critérios de avaliação do Projeto I

	Critérios	Peso	Indicadores
Critérios de Avaliação da Apresentação do Seminário (40% da avaliação)	1. Comunicação	50%	1.1 Demonstra coerência entre a argumentação teórica e o objetivo do projeto; 1.2 Expõe os argumentos de forma sistematizada; 1.3 Utiliza elementos gráficos de apoio ao texto (imagens, tabelas, diagramas, etc.). 1.4 Interage com a banca e membros do grupo de modo a desenvolver a compreensão do objetivo do projeto; 1.5 Revela capacidade de problematização, argumentação e contra-argumentação na discussão.
	2. Conteúdos	50%	2.1 Aerodinâmica: Analisar a configuração da asa e definir o seu perfil; 2.2 Estabilidade e controle: Definir a empenagem horizontal e vertical; 2.3 Desempenho e testes: Medir arrasto e sustentação da asa; 2.4 Análise estrutural: Analisar e definir a estrutura e configuração do trem de pouso; 2.5 Projeto elétrico: Desenvolver o projeto elétrico especificando os componentes elétricos e conexões.
Critérios de Avaliação do Relatório (40% da avaliação)	**Critérios**	**Peso**	**Indicadores**
	1. Estrutura do Relatório	40%	2.1Apresenta uma estrutura coerente: introdução, objetivo, desenvolvimento e conclusão; 2.2Apresenta coerência entre os objetivos e os resultados; 2.3Apresenta uma sequência adequada de desenvolvimento do projeto.
	2. Conteúdos	60%	2.1 Apresenta uma fundamentação técnica suficiente e adequada; 2.2 Aplica os conteúdos das disciplinas envolvidas no projeto; 2.3 Propõe soluções na área a partir do conteúdo estruturador.
Critérios de Avaliação Peer (10% da avaliação)	**Critérios**	**Peso**	**Indicadores**
	1. Autonomia	100 %	1.1 Revela espírito de iniciativa na tomada de decisões baseada na proposta do projeto; 1.2 Capacidade de ser pró-ativo; 1.3 Habilidade de decidir individual e coletivamente respeitando as posições divergentes; 1.4 Capacidade de buscar informações autonomamente; 1.5 Capacidade de trabalhar e de aprender coletivamente.
	Critérios	**Peso**	**Indicadores**
Critérios de Auto-avaliação (10% da avaliação)	1. Percepção do aluno no contexto do projeto	100 %	1.1 O aluno deverá realizar a sua auto-avaliação na apresentação do seminário, no relatório e no trabalho em equipe. O resultado esperado é a proximidade da auto-avaliação com as avaliações anteriores.

2.3.3 Avaliação Final

A média final será realizada com as notas das três avaliações escritas e a nota da projeto.

2.3.4 Avaliação das demais disciplinas

A nota das disciplinas concomitantes ao projeto será composta de duas partes: 70% da disciplina específica e 30% relativo à nota final da disciplina de projeto.

2.4 Competências técnicas e específicas que se esperam desenvolver em cada disciplina estruturadora de Projeto I

A disciplina de Projeto I utiliza conhecimentos específicos de disciplinas Mecânica dos Fluidos, Mecânica dos Sólidos e Processos de Fabricação para desenvolver os conteúdos de projeto e construção de aeronaves subsônicas. A seguir as respectivas competências de cada disciplina estão expostas.

Disciplina 1: Projeto I

Abaixo as competências específicas:

- Estruturar a formação de uma Equipe colaborativa para o desenvolvimento do Projeto;
- Compreender e relacionar os fundamentos básicos do funcionamento de uma Aeronave;
- Projeto Conceitual de Aeronaves;
- Compreender os fundamentos de Aerodinâmica e definir características Aerodinâmicas dos Perfis;
- Analisar a Aerodinâmica da Asa e definir as características do Estol;
- Prever a distribuição de Sustentação e Arrasto e Empenagem e Polar de Arrasto;
- Analisar o desempenho Grupo Moto Propulsor e selecionar as hélices e as forças atuantes em uma Aeronave;
- Prever a influência da Variação da Altitude assim como o desempenho de Subida e de Decolagem e de Pouso;
- Voo em curva e envelope de voo;
- Analisar a estabilidade e controle;

- Compreender os fatores que influenciam a estabilidade estática e o estudo de cargas nas aeronaves;
- Projetar o Diagrama v-n de manobra e de rajadas;
- Calcular e prever as cargas atuantes nas asas, na empenagem, na fuselagem e no trem de pouso;·.
- Calcular a estrutura da aeronave e dos materiais aeronáuticos;
- Avaliar a empenagem da asa;
- Projetar e construir o protótipo e o projeto elétrico, realizando testes;
- Realizar o voo do VANT de acordo normas técnicas.

Disciplina 2: Mecânica dos Fluidos

O conceito de escoamentos laminares e turbulentos, assim como de forças de arrasto e sustentação aerodinâmica são diretamente aplicados e necessários para projeto aerodinâmico da asa. Abaixo as competências específicas:

- Compreender e analisar o diferencial dos movimentos dos fluidos;
- Diferenciar as características do escoamento incompressível de fluidos não-viscosos;
- Compreender as características do Escoamento Incompressível de Fluidos Não-Viscosos, Euler, Bernoulli;
- Verificar a análise dimensional e semelhança;
- Compreender as características do escoamento viscoso incompressível interno, do escoamento em tubos e dutos, medição do escoamento e do escoamento viscoso incompressível externo, camada limite;
- Aplicar as características do escoamento sob e sobre corpos imersos arrasto e atrito;
- Compreender e definir as características do escoamento compressível;·.
- Projetar dutos com atrito e com troca de calor e definir e caracterizar choques normais e choques em dutos.

Disciplina 3: Mecânica dos Sólidos

O dimensionamento das barras, vigas e mancais da estrutura, assim como a resistência dos materiais empregados na parte estrutural da aeronave são conteúdos diretamente utilizados da disciplina Mecânica dos Sólidos aplicados em Projeto I. Abaixo as competências específicas:

- Compreender a definição de tensão e deformação;
- Definir as relações constitutivas do comportamento dos materiais, critérios de falha;
- Aplicar os fundamentos de isostática de corpos esbeltos, de tração e compressão de barras e de torção de eixos e vigas;
- Aplicar os fundamentos de flexão de eixos e vigas, concentração de tensão, cisalhamento de eixos e vigas;
- Caracterizar e identificar Métodos de energia;
- Definir carregamentos gerais e combinados;
- Compreender e calcular os deslocamentos.

Disciplina 4: Processos de Fabricação

Como construir, que ferramentas e processos disponíveis são usuais na construção de aeronaves não tripuladas são perguntas a serem esclarecidas nesta disciplina ao aluno de Projeto I. Abaixo as competências específicas:

- Definir as características do projeto geométrico e escolha adequada dos processos de fabricação;
- Compreender e analisar os processos de conformação metalúrgica;
- Compreender os processos de fundição: modelagem em areia, molde metálico (permanente) e fundição de precisão: Casca (Shell molding), Cera Perdida. Metalurgia do Pó: Sinterização;
- Compreender os processos de conformação plástica: laminação, estampagem, forjamento e trefilação;
- Compreender o processo de processos de usinagem em geral: torneamento, aplainamento, furação, alargamento e o de usinagens especiais: por eletroerosão, por lato de água, a plasma e por ultrassom.
- Compreender o processo de Usinagem em Altíssimas velocidades;
- Compreender o processo de processos de soldagem: soldagem a gás, soldagem a arco elétrico (SMAW), Soldagem TIG (GTAW) e o processo de soldagem semi-automática com arame sólido MIG/MAG-GMAW; soldagem semi-automática com arame tubular (FCAW);

- Compreender o processo de soldagem a arco submerso, soldagem por resistência, soldagem por "laser", soldagem por ultrassom, brasagem;
- Compreender o processo de prototipagem rápida.

3 Considerações Finais

Parece urgente e necessário propor mecanismos para ampliar a função do ensino Superior em relação as seus processos organizacionais e pedagógicos.

É essencial para o engenheiro-professor a implementação de sua atuação pedagógica, com novas metodologias, com foco em novos desafios para lidar com os fenômenos ensinar, aprender e avaliar mais adequados aos novos cenários. O aperfeiçoamento da prática educacional só pode ser obtido por meio do melhoramento sistemático dessa atuação pedagógica. Essa primeira experiência apresenta uma iniciativa de transposição dos fundamentos da aprendizagem ativa onde professores e alunos articulam ações com a realidade profissional, relacionando teoria e prática, desenvolvendo competências transversais e técnicas.

Outra consideração importante desse trabalho é o seu potencial para o desenvolvimento de um novo modelo de gestão do processo educativo. Segundo as DCNs, os Currículos dos Cursos de Engenharia deverão dar condições a seus egressos para adquirir um perfil profissional compreendendo uma sólida formação técnica, científica e profissional geral que o capacite a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua atuação crítica e criativa na identificação e resolução de problemas, considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística em atendimento às demandas da sociedade.

Diante desse contexto, a aprendizagem orientada por projetos se projeta como alternativa viável para as instituições de educação superior avançarem em novos modelos conceituais, epistemológicos e de gestão. Como resultado da aplicação desta metodologia de ensino espera-se mudanças na atuação pedagógica do professor e no processo de aprendizagem do aluno.

Agradecimentos

A todos os professores que colaboraram para a estruturação desta proposta, em especial: Diana Mesquita, Rodrigo Panosso Zeilmann, Rui M. Lima e Valquiria Villas Boas Gomes Missel. À Pró-reitoria Acadêmica da UCS, ao Sindicato dos professores (SINPRO) e a Associação dos Docentes da UCS (ADUCS) pelo apoio recebido.

Referências

Ausubel, D. P. (2003). Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva, Lisboa: Editora Plátano.

Booth, I. A. S., Villas-Boas, V.; Catelli, F. Mudança Paradigmática dos Professores de Engenharia: Ponto de Partida para o Planejamento do Processo de Ensinar. In: OLIVEIRA, V. F.; GIORGETTI, M. F.; ROCHA, A. A. (Org.). Educação, Mercado e Desenvolvimento: Mais e Melhores Engenheiros. São Paulo: EPUSP, 2008.

Bianchetti, L. Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito. Petrópolis, RJ: Vozes, 1995.

Fernandes, S.; Flores, M. A.; Lima, R. M. Avaliação de uma experiência de ensino-aprendizagem baseada em projectos interdisciplinares. In:. BRITO, C. R.; CIAMPI, M. M. (Eds.). Proceedings of ICECE 2007 International Conference on Engineering and Computer Education. Monguaguá, Brasil: COPEC - and IEEE, 2007.

MEC. Conselho Nacional de Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Resolução CNE/CES 11 de Março de 2002.

MEC. REUNI (Reestruturação e Expansão das Universidades Brasileiras). Portaria nº 552 SESU/MEC, de 25 de junho de 2007.

Lehtovuori , A., Costa, L. R.; Honkala, M. (2007). Applying the problem-based learning approach to teach elementary circuit analysis. Ieee Transactions On Education.

Lima, R. M., Carvalho, D., Sousa, R. M., Alves, A. C. (2009). "Management of interdisciplinary Project Approaches in Engineering Education: a case Study". 1st Ibero-American Symposium on Project.

Portilho, E. Como se Aprende? Estilos, estratégias e metacognição. Rio de Janeiro, WAK Editor, 2009.

Paviani, J. Interdisciplinaridade: conceitos e distinções. Caxias do Sul: EDUCS, 2008.

Prince, M.J.; Felder, R. M. (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. J. Engr. Education. 95, 123–138.
Pombo, O. Interdisciplinaridade: ambições e limites. Lisboa: Relógio D'Água Editores, 2004.

O uso das Tecnologias da Informação e Comunicação para o desenvolvimento de trabalho em equipe à distância a partir de ambientes colaborativos desenvolvidos para dispositivos móveis

Daniela Favaro Garrossini[*], Ana Carolina Kalume Maranhão[+], Rogério José Câmara[*], Luis Fernando Ramos Molinaro[**], Dianne Magalhaes Viana[++],

[*] Departamento de Desenho Industrial, Instituto de Artes, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil
[+] Núcleo de Multimídia e Internet, Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil
[**] Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil
[++] Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil

Email: daniela.garrossini@gmail.com, ckalume@gmail.com, sosreversos@gmail.com, molinaro@nmi.unb.br, diannemv@unb.br.

Abstract

The present work proposes a reflection on the development of necessary aspects to the organization of the collaborative learning activities through the development of an application program for mobile devices. The objective is to allow its use, any place and any time, in an environment of collaborative learning. The development of the application program is based on concepts of the Project Based Learning (PBL) as the available technology for the learning process through a specific methodology to the development of actions turned to the support and evolution of the traditional teaching in Mobile Learning (m-learning). This project is an interdisciplinary initiative of the University of Brasilia, including four areas of the knowledge: Design, Communication, Education and Electrical Engineering, where resources are used resulting from the Information and Communication Technologies (TICs) for developing collaborative experiences for virtual education through mobile devices.

Keywords: m-learning; project based learning; mobile devices; information and communication technologies.

1 Introdução

O surgimento de novas tecnologias possibilitou a exploração de fatores como a associação multissensorial, a interação e a experimentação. Todos estes fatores formam o arcabouço necessário para a promoção da aprendizagem de maneira ativa. Tais tecnologias, associadas ao desenvolvimento das redes de computadores e das telecomunicações, permitiram o surgimento dos sistemas de *e-learning*, responsáveis pela disponibilização de ferramentas capazes de revolucionar os sistemas educacionais convencionais, baseados no uso exclusivo de sala de aula, mas ainda assim vinculado a um local físico.

A entrada dos dispositivos móveis no cotidiano das pessoas trouxe consigo uma evolução ainda maior em relação às possibilidades de utilização de tecnologias aplicadas à educação. É nesse contexto, que o projeto proposto centra-se e propõe-se a utilização do *Mobile Learning* (*m-learning*), termo utilizado para descrever a utilização de recursos tais como, *tablets*, *smartphones* e aparelhos utilizados para telefonia móvel, aplicados ao ensino de graduação.

Utilizar tais aparelhos voltados à relação de ensino-aprendizagem representa uma nova perspectiva sobre como a tecnologia pode ser usada, introduzindo maneiras inovadoras para o aumento da acessibilidade, ganho de tempo, e principalmente, sobre motivação durante o aprendizado individual ou de um grupo. Somado as questões de cunho tecnológico, os processos relacionados às interações entre estudantes da mesma área de conhecimento e entre grupos de estudantes de áreas diversas, são um desafio constante na escolha de metodologias que deem conta do desenvolvimento da aprendizagem de forma motivadora e agregadora.

De acordo com Vygotsky (1989), a interação social desempenha um papel crucial no processo de aprendizagem, e é nesse contexto que estudos demonstram que a aprendizagem colaborativa apoiada em tecnologia promove a facilitação da comunicação, o aumento da percepção em relação às formas de trabalho, e permite a obtenção de altos níveis de interação social nas salas de aula (Vygotsky, 1989; Liu, Wang, Liang & Chan, 2003).

Para alcançar altos níveis de interação social é necessário não apenas a participação ativa individual, como também, a construção dinâmica de significados pelo processo de alta ordem cognitiva que envolve concentração, raciocínio lógico, concepções de formação, análise, raciocínio e avaliação (Antón, 1999;

Carvalho & Lima, 2006). Com base nesse ponto de vista, a construção de significados e de conhecimento durante interações sociais não envolve apenas a expressão de ideias por parte dos estudantes ou respostas a seus colegas, mas também agrega importantes características, como: a motivação à participação dos estudantes, o *feedback* adequado às situações e a exteriorização do pensamento interno. Tais características nos levam a considerar a necessidade da compreensão mútua e colaborativa.

Nesse contexto, uma abordagem de aprendizagem que utiliza problemas da vida real para enfocar, motivar e facilitar a aprendizagem de conhecimentos conceituais, procedimentais e atitudes relevantes à futura atuação do estudante como profissional e cidadão é a metodologia proposta pela Aprendizagem Baseada em Projetos, ou do inglês Project Based Learning (PBL) (Carvalho & Lima, 2006; Moreira & Sousa, 2008). Esta metodologia se adequa ao estudo proposto no sentindo de oferecer ao aluno condições para o desenvolvimento de competências, que integrem e apliquem os conhecimentos de diversas áreas disciplinares em um projeto comum, desempenhando um papel central em sua própria aprendizagem.

A Aprendizagem Baseada em Projetos não é uma solução para todos os problemas no ensino superior, mas pode satisfatoriamente responder a questões educacionais consideradas ásperas, como interdisciplinaridade, integração entre teoria e prática e a aproximação dos mundos da escola e do trabalho. Também promove a aquisição de conhecimentos além do contexto curricular, onde estão inseridos. Tal fator é fundamental para a adaptabilidade e disposição para aprendizagem que deve ser promovida nas instituições de ensino superior, em adição a uma base conceitual sólida, sem sobrecarga à grade curricular.

Experiências como as realizadas na Universidade do Minho com a denominação usada por Powell e Weenk (2003), *Project-led Education*, ou PLE, fornecem uma boa percepção dos aspectos envolvidos nesta abordagem:

> "O balanço das experiências PLE dos últimos anos, baseadas as percepções dos alunos, dos docentes e das empresas, sugere um conjunto de potencialidades e desafios que se colocam aos alunos, durante o desenvolvimento do projecto. Integrar uma equipa de projecto e a consequente oportunidade de interagir com outros alunos num projecto interdisciplinar, constitui uma das vantagens da participação em processos desta natureza. A aplicação prática dos conteúdos e a proximidade com a realidade profissional contribuem para uma elevada motivação e empenho dos alunos durante o projecto. As principais dificuldades sentidas pelos alunos durante o processo relacionam-se, sobretudo, com a gestão do projecto e o relacionamento interpessoal. Ao nível da gestão do projecto, os grandes desafios concentram-se na coordenação de horários, no cumprimento de prazos e na organização e planeamento das tarefas do projecto. Ao nível do relacionamento interpessoal, os principais desafios passam por aprender a gerir situações de conflito possivelmente causadas pela divergência de opiniões e ideias, pelo confronto de posturas e de atitudes, pela divergência dos objectivos individuais e pela falta de comunicação dentro do grupo. Estas dificuldades, que naturalmente acontecem durante a concretização do projecto exigem estratégias para as ultrapassar. Entender estas dificuldades como desafios e saber como superá-los constitui um momento importante de aprendizagem que tem sido valorizado pelos alunos e pelas empresas" (GUIA DE PROJECTO DE APRENDIZAGEM - MIEGI41 - PLE, 2009/10, p. 1).

Compreende-se que apenas a tecnologia de dispositivos móveis e o *m-learning*, não atendem as exigências colocadas anteriormente. É necessário o suporte metodológico do PBL para que se alcance o objetivo desejado. Ressalta-se que o *m-learning* não se baseia apenas nos processos comunicacionais como mensagens, e-mails e ferramentas de comunicação, mas também, e de forma expressiva no tocante à mobilidade e aos aplicativos desenvolvidos para que os estudantes possam compartilhar seus trabalhos, questionamentos, construindo de forma colaborativa o conhecimento. O *m-learning* possibilita três tipos principais de interações entre os membros da sala de aula: a interação entre dois estudantes sejam eles de um mesmo grupo ou grupos diferentes e entre um estudante e o professor, a comunicação de um estudante para muitos, e a comunicação de muitos para muitos.

Os dispositivos móveis aumentam o potencial de troca de informações entre o grupo ao proporcionarem maior colaboração entre os estudantes, de maneira que enquanto estão em movimento ou em trânsito, podem trabalhar em grupo, sem necessariamente compartilhar uma área de trabalho fixa. Desta forma espera-se que os alunos interajam em grupo, sem a necessidade de espaços pré-definidos, melhorando, assim, o desenvolvimento dos projetos propostos.

No uso do *m-learning* é possível reconhecer as possibilidades tecnológicas advindas das redes sociais. Os estudantes se comunicam de forma direta, apoiando seu trabalho em dispositivos móveis, interconectados por uma rede sem fio que permite uma comunicação verdadeiramente direta, através do dispositivo e proporcionado pela mobilidade da rede (Kumar & Turner, 2006).

No Brasil, os dados de acesso e uso do celular demonstram o tamanho desse cenário. Em 2011, segundo dados da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel), o Brasil chegou à marca dos 245 milhões de aparelhos celulares e uma densidade registrada de 125 celulares para cada 100 habitantes. No Distrito Federal, os números são ainda mais expressivos, com 214 aparelhos para cada 100 habitantes, números que demonstram o potencial de abertura e utilização de um dispositivo mais do que usual no Brasil (Anatel, 2011).

Deegan & Rothwell (2010) definem m-learning como: "aprendizado com o auxílio de um dispositivo móvel", que podem ser tablets, smartphones e até consoles de videogames portáteis. A principal característica desse tipo de aprendizado é possibilitar ao usuário a oportunidade de aprender em qualquer lugar que esteja e de compartilhar conhecimento a qualquer momento, sendo que em alguns casos é necessário conexão com a internet.

Isso representa, para o campo do ensino, tanto a possibilidade de utilização da flexibilidade dos dispositivos móveis para complementar o ensino em sala de aula e a utilização do próprio m-learning para educação à distância e educação semipresencial. O aprendizado pode ocorrer de forma bidirecional, entre um professor e um aluno, em grupos, com a participação de um professor e os alunos que compõem uma determinada turma, ou mesmo por vários professores e vários grupos de alunos.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de um aplicativo para *m-learning*, baseado na utilização do PBL tendo em vista o apoio à geração de ambientes colaborativos adequados ao uso das equipes de projeto, seja em disciplinas ou, de forma mais ampla, nos projetos interdisciplinares dos cursos de graduação da Universidade de Brasília. Sendo assim, busca-se com esta iniciativa não apenas o desenvolvimento de um projeto vinculado a uma área especifica do conhecimento, mas sim, a maior abrangência possível para que haja uma contribuição global em relação à inovação dos processos metodológicos na universidade.

Serão analisados e aplicados aspectos fundamentais do design de interação para o desenvolvimento de conteúdos digitais e interfaces colaborativas voltados à ambientes de aprendizagem. A aprendizagem colaborativa envolve vários processos, dentre eles a comunicação, o compartilhamento e a negociação. Portanto, para que as pessoas trabalhem cooperativamente, tanto de forma síncrona quanto assíncrona, é necessário que exista um ambiente de apoio à comunicação entre elas. Nesta perspectiva o projeto engloba o estudo e desenvolvimento de interfaces digitais que promovam o processo de aprendizagem.

1.1 Contexto

A Universidade de Brasília é um espaço acadêmico com condições reais para implementação e disseminação de práticas relacionadas ao m-learning, seja no ensino presencial, seja no ensino à distância. É importante reforçar que, para os propósitos do m-learning, é necessário que o dispositivo móvel tenha funções simples como enviar e receber mensagens de texto. No entanto, fica evidente que com o auxílio das demais funções, como registro de fotografias e vídeos, há enorme complemento ao processo de aprendizagem. Ou seja, mesmo os estudantes que utilizam um celular com possibilidades limitadas de compartilhamento de informações podem efetivamente atuar como integrantes de um processo de aprendizagem que conta com o uso do m-learning.

O projeto desenvolvido na Universidade de Brasília centra-se na realização de quatro objetivos principais. São eles: i) utilizar recursos da tecnologia da informação e comunicação no desenvolvimento de experiências inovadoras para Educação à distância via dispositivos móveis; ii) favorecer a aprendizagem colaborativa a partir de dispositivos móveis que contribuam para a motivação do estudante; iii) disseminar novas possibilidades de aplicações para Educação envolvendo dispositivos móveis com base em metodologias colaborativas, e iv) desenvolver o projeto de forma interdisciplinar envolvendo diversas áreas da Universidade de Brasília, como Desenho Industrial, Comunicação, Educação e as Engenharias.

Os quatro objetivos centrais apoiam-se em ações específicas que envolvem o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis: tablets, aparelhos celulares, smartphones - que permita a utilização deste pelo usuário em qualquer local e tempo no contexto de um ambiente desenvolvimento de projetos. Somado a isto, o projeto piloto baseia-se em projetos existentes que já utilizam a aprendizagem baseada em projetos de forma presencial.

O problema em que se baseia este projeto foi resultante da experiência do projeto integrador, coordenado pela professora Dianne Magalhães Viana, do departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Brasília, o projeto "Desenvolvimento de um veículo elétrico para apoio a centros de coleta seletiva". O projeto tem como base o PBL e vem sendo desenvolvido para a coleta seletiva de materiais recicláveis na UnB de forma interdisciplinar, integrando estudantes das engenharias e desenho industrial. Durante algumas avaliações deste projeto, percebeu-se que os processos de gestão, particularmente os de comunicação eram deficitários em relação à comunicação horizontalizada. Tal forma de comunicação permitiria que todos os

estudantes tivessem acesso às informações de documentos, contato com professores e especialistas e envolvimento com os estudantes de outras equipes. Paralelo a isto, iniciaram-se outros três projetos que são complementares ao projeto do veículo elétrico, ampliando de forma considerável o número de estudantes e professores envolvidos no problema da coleta seletiva da UnB. Os novos projetos são relacionados aos processos de descarte, coleta e triagem de materiais recicláveis da Universidade. O que era um projeto que envolvia 30 alunos, no caso do veículo elétrico, se tornou um projeto que conta atualmente, com aproximadamente com 60 alunos. A solução dos problemas de comunicação que já era de fundamental importância, se tornou urgente. Pensando nisso, foi desenvolvido um projeto que permeia todos os outros projetos, o projeto de comunicação da equipe. A busca é pela melhoria da comunicação em projetos baseados em PBL com um número elevado de atores participantes. A Figura 1 ilustra o universo dos projetos.

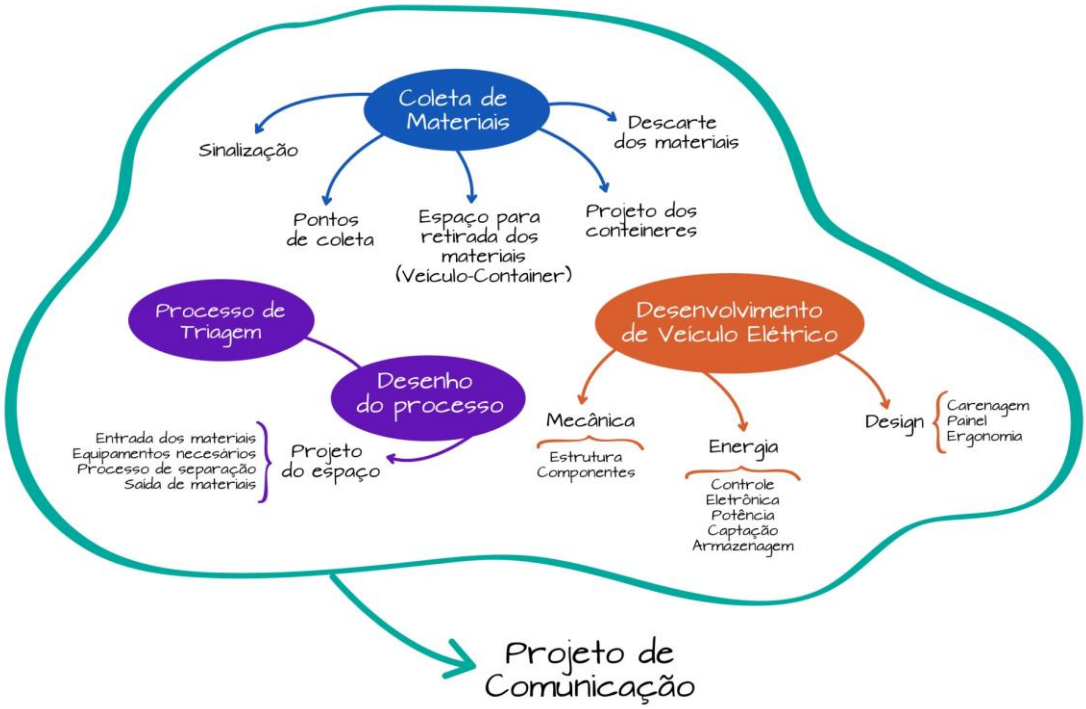


Figura 1: Representação dos projetos em questão

Para obtenção de resultados efetivos no que concerne às dificuldades mencionadas acerca da gestão de projetos pelas equipes de estudantes serão organizadas oficinas de capacitação docente e discente em relação ao uso do aplicativo e ao uso das tecnologias da informação e comunicação. Especialmente os recursos tecnológicos para dispositivos móveis e todos os processos envolvidos serão avaliados qualitativamente, incluindo o desenvolvimento do aplicativo, a aplicação do projeto piloto e as oficinas de capacitação docente e discente.

1.2 Dispositivos Móveis

Os dispositivos móveis de primeira geração foram construídos para satisfazer as mesmas necessidades dos usuários com relação a agendas eletrônicas e telefones com fio, que permitem encontrar um número telefônico de um amigo, fazer e receber chamadas. Mais tarde, um número crescente de funções foi adicionado, tais como mensagem de texto e calendário. No final dos anos 1990, a indústria apresentava ao mercado, dispositivos móveis de segunda geração e conectividade com a internet.

Um dispositivo móvel é, antes de tudo, um *sistema interativo*. A norma ISO 13407 define um sistema interativo como "uma combinação de componentes de hardware e software que recebem entrada e comunicam saída para um usuário humano de forma a auxiliar na execução de uma tarefa". Do ponto de vista do usuário, um dispositivo móvel é uma *ferramenta de informação*: Uma ferramenta de informação é construída para realizar

uma atividade específica. É possível afirmar que um dispositivo móvel é um sistema de comunicação pessoal que permite a interação entre usuários e também entre usuários e outro sistema.

Acredita-se que um dispositivo móvel pode ser de grande valia para novas aplicações no âmbito da educação. Tendo isto em vista, e a partir do cenário apresentado pode-se contribuir com o debate no campo do conhecimento de aplicações para *m-learning* sob dois aspectos: as possibilidades da comunicação móvel e o comportamento do usuário, e a construção de interfaces interativas voltadas à educação utilizando este tipo de dispositivo.

2 Metodologia

A metodologia a ser empregada se divide em quatro etapas, de acordo com as metas estabelecidas. A primeira etapa diz respeito ao desenvolvimento do aplicativo para dispositivos móveis que servirá como base para a aplicação do PBL e a segunda refere-se à Aprendizagem Baseada em Projetos para a aplicação do teste piloto. A terceira etapa está direcionada às oficinas de qualificação docente e discente e a quarta, às avaliações das etapas anteriores.

A primeira etapa será dividida em cinco fases, a saber: *i)* Levantamento de requisitos baseados em PBL: serão definidos os requisitos que irão compor o aplicativo, levantando as necessidades dos estudantes, professores e considerando a possibilidade da ação de tutores no processo, *ii)* Arquitetura para o aplicativo: será desenvolvida considerando os requisitos levantados, *iii)* Design de interação, em que serão desenvolvidos os processos de interação entre os atores que utilizarão o aplicativo, *iv)* Desenvolvimento do aplicativo e projeto de interface, e por fim, *v)* a realização de testes e avaliação, em que será desenvolvida uma experiência em escala reduzida para testar o aplicativo com uma aplicação real em PBL à distância e a partir dos resultados obtidos espera-se elencar as melhorias e publicar os resultados encontrados.

A segunda etapa envolve práticas pedagógicas baseadas no uso do *m-learning,* como a Aprendizagem Baseada em Projeto (PBL). As características desta prática de aprendizagem são: *i)* o aprendizado é conduzido por um desafio, *ii)* os estudantes trabalham individualmente ou em pequenos grupos colaborativos; *iii)* os professores são motivadores do processo. Nessa situação os estudantes são encorajados a assumir responsabilidades e serão incentivados a organizar e dirigir o processo de aprendizagem com o apoio de um professor. O PBL pode ser usado como forma de aumentar o conhecimento do conteúdo e fomentar o desenvolvimento da comunicação, interação social, resolução de problemas, colaboração, e desenvolvimento de competências. O teste do projeto piloto será feito pela coordenadora da ação, professora Daniela Favaro Garrossini.

2.1 Processo de Avaliação

Em conjunto com o PBL à distância utilizando o *m-learning*, é necessário um processo para melhorar o desempenho ou corrigir deficiências durante o processo de aplicação de avaliação definido. Para este projeto considera-se que a avaliação será um processo participativo e iterativo, em que são fornecidas as informações necessárias por parte do professor já no início do processo, com a existência de constantes *feedbacks* aos alunos. Haverá avaliação sobre o trabalho em equipe utilizando o *m-learning* e serão avaliados os impactos e alterações no comportamento e no aprendizado dos estudantes (Fernandes & Ferraz, 1994). É necessário o acompanhamento constante e a observação do trabalho em grupo. Para isso, serão utilizados instrumentos para a análise individual sobre o desenvolvimento do trabalho e realização do teste do aplicativo.

Outra abordagem a ser utilizada é o processo de reflexão que permite a avaliação pelo estudante de seu envolvimento no projeto de forma individual e colaborativa. Somado a isso, as avaliações irão determinar ainda como a experiência tem aumentado habilidades dos discentes em futuras experiências acadêmicas e profissionais. A aprendizagem colaborativa por meio de dispositivos móveis aumenta o potencial para que os estudantes trabalhem de forma colaborativa, enquanto eles estão em movimento ou em trânsito. Ao invés de trabalharem com os grupos alocados em uma área de trabalho fixa, este espaço pode ser determinado pela localização de cada um dos integrantes da equipe e intermediado pelo sistema proposto. Desta forma espera-se que eles interajam com outros estudantes, sem tempo ou espaços definidos melhorando, assim, o desenvolvimento na realização de projetos.

2.2 Produtos a serem gerados

Os produtos gerados para este projeto contemplam, em primeiro lugar, o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis em um ambiente colaborativo, com base na utilização da metodologia PBL como

forma de apoiar o desenvolvimento de projetos à distância.

O segundo produto será empreendido por meio da aplicação de projeto piloto como forma de verificar e avaliar melhorias a serem efetuadas e o projeto colaborativo à distância. Esta aplicação envolverá projetos que utilizam a metodologia PBL presencialmente, já existentes na Universidade de Brasília.

O terceiro produto centra-se na capacitação docente e discente por meio da organização de um curso para capacitação no tocante à Aprendizagem Baseada em Projeto utilizando tecnologias da informação e comunicação. E por fim, o quarto produto diz respeito às avaliações constantes em relação ao monitoramento e resultados alcançados.

3 Desenvolvimento do projeto

O projeto iniciou-se com a participação de sete alunos dos cursos de graduação de Desenho Industrial, Engenharia de Computação e Engenharia Mecatrônica, todos da Universidade de Brasília e conta com a participação de quatro professores dos cursos de Desenho Industrial, Comunicação e Engenharia Mecânica. A partir da equipe constituída iniciou-se o levantamento de requisitos para a construção do aplicativo. A premissa básica era que o aplicativo contivesse as condições necessárias para a melhoria da comunicação nos projetos envolvendo a metodologia PBL.

Desta forma, alguns objetivos foram traçados: investigar sites, *softwares* ou aplicativos de gerenciamento de projetos, de preferência colaborativos, e que permitissem a participação de vários usuários simultaneamente; especificar funcionalidades do site, aplicativo ou softwares avaliados; e por fim, apontar pontos positivos e negativos da ferramenta. Em paralelo foi feita uma pesquisa com alguns participantes de projetos que envolviam a metodologia PBL para verificar o uso mais comum das ferramentas de comunicação em dispositivos móveis.

3.1 Elaboração de requisitos para o aplicativo

A análise consistiu na pesquisa que buscou investigar os recursos e as funcionalidades de alguns aplicativos e ferramentas para gerenciamento de projetos, comunicação, compartilhamento de informação e arquivos, com vistas à criação de bases sólidas para a formulação de requisitos para o aplicativo a ser desenvolvido para dispositivos móveis com ênfase no apoio a disciplinas projetuais, baseado em metodologias colaborativas.

As ferramentas e aplicativos foram analisados por meio da pesquisa de conteúdo e do teste de suas funcionalidades, em alguns casos também foram analisadas as informações constantes da página do aplicativo na Apple Store e Google Play, oferecidos ao público. Foram selecionados os aplicativos, softwares e sites que mais se adequavam ao projeto proposto. São eles: *Basecamp, Simplyus, Evernote* e *Path*. Como resultado da análise de aplicativos e ferramentas foram selecionadas algumas funcionalidades que podem auxiliar no gerenciamento de projetos colaborativos:

a) Calendário e lista de tarefas: permitem que o usuário visualize as etapas do projeto, se organize para execução das tarefas, saiba quem são os responsáveis por determinadas atividades e acompanhe o progresso parcial e global do projeto. O calendário também possibilita a criação de eventos e reuniões em um espaço visível a todos os integrantes do projeto.

b) Compartilhamento de arquivos: a necessidade de compartilhar documentações, esquemas, vídeos e fotos é uma ação comum aos projetos colaborativos, e que quando não compartilhados podem se perder entre e-mails e *pen drives.* Essa função permite que o usuário faça *upload* e *download* de arquivos a partir do servidor e também permite que o usuário capture fotos e vídeos e compartilhe-os de sem necessariamente sair do aplicativo.

c) Lista de contatos: para facilitar a comunicação entre os integrantes sem depender de intermediários essa página deverá conter informações como: email, telefone e equipe das quais os integrantes participam.

d) Linha do tempo: uma pagina única onde o usuário poderá visualizar, em ordem cronológica, informações como: o nome do projeto, tarefas adicionadas, eventos e reuniões criadas, novos documentos compartilhados e outros. A página também permite que os usuários comentem esses eventos, criando assim um espaço de discussão e colaboração.

e) Notificações: para possibilitar uma comunicação efetiva entre os participantes do projeto e garantir que o usuário esteja ciente das reuniões e comunicados importantes mesmo quando não está com o aplicativo aberto é necessária integração com a central de notificações do Android. Após a descrição dos requisitos

principais traçou-se o mapa de interação do aplicativo, conforme mostra a Figura 2:

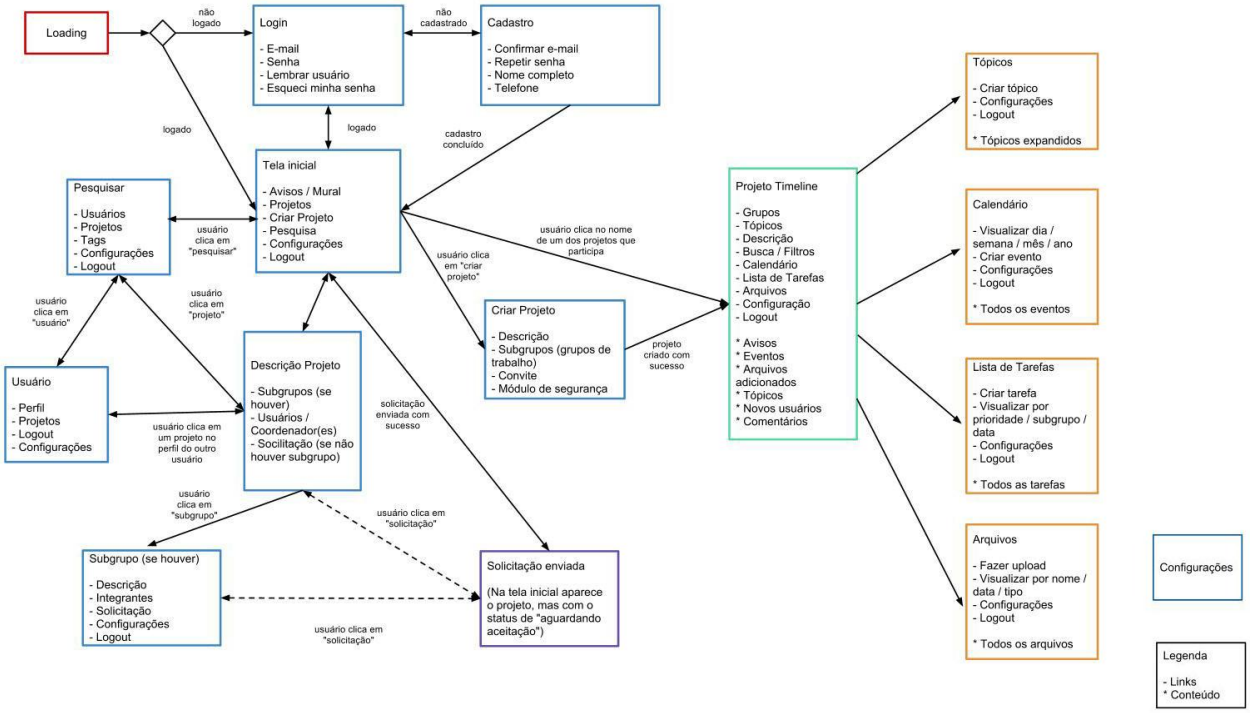


Figura 2: Mapa de interação do aplicativo

Os próximos passos centram-se na descrição das funcionalidades e no inicio do desenvolvimento do aplicativo. Espera-se que os testes comecem em setembro de 2012, data em que poderão ser verificados ajustes necessários para que o aplicativo se torne uma ferramenta útil aos projetos desenvolvidos com base em PBL.

4 Resultados Esperados

Espera-se como resultados gerais deste projeto a abertura de novos caminhos para a aplicação de práticas pedagógicas que envolvam a aprendizagem colaborativa a distancia, promovendo desta forma a motivação dos estudantes para a realização de projetos que unam teoria e a pratica, por meio da resolução de problemas reais. Como resultados diretos e de acordo com as metas propostas, o projeto visa o desenvolvimento de um aplicativo (ambiente colaborativo) para dispositivos móveis de uso compartilhado, a avaliação do projeto piloto, a disseminação de conhecimento sobre o uso de dispositivos móveis na educação e avaliação das oficinas e um relatório de avaliação contendo os resultados dos objetivos traçados.

Os critérios de avaliação dos resultados tomam como base os produtos a serem desenvolvidos e contemplam as seguintes ações: o aplicativo desenvolvido e testado de acordo com normas de usabilidade e acessibilidade, a aplicação do projeto piloto e validação do aplicativo entre a amostra selecionada será empreendida entre alunos e professores envolvidos no projeto piloto, coordenado pela professora Daniela Garrossini, as oficinas realizadas e a avaliação por meio de questionário e grupos focais sobre a utilização das Tecnologias da Informação e Comunicação com ênfase em dispositivos móveis.

Referencias Bibliográficas

Agencia Nacional de Telecomunicações (2012). Informações Técnicas, Telefonia Móvel. Disponível em: <http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalNoticias.do?acao=carregaNoticia&codio=24720>. Acesso em: 6 de fevereiro de 2012.

Antón, M. (1999). The Discourse of a Learner-Centered Classroom: Sociocultural Perspectives on Teacher-Learner Interaction in the Second-Language Classroom. The Modern Language Journal, 83 (3), 303–318.

Carvalho, D. & Lima, R. M. (2006). Organização de um Processo de Aprendizagem Baseado em Projectos Interdisciplinares em Engenharia, in XXXIV Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia.

Carrol, J.M. (1991). Designing interaction: psychology at the human-computer interface. Cambridge: Cambridge University Press.

Deegan, R. & Rothwell, P. (2010). A Classification of M-Learning Applications from a Usability Perspective. Journal of the Research Center for Educational Technology, 6, 16-27.

Dias, C.A. (2001). Métodos de avaliação de usabilidade no contexto de portais corporativos: um estudo de caso no Senado Federal. Dissertação de mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, DF.

Fernandes, D. & Ferraz, M. J. (1994). Avaliação formativa: algumas notas, in: "Pensar avaliação, melhorar a aprendizagem". Disponível em: http://www.des.min-edu.pt. Acesso em março de 2011.

Guia de Projecto de Aprendizagem (MIEGI41 - PLE), Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, 2009/10, p. 1.

Kumar, D. & Turner, J. (2006). Education for the 21st Century: Impact of ICT and Digital Resources. New York: Springer, 7-16.

Koschmann, T., Zemel, A., Conlee-Stevens, M., Young, N., Robbs, J. & Barnhart, A. (2005). How do people learn? Members methods and communicative mediation.

Liu, T., Wang, H., Liang, T. & Chan, T. (2003). Journal of Computer Assisted Learning, 371-382.

Moreira, F. & Sousa, R. M. (2008). Desenvolvimento de Protótipos de Sistemas de Produção no Âmbito da Aprendizagem Baseada em Projectos Interdisciplinares, *in* 5º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia (CLME'2008), Maputo – Moçambique: Edições Inegi,1-8.

Norma ISO 13407 - International Standard. (1999). Human-centered Design Process for Interactive Systems, Int. Organization for Standardization, Genéve, Switzerland.

Norma ISO 9241. (1998). Ergonomic requirements for office work with visual display terminals, Part 10: Dialogue principles.

Powell, P. C. and Weenk, W. (2003). Project-led engineering education. Lemma: Uttrecht.

Vygotsky, L. S. (1989). A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes.

Vivenciando a aprendizagem colaborativa em ambiente de desenvolvimento projeto: expectativas e dificuldades na construção de um veículo elétrico na Universidade de Brasília

Dianne Magalhaes Viana[*], Ana Carolina Kalume Maranhão[+], Amaranta Hayata de Azevedo[*+], Rafael Amaral Shayani[**], Daniela Favaro Garrossini[+], Humberto Abdalla Junior[+]

[*] Departamento de Engenharia Mecânica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil
[+] Núcleo de Multimídia e Internet, Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil
[*+]Núcleo de Engenharia de Produção, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil
[**] Departamento de Engenharia Elétrica, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, 70910-900, Brasília, Distrito Federal, Brasil

Email: diannemv@unb.br, ckalume@gmail.com, amarantahayata@gmail.com, shayani@unb.br, daniela.garrossini@gmail.com, abdalla@ene.unb.br

Abstract

The present work aims to present the development of an interdisciplinary project, based in Project Based Learning (PBL) and on the collaborative learning, crucial for exchanging information and experiences in the process of development of skills. The creation of a collaborative learning environment is a basic issue for execution of the proposal in a context that requires the students to solve questions within real-world problems. The project centers on the construction of an electric vehicle for transporting recycled material within the campus of the University of Brasilia. The project includes the participation of engineering and industrial design students and intends to contribute with the following aspects: articulation with the professional reality, achievement of new technical skills related to the project, comprehension of relationship between theory and practice, development of soft skills, accomplishment of collaborative activities, decision making, conflicts management and project management.

Keywords: project based learning; collaborative learning; electrical vehicle; project management.

1 Introdução

O modelo tradicional de ensino é baseado em uma relação de aprendizagem vertical, na qual o professor é o responsável por transmitir conhecimentos ao aluno por meio de aulas expositivas. Este método, entretanto, pode gerar desigualdades, pois promove distinção entre os estudantes quanto às suas potencialidades individuais, centra-se no educador e estimula a avaliação por recompensa. Muitas vezes os problemas propostos são fechados, o procedimento de solução é pré-definido e não há autonomia ou tempo para que o estudante analise o problema, proponha soluções e avalie os resultados. Neste caso, a forma como se desenvolve a aprendizagem pode resultar em dificuldades na vida após a academia.

As metodologias de ensino-aprendizagem devem possibilitar aos estudantes a construção de conceitos e o desenvolvimento de competências. O processo de construção de conceitos requer conhecimentos prévios relacionados às áreas de conhecimento envolvidas na solução de um problema. Já o desenvolvimento de competências requer a vivência de situações nas quais aptidões, habilidades, atitudes, são requeridas.

Powell e Weenk (2003) propuseram uma metodologia de ensino-aprendizagem ativa e colaborativa, baseada no estudante e no seu desempenho, objetivando desenvolver competências de ordem técnica e diferenciando-se das demais propostas por criar simultaneamente, competências transversais, tais como, trabalho em equipe, disciplina, espírito crítico, iniciativa e relacionar conteúdos interdisciplinares de forma integrada.

Com base na proposta de Powell e Weenk e também nos estudos de Kolmos e Graaff (2007), Prince e Felder (2006), visando fornecer uma formação mais abrangente aos estudantes, ações envolvendo a aprendizagem orientada por projeto tem sido implementadas na Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. As iniciativas permitem a contextualização de conhecimentos adquiridos em disciplinas teóricas e possibilitam a abordagem e experimentação prática de aspectos sociais, econômicos e ambientais sob a forma de temas transversais. Também possibilitam realizar a simulação de situações provavelmente requeridas no futuro ambiente de trabalho. Desta forma, é propiciado o desenvolvimento, no corpo discente, de habilidades e competências que não costumam ser trabalhadas no ensino tradicional.

Nesta perspectiva, um projeto interdisciplinar iniciou-se em janeiro de 2010, no curso de Engenharia Mecânica, com o objetivo de construir um veículo elétrico que servirá para o transporte de material reciclável depositado em contêineres de pontos específicos até uma central de triagem, dentro do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. Com a participação de estudantes originados de múltiplos cursos da universidade, incluindo os cursos das engenharias Mecânica, Elétrica Mecatrônica, Eletrônica, de Computação, de Energia, de Software e Automotiva, além do curso de Desenho Industrial.

Com data prevista para finalização da construção em julho de 2012, o veículo elétrico proporciona aos estudantes a oportunidade de executar todas as etapas de um projeto real, de aplicar conhecimentos apreendidos em sala de aula e de buscar novos conhecimentos necessários à solução dos problemas que se apresentam durante o desenvolvimento do projeto. Além dos ganhos em termos de aprendizagem aos estudantes envolvidos no processo, os resultados do projeto podem contribuir para a sociedade nos seguintes aspectos: melhoramento das técnicas locais de coleta seletiva, adaptação de tecnologia moderna ao meio ambiente e às condições da comunidade, incentivo à pesquisa científica e tecnológica acerca do uso eficiente de energia e como forma de identificar e resolver problemas imediatos.

O projeto contempla, em boa medida, a complexidade desafiadora do ensino integrado de engenharia e tem como escopo quatro etapas de elaboração e desenvolvimento da solução: i) a elaboração da proposta de solução, ii) o desenvolvimento da solução, iii) o plano de implementação e monitoramento e, por fim, iv) a aplicação do plano de implementação e monitoramento da solução.

No presente artigo são abordados aspectos acerca da criação do ambiente de desenvolvimento do projeto e dos meios para se facilitar a aprendizagem colaborativa neste ambiente, fator considerado pelos autores como determinante para que a aprendizagem baseada em projetos seja ampla e efetiva. O trabalho envolve a apresentação de referenciais teóricos, o tema, as disciplinas participantes, a definição das atividades, a formação dos grupos executores. Também são apresentadas a forma de gestão do projeto em equipe e as soluções encontradas pelos estudantes ao longo da execução do projeto. Neste processo, entre as expectativas dos estudantes e as dificuldades encontradas verifica-se a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento de competências.

2 A aprendizagem colaborativa no desenvolvimento do projeto

A aprendizagem colaborativa é o cerne da aprendizagem baseada em projetos; está relacionada a uma aprendizagem ativa, que tem como foco métodos de aprendizado natural, em oposição ao treinamento advindo de situações de aprendizagem estruturadas. Tal ambiente de aprendizagem é possível graças à possibilidade de trabalho conjunto, onde os estudantes têm a responsabilidade de pensar nos problemas que envolvem a comunidade onde estão inseridos e, a partir disto, trabalhar em prol daquela realidade que os cerca, através de grupos que criarão sua própria situação de aprendizado.

Em propostas baseadas na aprendizagem colaborativa, os estudantes são capazes de construir de forma coletiva o conhecimento através de relações de trocas, compartilhamento de pontos de vista, questionamentos e resoluções de avaliações. Tais propostas partem da ideia de que o conhecimento é resultante de um consenso entre os membros de uma comunidade de conhecimento, algo que é possível construir por meio do diálogo, do trabalho em conjunto, da resolução de problemas e de projetos (Torres et al., 2004). Assim sendo, a aprendizagem passa a ser um processo ativo, visto que é um "processo de reaculturação que ajuda os estudantes a se tornarem membros de comunidades de conhecimento" (Torres et al. 2004).

De acordo com Dillembourg e Larocque *apud* Nitzke et al. (1999), a distinção entre os termos colaboração e cooperação encontra-se no modo como a tarefa é organizada. Segundo os autores, quando se trata de colaboração, todos trabalham em conjunto, sem distinções hierárquicas, em um esforço coordenado, em busca do objetivo proposto. Por outro lado, a cooperação envolve estruturas hierárquicas, onde cada um dos membros é responsável por uma parte da tarefa em equipe.

Processo direcionado e distinto do colaborativo, de caráter democrático e libertador, a cooperação é controlada pelo professor ou gestor com base em esquemas e tarefas estruturantes. O trabalho desenvolvido pelas empresas juniores no ambiente universitário, por exemplo, é uma proposta baseada no cooperativismo. Assim, a cooperação agrega em torno de si um conjunto de técnicas e processos que grupos de indivíduos aplicam para a concretização de um objetivo final ou a realização de uma tarefa específica.

Em adição, Ted Panitz destaca que "a colaboração é uma filosofia de interação e um estilo de vida pessoal, enquanto que a cooperação é uma estrutura de interação projetada para facilitar a realização de um objetivo

ou produto final" (Panitz, 2006 *apud* Torres et al., 2004). Desta forma, a aprendizagem colaborativa centra-se em uma filosofia, um caminho, e não apenas a uma técnica ou ferramenta utilizada em sala de aula.

Na aprendizagem colaborativa enfatiza-se a forma de lidar com as pessoas, onde habilidades e contribuições individuais de cada integrante são destacadas e valorizadas. A autoridade é compartilhada e a aceitação de responsabilidades é inata ao grupo e às ações empreendidas em seu núcleo. Verifica-se, então, que a colaboração resulta em um processo onde o estudante desenvolve suas habilidades de forma mais ativa, enquanto o processo de cooperação pode ser centrado no professor e controlado por ele.

No presente trabalho o conceito de aprendizagem colaborativa é aplicado como *modus operandi* na construção do conhecimento de uma equipe constituída e coordenada por estudantes, devidamente supervisionada por professores, para o desenvolvimento de um projeto de engenharia. Os estudantes da equipe do projeto possuem diferentes níveis de saberes, consequentemente, estes membros se encontram no papel de consumidor e fornecedor, visto que o conhecimento é obtido através do intercâmbio social. É neste ambiente colaborativo que a retroalimentação da informação e a comunicação entre os estudantes da equipe são empreendidas.

3 A criação de um ambiente de aprendizagem

Encontrar soluções para problemas reais utilizando recursos tecnológicos disponíveis e buscar meios para concretizar tais soluções são tarefas corriqueiras de qualquer equipe de engenheiros de uma empresa. No entanto, em um ambiente universitário, a vivência mais próxima a que se chega de um ambiente de trabalho real ocorre já no final do curso, durante o período de estágio, quando o estudante tem a oportunidade de atuar dentro de uma empresa. Nestas condições, o estudante raramente tem o ensejo de trabalhar em uma equipe de projetos contribuindo de forma colaborativa em função de sua pouca experiência e da responsabilidade envolvida nos resultados do projeto.

Como, então, desenvolver competências com o trabalho em equipe, gestão de projetos e de recursos, responsabilidade social, ambiental e econômica sobre os projetos que atua e, ao mesmo tempo, colocar em prática conhecimentos científicos e tecnológicos recém-apreendidos? A resposta encontrada consiste em se criar condições para o efetivo desenvolvimento destas competências, ou seja, criar na universidade ambientes de aprendizagem que permitam ao estudante vivenciar situações semelhantes àquelas encontradas no ambiente de trabalho.

Para se criar um ambiente de aprendizagem que tenha estas características é necessário: i) definir um projeto real ser desenvolvido – a escolha do projeto requer características que permitam inovação tecnológica, benefícios para a comunidade e possibilidade de recursos para a execução; ii) construir e manter uma estrutura organizacional que una beneficiados pelo projeto – de preferência a comunidade, desenvolvedores e aprendizes, os estudantes e apoiadores e os docentes responsáveis pelo ambiente de aprendizagem; iii) desenvolver um plano de acompanhamento e avaliação da aprendizagem e dos resultados técnicos do projeto ao longo do processo de realização do projeto; iv) associar o projeto às atividades curriculares, de preferência disciplinas de graduação; v) buscar apoio institucional, preferencialmente por meio de canais já disponíveis na maioria das universidades para projetos e programas de extensão.

4 O projeto do veículo elétrico

Como já mencionado, o tema escolhido para esta experiência foi o desenvolvimento de um veículo elétrico que tem como objetivo realizar a coleta seletiva de materiais recicláveis na Universidade de Brasília. A atualidade do tema, traduzida pelas necessidades da sociedade, é um indicativo que o projeto possibilitará motivação e interesse. Por exemplo, diante da crise ambiental que o mundo vivencia, esforços realizados no sentido de minimizar o impacto da ação do homem no ecossistema têm resultado em pesquisas para o desenvolvimento de novas tecnologias associadas a fontes limpas de energia.

Com efeito, o uso de veículos elétricos vem ganhando espaço mundial como uma opção viável de transporte de pessoas e de carga, visto que a obtenção da energia necessária pode ser feita através de fontes primárias renováveis, tal como energia solar fotovoltaica e, além disso, apresenta vantagens em termos de eficiência energética comparativamente a um veículo a combustão. Somado a isto, na transmissão, a perda de atrito é menor e, com a frenagem regenerativa, há redução de consumo.

Por outro lado, ainda há muito a se desenvolver quanto à tecnologia de armazenagem de energia, redução do descarte de baterias, uso de novos materiais para redução de peso e eficiência do uso de fontes renováveis de energia. Tais fatores fomentam a pesquisa e a inovação tecnológica pela busca de soluções.

Outros aspectos devem ser considerados na escolha de um tema de projeto, como possibilidades reais de se promover a melhoria da qualidade de vida de uma comunidade e o potencial do tema para captação de recursos.

No que diz respeito às questões legais, econômicas e administrativas, a coleta seletiva de materiais recicláveis foi uma temática assumida enquanto premissa governamental no Brasil, que levou a assinatura do decreto presidencial número 5.940, de 25 de outubro de 2006. Tal decreto institui a coleta seletiva nos órgãos e entidades federais e a sua destinação às associações e cooperativas de catadores. No âmbito administrativo, as demandas específicas do Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília levaram à criação de um Centro de Gestão de Resíduos Sólidos, efetivado por meio do Grupo de Trabalho em Gestão Compartilhada de Resíduos Sólidos.

Um veículo elétrico é uma escolha natural dentro de um planejamento ambientalmente sustentável para recolher os materiais nos vários pontos de coleta e direcioná-lo a uma área de triagem, na qual os catadores da associação beneficiada executariam a separação final. Tais ações devem resultar posteriormente no desenvolvimento e implementação de um plano de descarte, coleta e destinação para os materiais recicláveis.

Somado à questão administrativa e legal, estudos sobre veículos elétricos formam parte do escopo de referência teórica comum a todos os participantes e compõem um tema integrador que apresenta orientações sobre modalidades, limitações, histórico de experiências anteriores no Brasil e no exterior, conhecimentos sobre o estado da arte da tecnologia e possibilidades ao estudo de forma sistêmica nas partes e na relação entre elas.

4.1 As disciplinas, a equipe de professores e sua dinâmica

Empreendida a apropriação do conceito de colaboração enquanto fator determinante para sustentação do ambiente de aprendizagem baseada em projeto e estabelecida uma temática motivadora para o projeto, é importante apresentar a organização do ambiente de aprendizagem. Disciplinas-alvo são escolhidas das grades curriculares dos cursos envolvidos para constituir a base de apoio para desenvolvimento do tema. Deve-se ter em vista um contexto coerente com as metas traçadas no plano de ensino das disciplinas e com os objetivos educacionais traçados pelo projeto. A definição da equipe dos professores começa a ser delineada com base na escolha das disciplinas-alvo que gravitam em torno do desenvolvimento do veículo e dão suporte teórico as ações empreendidas em seu âmbito. A proposta de criação do ambiente é apresentada aos professores responsáveis e estes são convidados a participar do processo, atuando na gestão do ambiente de aprendizagem, com atividades que versam sobre orientação, supervisão e avaliação. Deste grupo, um dos docentes é responsável por ser gestor do ambiente de aprendizagem e os estudantes matriculados nas disciplinas-alvo participam como executores dos projetos.

Serviram de base teórica para o projeto as seguintes disciplinas: Máquinas Elétricas, Conversão de Energia, Instrumentação e Controle, Projeto de Máquinas e Materiais de Construção Mecânica. As questões técnicas do projeto relacionadas ao conteúdo das disciplinas direta ou indiretamente contribuem para a avaliação do estudante no escopo da disciplina.

Em concomitância com as disciplinas-alvo foram ministradas as disciplinas optativas Projeto Integrador 1, durante o primeiro semestre de 2010, e Projeto Integrador 2, durante o segundo semestre de 2010. Tais disciplinas representaram vertentes catalisadoras das ações iniciais e envolveram a formação da equipe de professores, a formação da equipe de estudantes, a preparação dos aspectos gerenciais de projeto, a proposta de projeto, o plano de projeto e as definições acerca do trabalho em equipe. Um estudo exploratório fez parte do escopo definido durante a realização da disciplina Projeto Integrador 1, que resultou em uma proposta para o desenvolvimento do veículo. Os resultados desta primeira fase foram publicados previamente no Project Approaches in Engineering Education (Viana et al, 2011).

Após esta primeira fase, dentro de uma proposta de trabalho de forma transversal e integrada com vistas ao desenvolvimento de melhorias na comunidade que vive, o projeto pode ser caracterizado como uma atividade de extensão. Neste sentido, optou-se por vincular o desenvolvimento do veículo elétrico e as equipes de professores e estudantes a um projeto formal de extensão. Isso ocorreu durante os dois semestres letivos de 2011 e, enquanto atividade curricular, possibilitou a concessão de créditos aos estudantes, assim como a participação em editais internos da Universidade de Brasília para obtenção de bolsas para os estudantes coordenadores e um edital externo do Ministério da Educação para obtenção de recursos financeiros para construção do protótipo.

A integração dos participantes do projeto com a comunidade a ser beneficiada (a Universidade de Brasília e a cooperativa dos catadores de materiais recicláveis) é estabelecida por intermédio do Grupo de Gestão de

Resíduos Sólidos e do Centro de Desenvolvimento Tecnológico da UnB, com representação da coordenadora do projeto em reuniões periódicas.

4.2 O trabalho em equipe

O trabalho em equipe é fundamental para o sucesso do projeto e daí advém a necessidade de criar um ambiente propício para a realização de atividades em grupo com base em critérios tais como motivação e reconhecimento dos resultados do trabalho dos estudantes envolvidos. É dessa forma que o gerenciamento de recursos humanos tem como principal objetivo desenvolver os conhecimentos e habilidades dos membros, estimando o sentimento de confiança e consenso, como forma de criar uma cultura dinâmica e coesa. Esses fatores aumentam a produtividade e a capacidade de concluir as tarefas necessárias (Almeida, 2003).

Levando em conta estes aspectos, a estrutura organizacional da equipe de estudantes montada para realizar a etapa de detalhamento do projeto e construção do protótipo foi definida de tal modo que atendesse aos objetivos e estratégias para o desenvolvimento de um veículo elétrico. Inicialmente foi realizado um processo seletivo pelos professores orientadores, baseado na análise do currículo dos estudantes e em entrevista. Foram escolhidos dois estudantes para coordenar a equipe, sendo um coordenador técnico e um coordenador de projeto. Os coordenadores ficaram responsáveis por organizar, planejar, direcionar e acompanhar as atividades desenvolvidas dentro do âmbito do projeto. Em seguida, os estudantes coordenadores foram orientados a realizar, eles próprios, um segundo processo seletivo para compor os quadros da equipe.

Para facilitar a identificação das atividades a serem desenvolvidas, as funções e responsabilidades dos membros da equipe foram divididas segundo o padrão da estrutura funcional, combinadas com as estruturas de processos e linear. A estrutura funcional é caracterizada por apresentar uma chefia para cada função ou recurso técnico utilizado pela organização. Por ser uma divisão racional, além de facilitar o trabalho em equipe, suas áreas técnicas apresentam um alto nível de especialização. A estrutura baseada em processos permite uma observação eficiente e eficaz das áreas técnicas. Entretanto, este tipo de organização limita a visão da mão de obra, pois esta é especializada. A organização estrutural linear, por sua vez, é caracterizada pela delimitação bem definida de responsabilidade e autoridade. Por possuir apenas uma autoridade, diminui o controle técnico e desfavorece o trabalho em equipe (Picchiai, 2010).

Neste contexto, a fim de melhor acompanhar e controlar as atividades desenvolvidas pela equipe de estudantes, os alunos coordenadores do projeto optaram por dividir a equipe em quatro principais sistemas: i) Coordenação, ii) Design, iii) Mecânica e iv) Energia, Controle e Automação. Cada sistema foi fragmentado em subsistemas menores com o objetivo de detalhar todos os componentes necessários para a construção do protótipo. A Figura 1 (a) mostra como a estrutura organizacional de sistemas e subsistemas é dividida.

Apesar de trabalhar com áreas de conhecimentos diferentes, a interação entre as subequipes de cada área é fundamental para o êxito do projeto. Deste modo, cada área dentro da equipe possui um líder responsável pelo andamento e controle de cada uma das três subequipes responsáveis. Os líderes avaliam as metas individuais de cada membro de sua área, incentivando os pontos fortes e repassando as necessidades de melhorias. A Figura 1 (b) apresenta o organograma e os papéis de cada um dos participantes do projeto.

A equipe é composta atualmente por 24 alunos advindos dos cursos de desenho industrial e das engenharias de computação, de produção, de software, elétrica, eletrônica, mecânica e mecatrônica, cursando diferentes semestres. É regida por normas próprias de conduta dos seus membros, que consistem de códigos de compromissos éticos e de trabalho, em que os alunos atuam de forma autônoma, com responsabilidade sobre as decisões tomadas. É justamente essa interação de estudantes de diferentes áreas e níveis de conhecimento a grande responsável por promover uma formação profissional fundamentada pela aprendizagem colaborativa e pelo próprio processo de desenvolvimento do projeto.

Assim, conhecimentos técnicos apreendidos durante o curso são aplicados e novos conhecimentos técnicos são buscados na solução de problemas ainda não estudados. Aspectos referentes à gestão da equipe e do projeto, expressão oral e escrita e relacionamento interpessoal são inseridos. Questões econômicas, sociais e ambientais são discutidas para o estabelecimento dos critérios de projeto.

O acompanhamento e a avaliação da aprendizagem e dos resultados técnicos realizados pela equipe de professores ao longo do processo de desenvolvimento do projeto são feitos com auxílio de formulários elaborados para este fim, de relatórios individuais de atividades, relatórios técnicos detalhados a cada seis meses e por meio de reuniões mensais com os estudantes coordenadores e líderes dos subgrupos estabelecidos no seio do grupo geral.

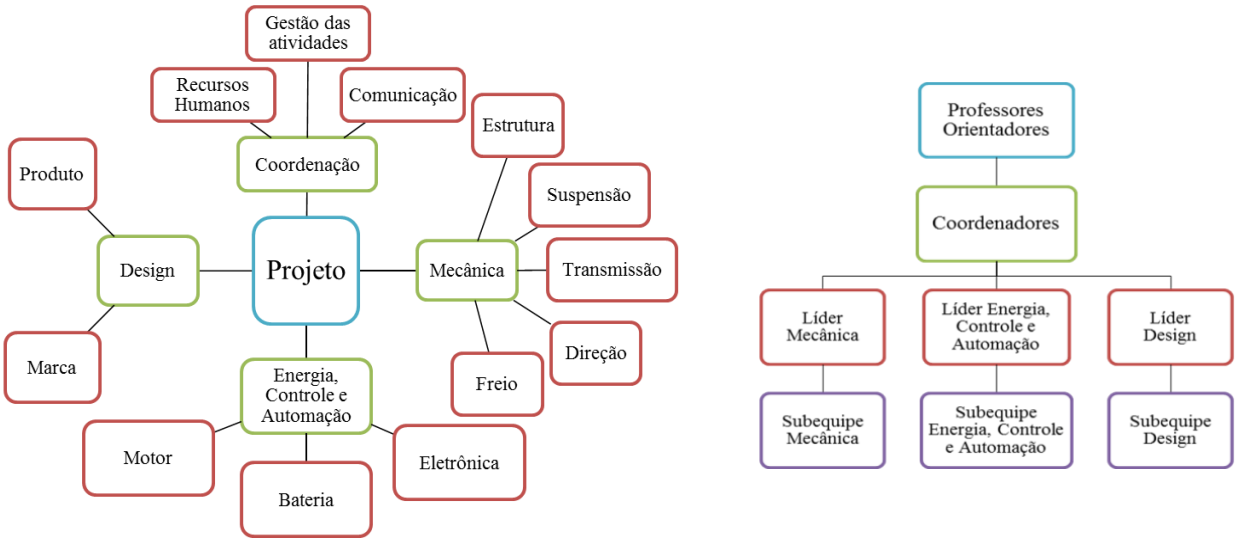


Figura 1: a) Estrutura organizacional baseada na divisão em áreas técnicas; b) Organograma com papéis e divisão hierárquica. Almeida, D. A. & Azevedo, A. H. (2012)

Pelo fato do projeto ser desenvolvido em um ambiente universitário, o calendário letivo é um fator que interfere diretamente no planejamento das atividades. Também a equipe de estudantes é composta por integrantes de diferentes semestres, que possuem diferentes horários de trabalho em função dos horários das disciplinas, o que dificulta a compatibilidade de tempo entre eles para reuniões e impacta negativamente a coesão do grupo.

Como forma de minimizar a ausência nas reuniões, o grupo de estudantes faz uso de um conjunto de ferramentas de comunicação que possibilitam o diálogo não presencial entre todos seus integrantes. Deste modo, durante o processo de desenvolvimento do projeto foram utilizadas cinco ferramentas: o Google Groups, o Dropbox, o Facebook, o Moodle e o SMS.

Apesar destas ferramentas de comunicação proporcionarem versatilidade para a dinâmica de troca de informações, foi necessário realizar reuniões semanais de dois níveis: uma com todos os integrantes da equipe, a fim de aprimorar a integração entre os envolvidos no projeto e entre as áreas; e uma de cada área, para o monitoramento das tarefas específicas relacionadas a estas. Nestas reuniões foram relatados os principais acontecimentos da semana e tarefas foram atribuídas aos participantes. Além destas, e como o projeto encontra-se em andamento, são realizadas reuniões mensais com os professores envolvidos para verificação dos objetivos do projeto como um todo e dos resultados alcançados.

5 Expectativas e dificuldades no desenvolvimento do projeto

Para avaliar as expectativas e confrontá-las com as dificuldades encontradas no projeto, foram utilizados os seguintes documentos: o "Cadastro de ingresso na equipe" e o "Relatório final de estudante extensionista". O primeiro consiste de uma ficha definida pela coordenação da equipe de estudantes, com foto, dados do curso, motivo de ingresso e função dentro do projeto; já o segundo documento, trata-se de um formulário padrão do Decanato de Extensão preenchido por todos os estudantes participantes de um projeto formal de extensão e entregue no final do semestre letivo, no caso, dezembro de 2011. Neste relatório, há duas questões de interesse: "De que forma a participação no projeto de extensão contribuiu na sua formação acadêmico-universitária?" e "Quais as principais dificuldades encontradas no desenvolvimento das atividades?". As respostas a estas questões foram utilizadas na presente análise.

Na Figura 2 são apresentadas as razões para o ingresso no projeto obtidas da análise do "Cadastro de ingresso na equipe" de 22 integrantes, como expectativas e, as respostas de 26 integrantes acerca da contribuição do projeto na sua formação, obtidas do "Relatório final de estudante extensionista", como ganhos. Para facilitar a comparação, as respostas foram divididas nas sete categorias especificadas.

As razões de ingresso relatadas com maior frequência foram relacionadas à aplicação prática dos conhecimentos teóricos e à interação entre cursos ou áreas. Os dois motivos foram expectativas de 12 dos 22 membros da equipe que preencheram o cadastro, o que corresponde a aproximadamente 55% dos respondentes. O terceiro motivo de ingresso foi o trabalho em equipe, citado por 10 membros. Analisando as expectativas e os ganhos verifica-se que as mesmas categorias são citadas como as que mais contribuíram na formação acadêmico-universitária.

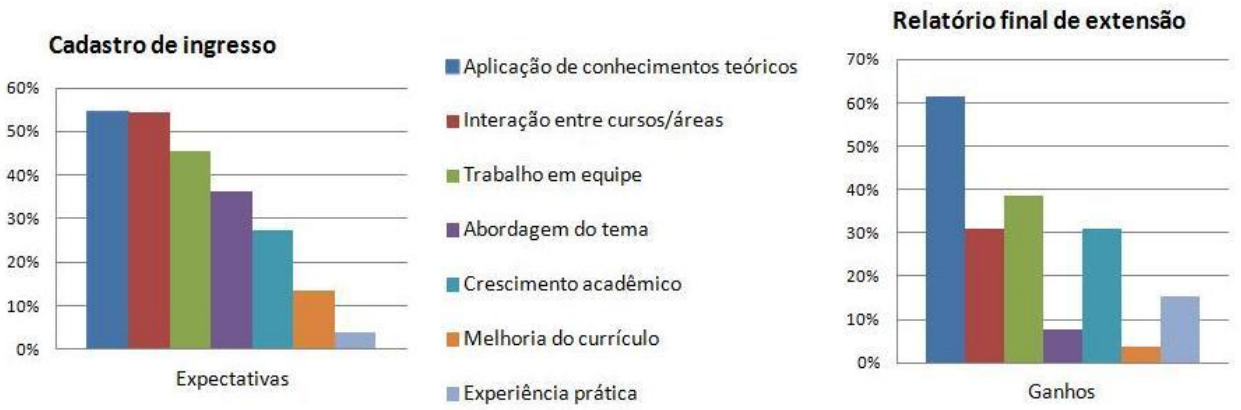


Figura 2: a) Expectativas: razões para ingresso no projeto; b) Ganhos: contribuição na formação.

Apesar de estarem entre os motivos mais citados para ingresso na equipe, a interação entre diferentes áreas e o trabalho em equipe, estes foram também identificados por alguns como dificuldades encontradas no desenvolvimento das atividades. Infere-se que, neste caso, a incompatibilidade entre os horários dos membros da equipe gere limitações na integração e na comunicação entre as diferentes áreas de conhecimento. A dificuldade mais citada pelos estudantes consiste na conciliação entre as atividades do projeto e as atividades do próprio curso de graduação, visto que as duas atividades demandam dedicação e tempo. As dificuldades registradas nos relatórios respondidos pelos integrantes da equipe são mostradas na Figura 3.

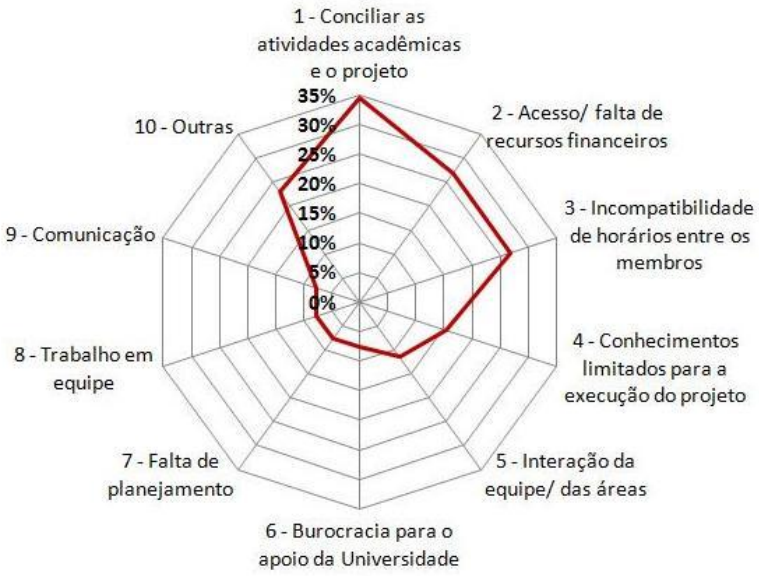


Figura 3: Dificuldades identificadas no projeto.

Além das dificuldades identificadas nos relatórios, ao longo do desenvolvimento do projeto, problemas referentes a relacionamentos interpessoais e divergência de ideias foram constatados. Visto que estes problemas eram previstos e poderiam se intensificar devido o tamanho da equipe, foram estabelecidas normas de conduta que descrevem comportamentos inaceitáveis pelo grupo e podem resultar no afastamento do membro e, consequentemente, na realização do trabalho colaborativo.

A identificação das dificuldades no desenvolvimento do projeto e o cruzamento destas informações com os resultados de avaliações individuais e coletivas permite verificar se há correções a serem realizadas no processo. Grande parte das dificuldades identificadas era esperada, no entanto, um ponto que não ficou claro na análise das respostas, mas foi observado e que permite atuação diz respeito às falhas de comunicação entre as subequipes, pois interferem no andamento do projeto e podem ser minimizadas. Os resultados obtidos encontram-se ainda em avaliação para que sejam mitigados os problemas encontrados.

6 Conclusões

Por meio da criação e gestão de um ambiente de aprendizagem para o desenvolvimento de um veículo elétrico e dos resultados obtidos durante o processo de execução do projeto, são concretizados os ganhos de conhecimentos e competências discentes definidos pelo trabalho em equipe organizado e colaborativo.

Os resultados obtidos até a atual fase de execução do projeto podem ser classificados quanto: *i)* aos conhecimentos adquiridos pelos estudantes; *ii)* ao desempenho dos estudantes em relação às atividades desenvolvidas no projeto; *iii)* aos produtos gerados pela equipe. Os conhecimentos adquiridos foram contemplados no item crescimento acadêmico da Figura 2, citado por 31% dos estudantes, mas também são evidenciados nas soluções encontradas para resolver os problemas que surgem ao longo do desenvolvimento do projeto. O desempenho dos estudantes é avaliado qualitativamente, por meio dos progressos obtidos semanalmente na execução de suas tarefas. Os produtos gerados são avaliados no final de cada semestre letivo por ocasião da elaboração dos relatórios individuais e do relatório completo do projeto.

O desenvolvimento de um projeto real em ambiente universitário se mostra uma solução efetiva para a contextualização de conhecimentos teóricos nas respostas de 62% dos estudantes, para troca de conhecimentos nas respostas de 31% e, para a aprendizagem por meio de experiências práticas, nas respostas de 15% dos estudantes.

A execução do projeto é acompanhada por uma equipe de professores responsáveis pela manutenção do ambiente de aprendizagem, orientação dos estudantes e avaliação dos resultados do processo de aprendizagem e do projeto em si. A equipe de estudantes é formada por estudantes de diferentes níveis de conhecimento e cursos e, por isso, a interação e a comunicação entre as diferentes áreas de conhecimento é um desafio para o planejamento do projeto, visto que influenciam diretamente o processo de ensino-aprendizagem.

Por fim, é importante ressaltar que as atividades necessárias para o êxito do projeto foram planejadas de modo a formar um ambiente de aprendizagem coesivo e reflexivo e que os estudantes atuam de forma autônoma, gerenciando o próprio trabalho e sentindo-se responsáveis por projetar e construir o veículo elétrico.

Referências Bibliográficas

Almeida, D. A. & Azevedo, A. H. (2012). Ciclar: Veículo elétrico destinado a apoiar centros de coleta seletiva. Brasília: Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília. Relatório técnico, 77p.

Almeida, M. E. B. & Prado, M. E.B. (2003). Criando situações de aprendizagem colaborativa, in: IX Workshop de

Informática na Escola – WIE, 2003. Conteúdo disponível em: <http://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fbrie.org%2Fpub%2Findex.php%2Fwie%2Farticle%2Fdownload%2F774%2F760&ei=39J4T8eeDpSDtge5uLzfDg&usg=AFQjCNHbxguCZeqIPdx_HF7N972qyE7vWg&sig2=jy3XK2-kMq9lLXmapr0QAg> Acesso em: mar. de 2012.

Jones, B. F., Rasmussen, C. M., & Moffitt, M. C. (1997). Real-life problem solving.: A collaborative approach to interdisciplinary learning. Washington, DC: American Psychological Association.

Kolmos, A. & Graaff, E. (2007). Process of changing to PBL. Management of Change – Implementation of problem based and project-based learning in engineering, 31-43, E. de Graaff and A. Kolmos (eds). Sense Publishers, Rotterdam/Taipei.

Nitzke, J., Geller, M. & Carneiro, M. Aprendizagem cooperativa/colaborativa. Disponível em:< http://www.nie.ufrgs.br/~alunosspg99/mara/menu.htm> Acesso em: dez. 2000.

Panitz, Ted. (1996). A Definition of Collaborative vs Cooperative Learning. Conteúdo disponível em: <http://www.londonmet.ac.uk/deliberations/collaborative-learning/panitz-paper.cfm>.Acesso: mar. de 2012.

Picchiai, D. (2010). Estruturas Organizacionais – Modelos, Universidade Fed. de São Paulo: Sec. de Planejamento.

Powell, P. C. and Weenk, W. (2003). Project-led engineering education. Lemma: Uttrecht.

Prince, M. J. & Felder, R. M. (2006). Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. J. Engr. Education, 95(2), 123-138.

Torres, P. L., Alcantara P. R., & Irala, E. A. F. (2004). Grupos de Consenso: uma proposta de aprendizagem colaborativa para o processo de ensino-aprendizagem. Revista Diálogo Educacional, Vol. 4, n° 13, 1-17. Universidade Católica do Paraná, Paraná, Brasil.

Viana, D. M. , Silva, M. F. S.; Garrossini, D. F., Kalume, A. C, Abdalla Junior, H. (2011). Uma experiência de aprendizagem colaborativa interdisciplinar no desenvolvimento de um veículo elétrico na Universidade de Brasília. In: International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, Lisboa. Proceedings of PAEE´2011.

Paper Session C3

Um estudo sobre a percepção dos docentes do curso de Engenharia Biomédica da PUC-SP em relação à metodologia PBL (Problem Based Learning)

Bárbara Cristina Oliveira de Campos[*], Neide de Aquino Noffs[+], Luiz Carlos de Campos[**]

[*]Mestranda em Educação: Currículo, PUC-SP. Campus Monte Alegre, 05014-901, São Paulo, Brasil
[+] Faculdade de Educação. PUC/SP, Campus Monte Alegre, 05014-901, São Paulo, Brasil
[**] Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia. PUC/SP, Campus Marquês de Paranaguá, 01303-050, São Paulo, Brasil

Email: bcoc1980@gmail.com; nnoffs@terra.com.br; lccampos@pucsp.br,

Abstract

The Engineering Education is in a process of change in the teaching/learning aiming to develop the motivation of students and teachers in order to answer the needs of the labor market in the context of today's globalized world. The active learning approach using PBL (Problem / Project Based Learning) presents as a new form of teaching/learning for engineering schools. The motivation should be triggered through the interaction and perception of the agents of learning: students and teachers. This paper presents an analysis of the perception that teachers of the program of Biomedical Engineering at PUC-SP have on the methodology PBL adopted. To collect data on the perceptions of teachers regarding their participation in activities of the PBL methodology implementation a questionnaire with open questions was applied to all teachers of the program. The results showed that there must be a strong connection and harmony between management, coordinator of the program, students and teachers, apart from a continuous training teachers for success of the methodology.

Keywords: problem based learning, active learning, motivation, teacher training.

1 Introdução

A cada dia o mercado de trabalho está exigindo das escolas de engenharia um profissional crítico, eficiente, com habilidades e competências capazes de solucionar os problemas específicos e gerar conhecimento para as suas áreas. Diante dessa necessidade, novas metodologias e estratégias pedagógicas diferenciadas devem ser adotadas nas relações ensino/aprendizagem. A metodologia ativa ou estratégias de aprendizagem ativa vêm sendo utilizadas pelos pesquisadores educacionais como respostas às novas demandas dos cursos de engenharia. A aprendizagem ativa utilizando a metodologia PBL (Problem/Project Based Learning) se apresenta com uma alternativa promissora no desenvolvimento do processo de ensino/aprendizagem nas escolas de engenharia. Ela tem sido implementada em várias instituições de ensino superior na Europa, Estados Unidos e Austrália (Powell & Weenk, 2003).

Mills e Treagust (2003) mostram claramente o que está faltando nos cursos de graduação em engenharia tradicional que preparam os estudantes para a prática. Segundo van Hattum-Janssen (2011, p. 265), *"uma mudança das abordagens tradicionais para o PBL implica uma série de mudanças para o corpo docente. Os papeis e as atividades mudam também as relações entre colegas e alunos"*. McKenna e Yalvac (2007), afirmam que *"o sucesso do sucesso de projetos inovadores na educação é altamente dependente da capacidade de quem implementa as inovações em suas salas de aula"*. Isso mostra que o corpo docente deve estar preparado para esse grande desafio.

Este artigo analisa a importância da capacitação/treinamento dos docentes que trabalham no contexto dos métodos da aprendizagem ativa na educação em engenharia denominada Problem Based Learning (PBL). O trabalho apresenta uma análise da percepção que os docentes do curso de Engenharia Biomédica da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC/SP) têm sobre a metodologia PBL (Problem Based Learning) adotada no curso, através dos dados coletados a partir de um questionário com questões abertas, respondido por 80% dos docentes que estão trabalhando no curso.

No Brasil algumas escolas de engenharia estão num processo de implantação dessa metodologia, a maioria delas em disciplinas e atividades isoladas, (Villas-Boas et al., 2012).

A Associação Brasileira de Educação em Engenharia (ABENGE) tem incentivado as escolas da área a caminharem nesta direção, mediante abertura de espaço para apresentações e discussões da temática em seus congressos anuais. A PUC-SP está desenvolvendo o curso de Engenharia Biomédica, totalmente centrado na Aprendizagem Baseada em Problemas. O curso tem como proposta a utilização desta metodologia, na qual o foco do processo ensino/aprendizagem está centrado no aluno. Neste curso a proposta curricular deixa de ser organizada por disciplinas e passa a priorizar uma organização

multidisciplinar em módulos, permitindo a inter e a transdisciplinaridade. As áreas temáticas propostas pelo curso contemplam as áreas de atividades para os engenheiros biomédicos, de acordo com a Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica (SBEB, 2007). O projeto pedagógico do curso (PPC) definiu os tutores como a coluna vertebral do curso.

O aluno deve aprender a resolver problemas da sua área profissional dentro de uma visão interdisciplinar, que por sua vez favorece a capacidade de desenvolver competências e habilidades e o trabalho em equipe. Nesta metodologia, o aluno é responsável pelo seu próprio conhecimento, o que é muito diferente da metodologia tradicional adotada na maioria das instituições de ensino superior do Brasil (Campos, Dirani, Manrique, 2011).

O docente na metodologia PBL (tutor) deve desenvolver a função de um facilitador, orientador e co-aprendiz no processo de aprendizagem, ou seja, o docente passa a adotar uma postura diferente daquela que ele está habituado a desenvolver nas atividades do ensino tradicional. Para ser tutor é necessário adquirir habilidades inteiramente novas, quando comparadas as de um professor, profissional de educação que atua em cursos tradicionais estruturados em disciplinas.

Ao invés de dar ao estudante a informação e todos os dados, mediante aulas e anotações, os tutores deverão aprender a facilitar a aprendizagem e, indiretamente, guiar o processo de aprendizagem do estudante. Os tutores devem permitir que os estudantes decidam por eles mesmos, o que precisam aprender e, ao mesmo tempo, saibam que recursos lhes serão necessários, especialmente os recursos humanos da instituição. O tutor não diz ao estudante exatamente o que ele deve aprender e em que sequência deve fazê-lo, o tutor deve ajudar os estudantes a determinarem isto de forma independente. O papel do tutor deverá ser o de fazer com que a aprendizagem seja um processo centrado no estudante e não no docente. Trata-se de facilitar a aprendizagem ao invés de oferecer conhecimento pronto e acabado. Os tutores devem dar ao estudante, constantemente, a oportunidade de aprender a aprender. Na implementação do curso constatou-se alguns desafios em relação a estas determinações das ações do tutor. Em primeiro lugar, os professores selecionados para trabalhar no curso de Engenharia Biomédica eram formados em cursos de bacharelado tradicionais, tais como engenharia, matemática, física e medicina. Suas formações, como em grande parte dos professores do ensino superior, não envolveram questões de caráter didático e pedagógico.

Os docentes que se interessaram em trabalhar nesta metodologia eram professores que possuíam experiências bem sucedidas em sala de aula e não necessariamente reflexões teóricas sobre as ações que deveriam ser tomadas nas tutorias. Diante dessa constatação os proponentes do curso perceberam a necessidade de uma formação adequada dos docentes para enfrentar esse desafio. As atividades de capacitação e treinamento dos tutores, desenvolvidas previamente, foram essenciais para que algumas reflexões e tomada de consciência destas habilidades viessem à tona. Entretanto, ao longo do desenvolvimento das atividades docentes, identificou-se a necessidade de uma contínua e permanente tarefa de estudo e reflexão sobre as ações desenvolvidas nas tutorias, pois para responder às perguntas sobre as dificuldades que os alunos encontram em suas pesquisas para a resolução de um problema proposto, é imprescindível que os tutores busquem constantemente a atualização de seus conhecimentos. Segundo Enemark e Kjaersdam (2009, p.19), *"na aprendizagem baseada em problemas, nunca se sabe quais serão as perguntas dos alunos, mas todas elas obrigam o professor a estar atualizado".* A necessidade de resolver o problema proposto e a identificação de suas carências conduz o aluno a ter contato com outras ideias e pessoas. Desta interação resultam soluções criativas e inovadoras, que não reproduzem simplesmente modelos pré-definidos. Isso significa que o tutor deve ter o propósito de desenvolver no aluno a competência da aprendizagem em autonomia. De acordo com Rué (2009), *"a gestão eficiente da informação e do tempo disponível; o trabalho, o estudo e a pesquisa, tanto individual quanto em grupo; atitudes como flexibilidade, imaginação, abertura a novas informações e metodologias; e a auto-regulação do próprio trabalho são condições fundamentais para o desenvolvimento da autonomia para a aprendizagem"*. Estes desafios encontrados na implantação do curso pressupõem um tutor também comprometido com ensino, pesquisa, desenvolvimento e inovação. Além disso, o tutor deve ter uma trajetória acadêmica que lhe confira experiência em definição de problemas, análises, teorias, experimentos, sínteses, soluções possíveis e aceitáveis, bem como conclusões, avaliação e consequências. A motivação para a aprendizagem deve ser desencadeada através da interação e percepção dos agentes da aprendizagem: alunos e docentes.

2 Metodologia

O objetivo deste trabalho se estabeleceu a partir de uma reflexão sobre como os docentes devem atuar, ou o que se espera deles dentro de uma sala de aula, diante de um mundo que se encontra em constante transformação educacional, política, econômica e social. Para se enquadrar nessas características, os docentes precisam estar em um contínuo processo de formação/treinamento a fim de construir seus

conhecimentos e desenvolver seu lado crítico, suas atitudes de responsabilidades e compromissos para com a formação de um profissional competente, ético e responsável que possa atender as exigências da sociedade. Para a coleta dos dados sobre a percepção dos docentes sobre a metodologia de trabalho que eles estão desenvolvendo, uma pesquisa de campo foi realizada com o objetivo de compreender como eles foram capacitados e treinados para utilizar a metodologia ativa do PBL e quais as implicações que se podem observar dentro desta concepção metodológica. Os dados foram coletados em apenas uma fase na Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia (FCET), ou seja, com a aplicação de um questionário, que teve um caráter exploratório para mostrar como o docente foi inserido nesta metodologia ativa. O questionário foi utilizado como um instrumento para mapear a ação docente. O questionário aplicado continha sete questões abertas, relacionadas ao perfil dos docentes, envolvendo o tempo de atuação docente no ensino superior, tempo de atuação com a metodologia ativa PBL, grau de conhecimento da metodologia ativa PBL, as facilidades e dificuldades encontradas na implementação da metodologia e as vantagens e desvantagens da metodologia sob a ótica de cada docente. A amostra para o questionário constou de 8 docentes de um total de 10 que compunha o corpo docente do curso naquele momento, correspondendo a 80% da população total. O questionário foi aplicado no início do primeiro semestre do ano acadêmico de 2011. A metodologia utilizada neste estudo está fundamentada na abordagem qualitativa, que segundo Chizzotti (2006, p.28): "(...) implica uma partilha densa com pessoas, fatos e locais que constituem objetos de pesquisa, para extrair desse convívio os significados visíveis e latentes que somente são perceptíveis a uma atenção sensível". A análise e a tabulação dos dados foram estabelecidas de acordo com as respostas dos questionários e os resultados estão apresentados através de tabelas e gráficos.

3 Resultados

No questionário aplicado, na primeira questão os docentes tinham que informar o tempo de experiência de docência no ensino superior. As respostas mostradas no gráfico 1, abaixo, indicam que quatro deles (50%), possuem mais que vinte anos de experiência no magistério superior, dois (25%) entre cinco e quinze anos e apenas dois (25%) deles possuem menos que cinco anos de experiência. Destaca-se ainda, que esses dois últimos docentes começaram a trabalhar no ensino superior, justamente no curso de Engenharia Biomédica, que teve seu inicio no primeiro semestre de 2009.

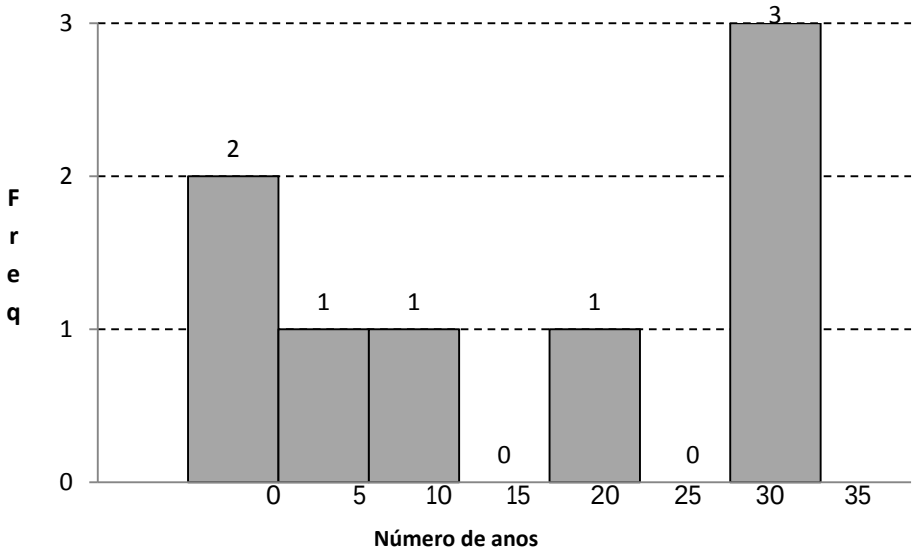


Gráfico 1. Tempo de experiência no Ensino Superior

A segunda questão referia ao tempo de experiência de trabalho utilizando a metodologia PBL. De acordo com o gráfico 2, o tempo de experiência na utilização da metodologia PBL, por todos os docentes, é de no máximo cinco anos. Embora, dentre os entrevistados, três deles (37,5%) possuíam mais de trinta anos de experiência no Ensino Superior, em relação à metodologia PBL temos a totalidade deles com menos de cinco anos de experiência. Isso evidencia que a prática dessa metodologia dentre os docentes entrevistados é recente, mostrando pouca experiência na utilização da metodologia.

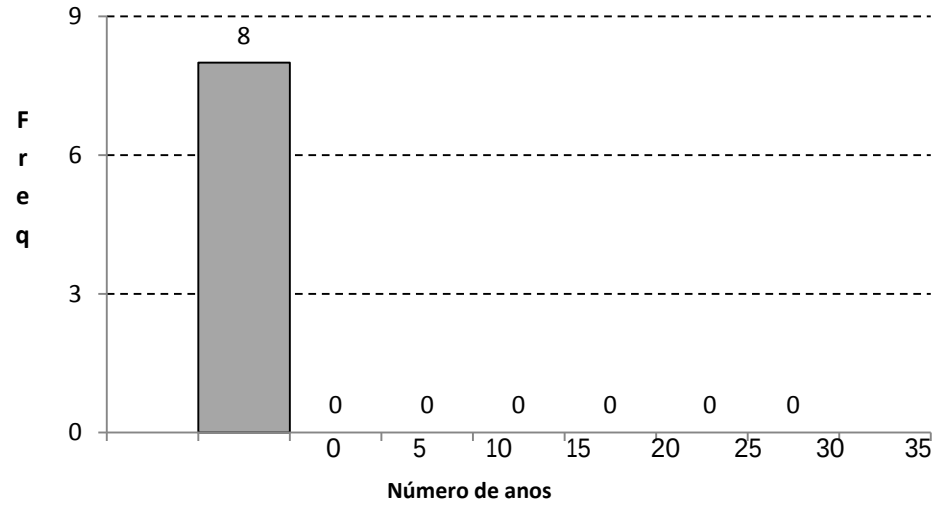


Gráfico 2. Tempo de experiência no PBL

Na sequência foi perguntado aos docentes se, na opinião deles, a metodologia PBL subsidia a ação docente. Dos oito que responderam o questionário seis deles (75%) entendem que sim, um deles (12,5%) considera que pouco subsidia e outro (12,5%) não respondeu a questão. Portanto, a maioria acredita na metodologia ativa PBL e nos seus subsídios para a prática docente, conforme indicado no gráfico 3, abaixo.

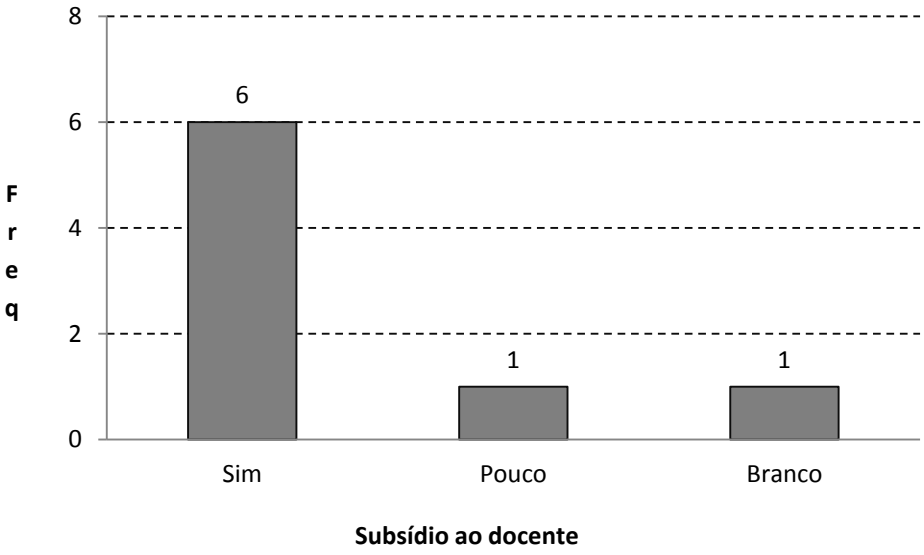


Gráfico 3. Subsídio da metodologia PBL ao docente

A outra questão perguntava aos docentes se eles tinham algum conhecimento prévio sobre o PBL antes das suas atuações como docente no curso de Engenharia Biomédica. Quatro deles (50%) não possuíam conhecimento prévio, três (37,5%) deles já conheciam a metodologia PBL e um (12,5%) disse ter um conhecimento superficial, conforme indica o gráfico 4, abaixo.

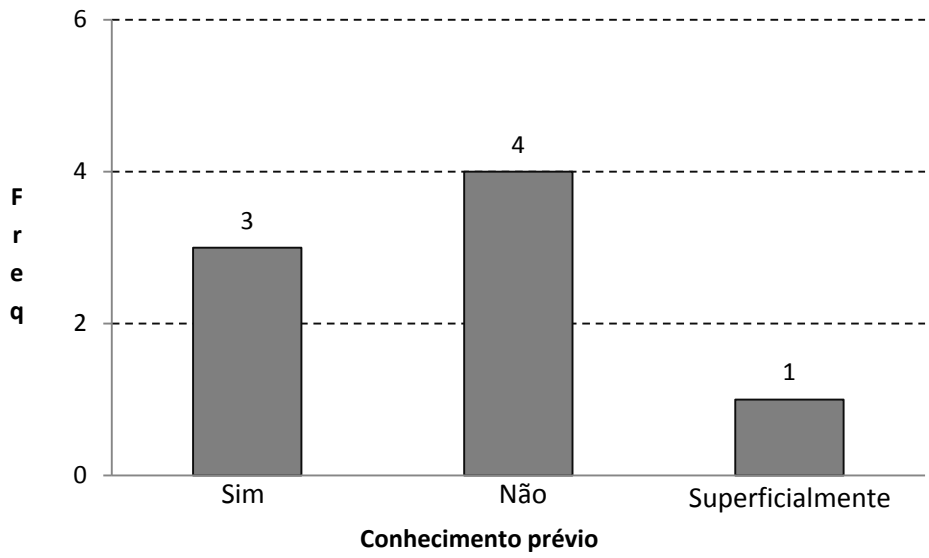


Gráfico 4. Conhecimento prévio da metodologia PBL

Na continuidade das questões, os docentes foram inqueridos sobre o processo de capacitação e/ou treinamento a que foram submetidos para a utilização da metodologia PBL. Cinco deles (62,5%) foram capacitados em dois workshops promovidos pela Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da PUC-SP, sendo o primeiro dos workshops apresentado por um consultor externo com expertise em PBL, com carga horária de 40h, e o segundo com a equipe de professores da Universidade do Minho, Portugal, com carga horária de 40 horas. Dois dos docentes (25%) participaram de um workshop para treinamento em PBL na Faculdade de Ciências Médicas e da Saúde, da PUC-SP e dois outros (25%) fizeram a capacitação em outra instituição não especificada. Neste caso, tivemos um total de nove respostas porque um dos sujeitos da pesquisa fez dois tipos de capacitações distintas.

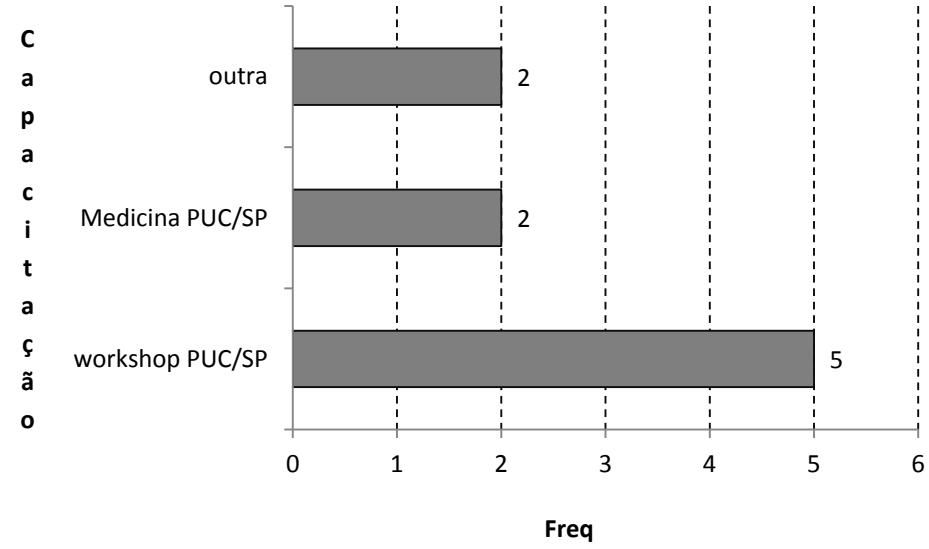


Gráfico 5. Capacitação para utilização da metodologia PBL

Com relação à questão sobre quais os motivos, na visão de cada docente, que levaram os gestores da PUC-SP a optar pela utilização da metodologia PBL no curso de Engenharia Biomédica, tivemos três respostas que contemplaram a todos os sujeitos da pesquisa, quais sejam: inovação no processo ensino/aprendizagem, integração da teoria com a prática e a interdisciplinaridade.

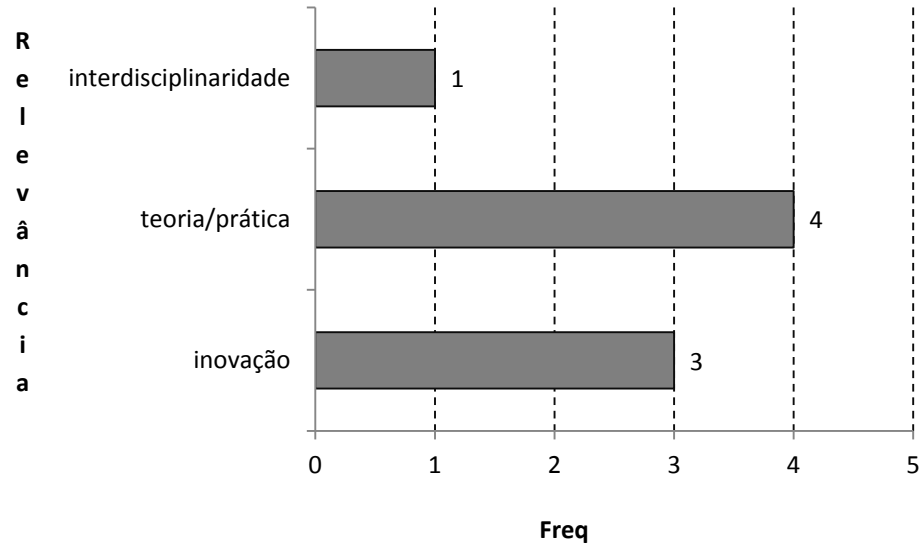


Gráfico 6. Justificativas de escolha da metodologia PBL

Finalmente foi solicitado aos docentes que destacassem as vantagens e desvantagens da implementação da metodologia PBL no curso de Engenharia Biomédica. Um dos aspectos mais comentados, como desvantagem do processo, foi que a estrutura adotada não privilegia a formação com conhecimento suficiente das disciplinas básicas como matemática, física, química. Além disso, foram citados: o número excessivo de reuniões docentes sem objetividade; a falta de cobrança aos docentes quanto ao seu desempenho no desenvolvimento de suas atividades; a falta de planejamento e preparação dos problemas com maior objetividade, a exigência de maior dedicação do corpo docente e a necessidade de capacitação e treinamento constante dos professores.

Em relação às vantagens da metodologia foram destacadas as seguintes: motivação pelo trabalho em equipe, contato direto com os alunos, inovação metodológica, melhoria na relação aluno/docente, formação de um profissional de engenharia mais comprometido com a sociedade. O item mais destacado foi o trabalho em equipe.

Os resultados indicados no Quadro 1 mostram que os docentes apontam mais dificuldades do que facilidades no exercício da metodologia PBL.

Quadro 1. Facilidades e dificuldades na implantação do PBL

Facilidades	Dificuldades
Docente 1: Nada declarado.	Capacitação docente, conscientização do estudante.
Docente 2: envolvimento dos estudantes, flexibilidade, multidisciplinaridade e envolvimento com tecnologia.	Adaptação dos alunos e docentes ao método, processos de avaliação, planejamento dos conteúdos de forma adequada, necessidade de laboratórios.
Docente 3: vontade dos docentes de mudarem suas práticas, apoio dos gestores, capacitação oferecida, poucos alunos por turma.	Rompimento com o modelo tradicional, não implementação dos instrumentos do Projeto Pedagógico do Curso (PPC), falta de clareza da estrutura curricular do curso, falta de um coordenador com conhecimentos da área de Engenharia Biomédica.
Docente 4: relação professor/aluno.	Rompimento com o modelo tradicional de ensino, planejamento dos conteúdos de forma adequada.
Docente 5: motivação, trabalho em equipe,	Planejamento e preparação dos problemas.

poder de síntese.	
Docente 6: Nada declarado	Processos de avaliação, adaptação dos docentes, alunos não habilitados ao método.
Docente 7: relação docente/ aluno.	Mais trabalho para o corpo docente.
Docente 8: Nada declarado	Processos de avaliação, postura do docente e desenvolvimento de uma relação docente/aluno, diferenciada.

Quadro elaborado pela pesquisadora Bárbara C. O. de Campos, em 2012.

Os pontos de melhoria destacados para aperfeiçoamento da implementação da metodologia foram: o processo de avaliação, planejamento dos conteúdos de forma adequada, adaptação e capacitação docente.

Um dos aspectos relevantes destacado diz respeito à capacitação/formação dos docentes para a utilização da metodologia ativa PBL. Os docentes manifestaram essa preocupação e destacaram a necessidade de um trabalho contínuo com todos os envolvidos neste processo.

Os dados coletados mostram ainda que os docentes não se sentem totalmente adaptados a este tipo de metodologia e a predominância do modelo de ensino tradicional ainda impera nas suas ações pedagógicas.

4 Conclusões

De acordo com o resultado da pesquisa, podemos concluir que os docentes entrevistados acreditam que a metodologia PBL fornece subsídios para a prática docente, mesmo que a experiência destes seja ainda muito recente.

Um dos pontos positivos destacados pelos entrevistados é que a metodologia PBL favorece: a relação tutor/aluno, o trabalho em equipe e a possibilidade de formar um futuro engenheiro com competências para a resolução de problemas reais e com uma visão integrada de todas as áreas.

Mas, é importante ressaltar que alguns pontos merecem um tratamento mais cuidadoso para a melhoria do desempenho da metodologia, tais como: a falta de conhecimento dos alunos das disciplinas básicas (Matemática, Física, Química), como obter uma maior dedicação do docente nesta abordagem metodológica e a dificuldade em estabelecer um processo adequado de avaliação dos alunos.

Baseando-se nos resultados obtidos constata-se que o treinamento e a capacitação docente dos profissionais envolvidos com a implementação do PBL devem ser constantes e vistas como um auxílio necessário para que se obtenha êxito no desenvolvimento desta proposta curricular inovadora.

Referências

Campos, L. C., Dirani, E. A. T., Manrique, A. L. (orgs.). Educação em Engenharia. Novas abordagens. São Paulo, EDUC, 2011.

Chizzoti, A. (2006, p. 28). Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais. Petrópolis. Vozes

Enemark, S., Kjaerdam, F. (2009, p. 19). A ABP na teoria e na prática: a experiência de Aalborg na inovação do projeto no ensino superior universitário. In: Araújo, F., Sastre, G. (orgs). Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior. São Paulo, Summus, pp. 17-41.

McKenna, A. F.; Yalvac, B. (2007). Characterizing engineering faculty's teaching approaches. Teaching in Higher Education, v. 12, n. 3. Pp. 405-418.

Mills, J. E. e Treagust, D. F. (2003). Engineering Education – is a problem-based or project-based learning the answer? Australasian Journal of Engineering Education, http://www.aaee.com.au/journal/2003/mills_treagust.pdf.

Powell, P. C., & Weenk, W. Project-Led Engineering Education. Utrecht, Lemma, 2003.

Rué, J. (2009). Aprender com autonomia no ensino superior. In: Araújo, F., Sastre, G. (orgs.). Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior. São Paulo, Summus, pp. 157-176.

SBEB (2007). Áreas de atuação do Engenheiro Biomédico. Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica. Disponível em: www.sbeb.org.br

Van Hattum-Janssen, N. O papel dos professores nos projetos. In: Campos, L. C., Dirani, E. A. T., Manrique, A. L. (orgs.). Educação em Engenharia. Novas abordagens. São Paulo, EDUC, 2011, p. 265.

Villas-Boas, et al. A survey of active learning in Brazilian Engineering Schools. 11th Active Learning in Engineering Education – ALE2012. Copenhagen, Denmark, 2012.

Uma Experiência Interdisciplinar na Formação do Engenheiro

Marisa Franzoni*, Galesandro Henrique Capovilla*, Zaida Jova Aguila*, Vicente I. Becerra Sablón*

Centro Universitário Salesiano de São Paulo (UNISAL). Campus São José. Campinas, São Paulo, Brasil.

Email: marisa@sj.unisal.br; gale@sj.unisal.br; zaida@sj.unisal.br; vsablon@sj.unisal.br

Abstract

The goal of this work is to describe anddiscuss the results of an interdisciplinary experience developed for teachers and undergraduate students of Engineering. The analyzed group was ratherheterogeneous because of the fact that the students migrated from other institutions, having taken different courses. Moreover, there was neither a leader to conduct their activities nor a common goal established for the task.Inspite of these negative conditions, the results of the project have been in depth and satisfactory as stated by an evaluation conducted by an external group of teachers. We hope that, from this discussion, it will be possible to raise deep reflection points about the results and to inspire new initiatives.

Keywords: interdisciplinary; learning in groups; teaching methodology.

1 Introdução

Os desafios de melhorar a formação do engenheiro, nos dias atuais, são muitos, e há, sem dúvida, muito para avançar. Contudo, observa-se que os aspectos didáticos e pedagógicos vêm se tornando mais importantes na atuação profissional do professor; não basta a este somente dominar o conhecimento científico e técnico dos conteúdos, ou o funcionamento dos meios disponíveis para "ministrar" esses conteúdos, mas superar a relação unitarista e simplista que ele e os estudantes, muitas vezes, estabelecem com o conhecimento.

A solução da maior parte dos problemas atuais nas diferentes áreas do conhecimento tem requerido um diálogo mais efetivo entre disciplinas e entre profissionais. Isso envolve a mobilização de diferentes especialistas e conhecimentos na tentativa de definir metas de ações e intervenções mais satisfatórias na direção de soluções mais adequadas. Assim, a interdisciplinaridade tem sido apontada como uma proposta metodológica inovadora, não no sentido de que as disciplinas envolvidas na solução de um determinado problema percam sua identidade, mas, que o nível de entrosamento entre os conhecimentos seja capaz de suprir os limites e deficiências que cada área apresenta diante de um problema complexo. É nesse contexto que o futuro engenheiro, ao longo de sua formação, deverá realizar a experiência de integrar diferentes conhecimentos, o que contribuirá com uma visão mais ampla da área, alicerçada nos conhecimentos de base da Engenharia, mas com uma visão sistêmica de projeto.

Qual o papel da Universidade e dos cursos de engenharia no sentido de promover condições e subsídios para que a desfragmentação do conhecimento seja uma realidade na formação inicial do Engenheiro? A perspectiva deste trabalho é que o desenvolvimento de ações interdisciplinares ao longo da formação poderá favorecer uma mudança de cultura no que se refere à forma de conceber o processo de ensino e de aprendizagem. Ou seja, experimentar uma vivência interdisciplinar, enfrentando desafios novos, trabalhando em equipe, negociando as decisões, inovando, entre outros, poderá trazer ganhos incomensuráveis ao futuro profissional da Engenharia, no tangente ao mercado de trabalho.

Diante de um desafio novo para os alunos, o papel do professor é de grande relevância, considerando sua competência em liderar, orientar e, até, conduzir o projeto juntamente com os alunos. Contudo, na experiência que será aqui relatada os professores e coordenador pouco participaram do desenvolvimento do projeto do grupo; mesmo assim, o grupo de alunos superou as expectativas apresentando um trabalho original. Nossa pergunta é qual foi o mote do grupo?

O objetivo deste trabalho é relatar e discutir os resultados de uma experiência interdisciplinar desenvolvida por professores e estudantes de um curso superior de Engenharia cuja participação de professores e coordenador foi claramente desprezível, mas mesmo assim, o grupo realizou com sucesso o projeto. Espera-se que a discussão aqui realizada possibilite possível de levantar e elucidar pontos profundos de reflexão a respeito do papel do professor na formação do engenheiro.

1.1 Interdisciplinaridade

A primeira divisão do conhecimento em diferentes compartimentos foi concretizada na tentativa de facilitar sua transmissão e seu entendimento. Cada disciplina era vista como um conjunto de conhecimentos específicos, quase interdependentes, disponível para o aluno apreender e resolver problemas variados.

Pouco valor se atribuía á construção de sentidos por parte do aluno no momento de sua aprendizagem, tampouco ao papel do professor que não passava de mero expectador da aprendizagem do aluno.

Essa visão do conhecimento, para Morin (1999), parece ter influenciado fortemente a diversidade das experiências humanas até o final da primeira metade do século XX, ou seja, havia um princípio de separação homem-natureza que orientava o conhecimento e que, consequentemente, passou a explicitar uma crise do pensamento. Ainda, de acordo com Morin, essa crise trouxe inúmeras consequências para a educação: a divisão em áreas de estudo realizada pelo homem, a disciplinarização dos conteúdos, a fragmentação na formação do professor, a percepção fria dos objetos estudados e, finalmente, a interdependência entre os objetos de estudo e o contexto do qual fazem parte.

O movimento da interdisciplinaridade surgiu na Europa em meados da década de 60 (Fazenda, 2002), enquanto que no Brasil, a perspectiva interdisciplinar surgiu no final dessa mesma década, mas foi nas seguintes que se aperfeiçoou. Em meados da década de 80, avanços significativos possibilitaram o encaminhamento de diferentes pesquisas no âmbito das escolas e universidades, principalmente na área das ciências humanas. O desafio passou a ser o de buscar formas de implementá-las nas salas de aula de maneira a sustentar a apreensão de novos conhecimentos. Atualmente essa preocupação está presente no documento elaborado pelo Conselho Nacional de Educação (2002), mediante as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Entende-se que essa proposta é uma tentativa de transcender os paradigmas disciplinares que têm imperado até hoje na educação escolar e de substituí-los por paradigmas temáticos e interdisciplinares. Vieira (2004) destaca que para enfrentar essa fragmentação há a necessidade da desfragmentação. Esta é uma condição para que o homem recupere a visão de totalidade do saber e do fazer e reencontre a satisfação no trabalho e no estudo.

É na perspectiva desta re-apropriação que foi proposto aos futuros engenheiros o desenvolvimento de um projeto inovador que, do nosso ponto de vista, envolveria a identificação e o estudo de problemas reais e desafiadores e requereria ações criativas, originais, improvisadas e estimuladoras da reflexão e da construção de parcerias (FAZENDA, 2002; LEFT, 2007; PERRENOUD, 1999).

2 O projeto e as primeiras resistências do grupo de alunos

Os alunos envolvidos no projeto cursavam o 8° semestre do curso de Engenharia Elétrica de um Centro Universitário, e a proposta de desenvolvimento partiu dos professores que ministravam diferentes disciplinas para o grupo. O objetivo dos professores foi fomentar uma experiência de integração entre conceitos, trabalhados no semestre, voltada para a construção de uma casa ecológica, sustentada, unicamente, por fontes de energia renováveis. O grupo aqui analisado ficou responsável pela construção e funcionamento do gerador eólico, mas que deveria estar articulado com as demais fontes de energia, de modo a funcionar harmonicamente.

A metodologia de intervenção dos professores se caracterizou por instigar os alunos a pensarem as decisões a serem tomadas, buscarem os materiais utilizados e modelos e métodos mais adequados, entre outros. Os professores das disciplinas envolvidas no projeto deveriam orientar os alunos na busca por fontes teóricas e sustentá-los em suas dificuldades de organização, enquanto que o orientador deveria participar de forma ativa de seu desenvolvimento. Para tanto, acordou-se a necessidade de uma rotina de encontros e contatos entre grupo e coordenador. Os alunos deveriam entregar a este um conjunto de relatórios, bem como, um mais completo ao final do semestre, e apresentar o projeto num evento institucional, em conjunto com outros cursos.

Contudo, logo no primeiro contato entre grupo e coordenador, os alunos mostraram forte resistência em desenvolver o trabalho proposto. Um dos aspectos levantados se referia à dificuldade de eles se encontrarem, dado que cada um fazia um grupo de disciplinas específicas, às vezes, cursadas em semestres distintos. O grupo de alunos tinha o diferencial de ter vindo no semestre anterior de outra instituição e ter "entrado" num grupo classe maior que já havia cursado junto todos os demais semestres letivos.

Outra queixa levantada pelos alunos é que o projeto era muito complexo e, para sua realização fazia-se necessário muito mais tempo do que o proposto. Questionaram, inclusive, o fato de que essa complexidade era ainda maior que a de desenvolver o Trabalho de Final de Curso (TCC), opção dada pela instituição e aceita por outra parte do grupo "migratório".

Assim, os encontros iniciais entre grupo e coordenador foram marcados por tentativas, por parte dos alunos, de forçar a simplificação do trabalho; por parte do coordenador de facilitar alguns pontos (por exemplo, dispensá-los de algumas de suas aulas) sem, contudo, aplanar ou "baratear" o trabalho.

3 Desenvolvimento do projeto

Como falamos anteriormente, o foco do trabalho do grupo foi desenvolver e implementar um gerador eólico numa maquete sustentável. O grupo iniciou o projeto realizando um estudo teórico detalhado da energia eólica, contextualizando-a, e, ao mesmo tempo, se aprofundando nos princípios de seu funcionamento. Vários tipos de geradores foram estudados, bem como, a adequação de cada um visando o desenvolvimento do projeto. O motor foi construído considerando os conceitos estudados em disciplinas como a de Física (Lei de Faraday), bem como, vários outros trabalhados não somente no semestre cursado no momento do projeto, mas nos anteriores. Houve grande preocupação do grupo em utilizar materiais sustentáveis ou reutilizados, como, tocador de fitas, secador de cabelos, madeira como base, e outros. As medições nos terminais do gerador eólico atingiram tensões de até 5 volts e, para isso, foram utilizados um pequeno cooler de computador e um secador de cabelos (com a finalidade de simular o vento), possibilitando o acendimento de um LED. Este ficou responsável por simular o acendimento de uma lâmpada na maquete, que era o produto final do projeto que, em seu funcionamento, foi de fácil entendimento para os visitantes e professores que o avaliaram numa feira institucional.

3.1 Das condições adversas à sua superação

As condições por nós avaliadas como aquelas capazes de terem provocado a resistência do grupo foram:

- A colocação do grupo "migratório" num grupo classe já estabelecido, de relações instituídas e que pouco considerava a presença do "novo" grupo;
- A heterogeneidade do próprio grupo migratório que, apesar de pequeno, também se dividiu entre realizar o TCC ou o projeto interdisciplinar;
- As tentativas frustradas de buscar convencer o coordenador a mudar de posição e facilitar, ao máximo, o trabalho do grupo.

A condição inicial de isolamento do grupo analisado pelo grupo classe não somente permaneceu ao longo do curso, como foi acentuada pelo fato de o primeiro não participar de algumas aulas, dificultando a criação de um vínculo com os professores e coordenador, bem como, com o grupo mais amplo. A conseqüência quase direta dessa condição foi o desinteresse em tentar buscar a integração entre disciplinas e trabalhar na perspectiva da interdisciplinaridade proposta, considerando que, para isso, nova postura grupal seria requerida.

A liberdade que o grupo teve de escolher entre realizar o TCC e desenvolver o projeto interdisciplinar nos parece ter contribuído negativamente com o envolvimento com o projeto: diante das dificuldades encontradas ao longo deste, a escolha sempre se mostrava equivocada, a ponto de alguns alunos destacarem que gostariam de voltar atrás da decisão tomada, uma vez aqueles que haviam feito esta opção estavam numa situação muito mais confortável que os envolvidos com o trabalho interdisciplinar. A frustração era ainda maior quando, diante do coordenador e de alguns professores, voltavam a pedir que as regras, prazos e exigências fossem revistas. Diante de tantas negativas o grupo "rompeu" com os professores e, principalmente, com o coordenador, o que nos indicava que o grupo, igualmente, se afastava do projeto.

Apesar das condições adversas, os resultados do projeto interdisciplinar foram abrangentes e satisfatórios, considerando a avaliação realizada por um grupo externo de professores. Nessa linha, questões surgem e intrigam nosso grupo de pesquisa: como explicar um fracasso inicial, posteriormente superado pelo grupo, com uma participação pouco expressiva do professor-coordenador? Quem desenvolveu o papel de liderança e ajudou na condução das atividades? Qual foi o mote do grupo? O que envolveu o grupo após uma dispersão significativa ocorrida num determinado momento do processo de desenvolvimento do projeto?

> Em nossa análise, e de acordo com Perrenoud (1999), uma **equipe** pode ser definida como um grupo reunido em torno de um projeto comum, cuja realização passa por diversas formas de acordo e de cooperação (pg. 83). "A atividade proposta aos alunos exigiu que estes, de alguma forma, participassem e cooperassem entre si"; para tanto, algumas decisões tiveram que ser tomadas, entre estas, a de expulsar e romper com os professores e coordenador. O rompimento com o coordenador, sem dúvida, gerou um estado de tensão que o grupo teve que enfrentar. Mas, de qual maneira?

A orientação do professor não teve efeito positivo no desenvolvimento da equipe ao longo do projeto; assim, o grupo buscou desafiar o coordenador não participando dos encontros sistemáticos acordados no início, bem como, não entregando os relatórios de forma pontual. No lugar do "vazio" deixado pelo coordenador, foi colocado o desafio de mostrar a ele, apesar de não seguir suas orientações, o potencial do próprio grupo em fazer bem o trabalho proposto (Souto, 1993. Silva, 2009; Pichon – Rivière, 2009; Villani, 2008). Parece-nos que, desta forma, a autonomia do grupo foi inaugurada, dado que sua postura foi de mostrar ser capaz de realizar uma tarefa "exaustiva e sofredora" sem apoio de ninguém (Kaes, 1997). Isso não quer dizer que não experimentaram, por exemplo, um exercício de reflexão, até mesmo porque a atividade reflexiva é uma

atividade intelectual teórica, e pode ser exercida de forma individual ou em equipes e pode ocorrer em momentos de forte tensão. Assim, merece ser destacado que a reflexão resultou em avanços (a superação das dificuldades encontradas ao longo do desenvolvimento do projeto), e ainda, avanços no desenvolvimento efetivo de um projeto prático. Em concordância com Vásquez (1977), "enquanto a atividade prática pressupõe uma ação efetiva sobre o mundo que tem por resultado uma transformação real deste, a atividade teórica apenas transforma nossa consciência dos fatos, nossas ideias sobre as coisas, mas não as próprias coisas. Porém, esta transformação da consciência das coisas é pré-suposto necessário para se operar, no plano teórico, um processo prático".

Esse fato nos remete a outro aspecto importante quando pensamos a formação dos estudantes engenheiros: a atividade prática deve ser priorizada nos cursos de engenharia, dado que os alunos carregam consigo grandes habilidades de manuseios, de experimentações, que, nesse caso, parece ter sido o grande mote do grupo. Ou seja, em nossa interpretação, este foi o aspecto articulador ou o motor que fez o grupo superar as dificuldades encontradas e as frustrações anteriores.

O desenvolvimento, bem como, a apresentação do projeto do grupo foi satisfatório, com aspectos que poderiam ser mais profundamente explorados, assim como definidos, contudo, com a trajetória que se desenhava o trabalho surpreendeu aos professores e coordenadores. De forma clara, ao apresentar e mostrar a casa ecológica aos professores, o grupo sentia-se orgulhoso e cheio de satisfação e, frequentemente dizia ao coordenador que era um grupo vencedor.

4 O que aprendemos com a experiência e o que poderá ser usado a favor da formação dos engenheiros.

O projeto interdisciplinar contribuiu com uma nova forma de o corpo docente, ao menos parcialmente, conceber o processo de ensino e aprendizagem. Parte dos professores, a partir desta e de experiências anteriores (Franzoni et al, , 2011), tem investido cada vez mais esforços no sentido de envolver os alunos com projetos inovadores. Esse esforço sujeita os professores a dialogarem e transitarem entre assuntos e conceitos que vão além de sua área de conhecimento específico.

No tangente aos alunos, prevaleceu um clima de competitividade entre o grupo migratório e o coordenador - este, num determinado momento, deixou de acreditar que o grupo seria capaz de concluir o projeto, enquanto os alunos buscavam desafiá-lo surpreendendo-o. Para tanto, os alunos tiveram que estabelecer um vínculo efetivo entre si, na direção de mostrar sua competência. O trabalho em grupo e a construção de parcerias são, sem dúvida, experiências importantes para a vida profissional do engenheiro.

Outro aspecto que deverá ser relevado se relaciona com as facilidades que grande parte dos alunos apresentou para o trabalho manual e a confecção de dispositivos, neste caso, envolvidos com o projeto. Organizar um trabalho baseado no desenvolvimento de competências, não é trivial (Perrenoud, 1999; CNE, 2002), apesar de ser este um de nossos desafios. O trabalho em grupo, quando atinge um *status* próximo de grupo operativo, tem potencial de desenvolver e destacar ainda mais as habilidades individuais. Algumas competências dos alunos passam, muitas vezes, despercebidas para o professor, preocupado com aquilo que ele acha que o aluno tem que aprender e atribuindo pouco valor a aquilo que ele quer aprender (Larrosa, 2002). No nosso caso, a satisfação com o próprio trabalho contribuiu de forma significativa para o sucesso da experiência.

No âmbito mais geral, a experiência contribuiu com o caráter inovador ao curso de engenharia, dado que a organização dos planos de curso e de aulas, elaborados pelos professores, vêm considerando a interdisciplinaridade. Também podemos destacar que os projetos interdisciplinares vêm orientando as discussões sobre os Programas de Iniciação Científica e demais trabalhos acadêmicos.

Foi possível perceber que a proposta de trabalhar com projeto, ao final, foi bastante aceita pelos alunos; ou seja, após a formação do grupo e a superação dos desafios e frustrações, o grupo se consolidou e se envolveu com o trabalho interdisciplinar. De algum modo o projeto tinha ligações com a área de formação dos alunos, e se ligava aos seus interesses.

Nossos resultados apontam para a autonomia e independência do grupo; contudo, não queremos dizer que o papel do professor no processo de condução do ensino e da aprendizagem dos alunos não é relevante.

O ponto que queremos destacar é que são vários os responsáveis pela boa formação do futuro engenheiro, entre tantos, o professor. Apesar dessa responsabilidade, cabe ao professor saber recuar e aceitar as condições do grupo. Se na experiência aqui relatada o coordenador, bem como, os professores tivessem pressionado o grupo e exigido deste respostas imediatas, muito provavelmente o projeto teria ficado aquém

do que foi desenvolvido e, até, poderia ter sido abandonado pelo grupo. Muitas vezes o professor tem que marcar presença, ou seja, deixar claro que o grupo tem um problema para resolver, mas, ao mesmo tempo, saber esperar. Agir dessa forma não é fácil para o professor, contudo, é dele o desafio de inovar, errar, re-avaliar e re-inventar. As salas de aula são, sem dúvida, um local adequado para tanto, pela cumplicidade das experiências, trocas e desafios. Assim, professores e coordenador aprenderam igualmente com a experiência.

5 Conclusões

O desenvolvimento do grupo "migratório" e das atividades por ele desenvolvidas surpreendeu, positivamente, o coordenador e professores envolvidos com o projeto interdisciplinar. No início, o grupo parecia preocupado, unicamente, em buscar formas de ter a atividade facilitada pelos professores e coordenador, quando percebeu que isso não iria acontecer, decidiu isolar-se e até, desistir do projeto. O anseio do grupo, em nosso entendimento, foi a vontade de "virar a mesa", ou seja, mostrar ao coordenador e professor que o grupo era competente; os esforços do grupo foram, então, no sentido de desconstruir a imagem que os discentes já tinha formado do grupo migratório, ou seja, que iria fracassar.

Estabelecida esta "forte razão grupal", a motivação seguinte foi identificar, no trabalho, seus potenciais individuais para a confecção de dispositivos. A partir de então, o trabalho fluiu, surpreendendo professores, coordenador e o próprio grupo de alunos.

Do ponto de vista da pesquisa, não há dúvidas de que avançar no sentido de uma avaliação mais precisa da experiência nos trará ganhos concretos; por um lado, o êxito no processo avaliatório dos professores sugerirá que eles mesmos estão se tornando mais interdisciplinares; do ponto de vista do ensino, colocará nas mãos dos alunos uma maior responsabilidade e controle sobre seus processos de aprendizagem. Uma estratégia que ajudaria muito nesse processo é a introdução de relatórios sistemáticos a serem desenvolvidos pelos alunos, de modo que estes pudessem mostrar, desde o início, seus pontos de partida e de chegada no que se refere ao conhecimento de cada disciplina envolvida e traçar diretrizes e novas estratégias de como conseguir atingi-los. Não se almeja, com isso, estabelecer pesos avaliatórios completamente iguais para cada disciplina, sequer padronizar o que os alunos deveriam apreender de cada uma delas, até por que esta é uma visão de ensino que este trabalho buscou desconstruir. Contudo, espera-se que os alunos e professores consigam se enxergar em cada projeto, bem como, que os últimos percebam nas ações dos alunos um canal de conhecimentos que pode articular novos outros.

Referências

Conselho Nacional de Educação: Resolução CNE/CES 11, de 11 Março de 2002. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf. Acesso: 20.02.2012.

Fazenda, I. C. A. (2002) Reflexões metodológicas sobre a tese: "Interdisciplinaridade – um projeto em parceria". In: FAZENDA, I. (org.). Metodologia da pesquisa educacional. 8a.ed. São Paulo: Cortez.

Franzoni, Marisa. Capovilla, Galesandro Henrique. (2010) Uma Experiência Interdisciplinar num Curso de Engenharia de Automação e Controle: A construção de um Submarino explorador. In: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE 2010), 2010, Fortaleza. Atas do XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE).

Kaes, R. (1997) O grupo e o sujeito do grupo. Elementos para uma teoria psicanalítica do grupo. Casa do Psicólogo, São Paulo, 333p.

Larrosa, J.B. (2002) Notas sobre a experiência e saber da experiência. *Revista Brasileira de Educação (ANPED)* n.19, jan/fev/mar/abr, p. 20-28

Leff, E. (2007) Epistemologia ambiental. 4a.ed. rev. São Paulo: Cortez.

Morin, E. (2005) Introdução ao pensamento complexo.Tradução de Eliane Lisboa. Porto Alegre: Sulina.

Morin, E. (1999) Articular os saberes. In: Alves & Garcia (orgs). O sentido da Escola. Rio de Janeiro: DP&A.

Perrenoud, P. (1999) Construir as competências desde a escola. Porto Alegre. Ed Artes Médicas.

Pichon-Rivière, e. (2009) *O processo grupal*. São Paulo, Martins Fontes, 6ª Ed. São Paulo, 1998. 239p.

Silva, Glauco S. Fernandes da; Villanil, A. (2009). Grupos de aprendizagem nas aulas de física: as interações entre professor e alunos. Ciência e Educação (UNESP), v. 15, p. 21-47.

Souto, M. A. (1993) Hacia una didactica de lo grupal. 1.ed. Buenos Aires: Miño y Dávila, 1993. 335p.

Vásquez. Adolfo Sanches (1997). Filosofia da práxis. Rio de Janeiro. Paz e Terra.

Vieira, E. O Sentido do Projeto Pedagógico. ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção), 2004 Disponível em http://www.abepro.org.br/saiba_mais_1.htm Acesso em 15/07/2011.

Villani, A.; Franzoni, Marisa; Valadares, Juarez Melgaço. (2008) Desenvolvimento de um grupo de licenciandos numa disciplina de prática de ensino de Física e Biologia. Investigações em Ensino de Ciências (Online), v. 13, p. 143-168.

Novas Experiências na Expansão do Programa de Educação Tutorial para Discentes de Engenharia

Christian Joezer Meirinho*, Jonathan Lopes Florêncio*, Adriano Oliveira Pires*, Gustavo Carlos Knabben*, Ronny Knoch Gieseler*, Kledson Alves*, Roger Luis Brito Zamparette*, Leandro Santos Monteiro*, André Bittencourt Leal*

* Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade do Estado de Santa Catarina, Campus Universitário Professor Avelino Marcante, 89219-710 Joinville, Brasil.

Email: cviolino@gmail.com, reddy.lopes@gmail.com, oliveira.pires@gmail.com, gustavoknabben@gmail.com, ronnygk@gmail.com , kledson.alv3s@gmail.com, rogerzamparetti@gmail.com, leandro@monteiro.eti.br , leal.ab@gmail.com

Abstract

The engineer's desired profile has been modified over time, starting to require, beyond technical knowledge, characteristics like social and environmental responsibility, dynamism and leadership, according to the 2001's Engineering Courses National Curricular Guidelines. Parallel to this perspective, Electrical Engineering PET (Tutorial Education Program) from Santa Catarina's State University grounds its research, teaching and extension activities aiming at the graduation course improvement and acting as a laboratory for new university methodologies. Among these methodologies, points out the development and expansion of activities towards the graduating students, integrating in its projects the engineering academics that are not directly part of the program. This enterprise allows them to interact with the society, exercise teaching skills and develop their technical knowledge in an applied way, giving them the opportunity for a global and special formation. The propose of this paper is to show how the Electrical Engineering PET group works in the Santa Catarina's State University in order to achieve the objectives of the Tutorial Education Program.

Keywords: tutorial education; new methodologies; expansion towards students; special formation.

1 Introdução

A função atual da universidade é formar profissionais com conhecimento técnico, responsáveis e capazes de aprender a aprender e empreender [WEIRTHEN, 2003]. Tal conceito está contido nas *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia* e é sempre almejado pelas Instituições de Ensino Superior. Todavia, vários acadêmicos saem da faculdade sem esses requisitos básicos, principalmente por causa da alta carga teórica e falta de atividades práticas, tanto sociais quanto técnicas.

O grupo PET (Programa de Educação Tutorial) surge dentro das universidades para refletir sobre o atual sistema de ensino brasileiro. Por meio de seu tutor, bolsistas e voluntários, planeja e atua em projetos de pesquisa, ensino e extensão, buscando sempre a inserção de outros acadêmicos e a melhoria da universidade em que está inserido. As ações desses grupos focam diretamente nos problemas da graduação, propondo criação de laboratórios, grupos estudantis e mudanças nas ementas do curso, causando a melhoria do curso e, por consequência, de seus próprios integrantes.

2 História do Programa

2.1 Criação

Criado em 1979, dentro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, o PET era originalmente denominado *Programa Especial de Treinamento* [MEC, 2008] e tinha como foco a formação de excelência dos bolsistas com vistas ao ingresso destes em cursos de mestrado a fim de dinamizar a pós-graduação brasileira.

Atuando como um programa de treinamento, os alunos bolsistas eram fortemente impulsionados na iniciação científica e no desenvolvimento de um conjunto de atividades voltadas para sua formação acadêmica. O resultado, segundo [MEC, 2008] é um contingente significativo de egressos qualificados em nível de doutorado e que hoje exercem a docência universitária.

Depois de diversas mudanças no cenário político nacional e no próprio contexto do *Programa Especial de Treinamento*, em 2002 o PET tem o seu nome e parte da sua filosofia alterados pelo então ministro da educação Prof. Cristovam Buarque [DANHONI & HIDALGO, 2005], passando a se chamar *Programa de Educação Tutorial*.

A partir destas mudanças, o PET passa a ser regido pelo seu manual de orientações básicas e o seu objetivo geral torna-se: ***"Promover a formação ampla e de qualidade acadêmica dos alunos de graduação envolvidos direta ou indiretamente com o programa, estimulando a fixação de valores que reforcem a cidadania e a consciência social de todos os participantes e a melhoria dos cursos de graduação"*** [MEC, 2006]. Desde então ocorreram diversas outras mudanças nas regras do funcionamento do programa, mas sua filosofia e seu objetivo geral não se alteraram, continuando a seguir as orientações descritas no referido manual.

Sob esta nova roupagem, o *Programa de Educação Tutorial* passa a se comportar como um laboratório do modelo ideal para a universidade brasileira, buscando a realização indissociável da tríade universitária: ensino, pesquisa e extensão.

2.2 Novo perfil do engenheiro

Em paralelo a todas estas mudanças do PET, é lançada em 11 de Março de 2002 a Resolução CNE/CES 11 que institui *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*, alterando os princípios básicos do ensino de engenharia no país. Dentre outros, implementa o sistema de atividades complementares e os trabalhos de conclusão de curso.

Uma grande alteração nas diretrizes curriculares está bem descrita no artigo 3º dessa resolução, que explicita a formação generalista do engenheiro e a necessidade de um perfil de egresso com atuação crítica, reflexiva e humanista, considerando os aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, atendendo às demandas da sociedade. Destaca-se também o artigo 4º desta mesma resolução, que explicita a necessidade de características básicas, como boa comunicação, atuação e trabalho em equipes, ética e responsabilidade profissional.

As *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*, instituídas em 2002, caracterizam um novo perfil para o engenheiro formado nas universidades brasileiras. Analisando cronologicamente tal fato, as mudanças ocorridas na passagem de Programa Especial de Treinamento para Programa de Educação Tutorial se deram em momento conjunto ao lançamento da Resolução CNE/CES 11, adequando, mesmo que de forma não intencional, a filosofia do programa à formação de um profissional segundo as diretrizes curriculares anteriormente citadas.

3 Programa de Educação Tutorial

3.1 O que é

Os grupos PET são constituídos por estudantes e um professor tutor que estão submetidos a algumas regras mínimas estabelecidas pelo Ministério da Educação. Diversas Instituições de Ensino Superior do país abrigam esses grupos, num sistema de parceria com o governo federal, onde a IES provê condições físicas e infraestruturais de trabalho e o governo viabiliza o apoio financeiro, de acordo com a Política Nacional de Iniciação Científica [MEC, 2008].

O Programa de Educação Tutorial é orientado pelos princípios da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão e da educação tutorial, sendo instituído pela Lei Brasileira 11.180/2005 e regulamentado pelas portarias nº 976/2005, nº 1.632/2006, nº 1.046/2007, nº 591/2009 e nº 976/2010.

As portarias apontam explicitamente quais são os objetivos do Programa de Educação Tutorial, sendo eles desenvolver atividades acadêmicas em padrões de qualidade de excelência, mediante grupos de aprendizagem tutorial de natureza coletiva e interdisciplinar, contribuir para a elevação da qualidade da formação acadêmica dos alunos de graduação, estimular a formação de profissionais e docentes de elevada qualificação técnica, científica, tecnológica e acadêmica, formular novas estratégias de desenvolvimento e modernização do ensino superior no país e estimular o espírito crítico, bem como a atuação profissional pautada pela cidadania e pela função social da educação superior.

Através do desenvolvimento de maneira articulada de ações de ensino, pesquisa e extensão, o grupo oportuniza uma formação global, tanto do petiano quanto dos demais alunos da graduação. Essas atividades extracurriculares complementam a formação acadêmica [MEC, 2006], proporcionando-lhes uma compreensão mais integral do que ocorre consigo mesmos e no mundo.

A simultânea multiplicidade de experiências adquiridas ao desenvolver as atividades do grupo contribui para evitar uma especialização precipitada. Isso possibilita ao integrante a oportunidade de conhecer diversas áreas do conhecimento ao invés de se concentrar em somente uma área de pesquisa.

3.2 Papel do Tutor

O PET, como o próprio nome demonstra, depende da tutoria de um professor da Universidade na qual o programa está inserido. Este profissional, chamado tutor, tem, entre suas atividades, planejar e supervisionar as atividades dos alunos (petianos), elaborar a prestação de contas dos recursos recebidos do MEC, entre outros, segundo a Portaria MEC nº 976, de 27 de julho de 2010, publicada no D.O.U em 28/07/2010, páginas 103 e 104.

No entanto, o papel do tutor dentro do Programa é muito mais extenso do que a descrição desses itens. O tutor tem por tarefa e objetivo junto ao programa disseminar o espírito da tutoria entre os alunos. A tutoria, diferentemente da orientação, trata de um processo de troca de conhecimento entre ambas as partes.

Neste, existe uma sinergia no sentido de troca de experiências, conhecimentos e afins, e, logo, não trata de um fluxo unidirecional. Dessa forma, o objetivo é justamente que ocorra uma interação entre tutor e tutorado, de forma que esses papéis, como colocado, não sejam evidentes. Ou seja, ambos atuem simultaneamente como tutor e tutorado.

A ideia do Programa de Educação Tutorial traz justamente esta visão: a de que todos, no fim de contas, assumam tais papéis, não restringindo essa realidade ao grupo, mas sim levando esses ideais para todo o universo no qual os envolvidos estejam inseridos.

3.3 Educação Tutorial

A Educação Tutorial enquanto conceito ainda é bastante abrangente. Neste sentido, foi criada recentemente a Sociedade Brasileira de Educação Tutorial, que organizou o I Congresso Brasileiro de Educação Tutorial, ocorrido no Rio de Janeiro. Todas essas ações partem do intuito de desenvolver os conceitos a cerca deste tópico.

Conforme comentado no Papel do tutor, a educação tutorial visa a uma troca constante e bidirecional de conhecimento. Enquanto na orientação costuma-se ocorrer um fluxo de saber exclusivamente do orientador para o orientado, a tutoria trata principalmente da fluência de conhecimento entre os tutorandos e tutor.

Logo, esse conceito vem trazer uma visão mais ampla e até mesmo uma alternativa à educação clássica, onde existe um detentor de conhecimento, o professor, que repassa o conhecimento aos alunos, que, na raiz latina da palavra, trata de pessoas "sem luz", podendo ser compreendido como sem conhecimento, *a lumni*.

Envolvendo mais alunos da graduação e da comunidade em que a universidade e o grupo estão inseridos, tenta-se levar esse conceito a mais pessoas, demonstrando uma alternativa ao modelo de ensino vigente, considerando que o grupo proporciona um ambiente único de experimentação de um conceito, onde todos são regidos e tem como tarefa disseminar o ideal da Educação Tutorial.

3.4 PET Engenharia Elétrica

O PET Engenharia Elétrica é um grupo que faz parte do Programa de Educação Tutorial. O grupo nasceu em Agosto de 1994 com apenas quatro integrantes, e atualmente é formado por 15 graduandos da 3ª à 9ª fase do curso de Engenharia Elétrica e por um professor tutor, docente do mesmo curso.

O grupo atua em diversos projetos dentro e fora da universidade, buscando conciliar a filosofia do Programa de Educação Tutorial, onde temos a tríade ensino, pesquisa e extensão, com conhecimentos de gestão de projetos e de pessoas na busca da realização de suas atividades. São desenvolvidas também atividades internas em cinco Grupos de Trabalho (GTs): GT Administração, com o objetivo de manter a estrutura e o funcionamento ambiente de trabalho, aplicando ferramentas da qualidade; GT Comunicação, visando a manter um sistema de comunicação eficiente e atrativo entre os integrantes do grupo, egressos e outros PETs, além de divulgar as atividades do grupo à Universidade e sociedade; GT Controle, que faz o gerenciamento de finanças, publicações, eventos e concursos que envolvam a participação do PET Engenharia Elétrica e também trabalha no controle do cumprimento de metas pré-estipuladas no planejamento estratégico; GT Planejamento e Projetos, com responsabilidades de cunho estratégico e organizacional, desenvolvendo o planejamento estratégico do grupo e analisando os projetos que mais se adequam para o cumprimento das metas; e GT Treinamento e Integração, que, através de diversas ações, promove uma formação ampla e homogênea entre os integrantes do grupo e os demais acadêmicos do curso.

Durante esses anos de existência, o grupo tem desenvolvido uma relação de protocooperação com seus membros e com os projetos no qual se envolve. Assim, todos os integrantes e a comunidade acadêmica vêm ganhando, obtendo uma melhor qualificação através do aprendizado, com a filosofia de crescimento coletivo e fomento à capacitação que o grupo PET busca em suas atividades.

O PET Engenharia Elétrica tem realizado diversos trabalhos que geram a melhoria da qualidade do curso de graduação, como a Semana da Engenharia Elétrica que, realizada em parceria com o Centro Acadêmico de Engenharia Elétrica (CADEE) e o Departamento de Engenharia Elétrica (DEE). Nela, são organizados palestras, minicursos e também uma exposição tecnológica. Contribuindo para as aulas práticas, tem-se desenvolvido projetos de ensino que trazem melhorias aos laboratórios, além de desenvolver material de apoio para os mesmos, como roteiros dos experimentos.

O grupo tem desenvolvido atividades de extensão, gerando melhorias efetivas na sociedade e proporcionando a difusão dos conhecimentos desenvolvidos na Universidade. As ações de extensão procuram conscientizar a população quanto ao consumo de energia, trazer auxílio nos estudos de física e matemática nas escolas públicas e mostrar novas tecnologias através de exposições em praças e escolas, dentre outras ações que serão pontuadas neste artigo.

A mais recente estrutura do grupo PET Engenharia Elétrica visa a formar profissionais diferenciados dentro do âmbito acadêmico. A nível individual, isso implica em tornar o acadêmico ativo em sua própria formação. Um dos grandes problemas da formação universitária dos engenheiros advém do fato de que os alunos, em geral, acreditam que o conhecimento pode ser apenas repassado dos professores para eles em uma única via [LAMBERT *et al*, 2011].

De uma forma macro busca-se, além de oferecer locais didáticos de maior qualidade, oportunizar aos alunos um espaço para que os mesmos possam desenvolver sua criatividade e sua vontade de aprender mais sobre todas as atividades que englobam a engenharia.

3.5 Efeito multiplicador e formação homogênea

Grande parte das atividades do grupo é desenvolvida visando ao efeito multiplicador, que tem o objetivo de se passar adiante todo conhecimento obtido para que mais pessoas possam adquiri-lo, gerando uma multiplicação do mesmo e expandindo-o para cada vez mais pessoas.

Uma ideia semelhante à vista acima é desenvolvida dentro do grupo com o objetivo de que todos tenham uma formação homogênea. Essa ação é desenvolvida através de minicursos e palestras internas, homogeneizando o conhecimento dentro do grupo, que os repassa à graduação e à sociedade.

3.6 Trabalho com o Corpo Docente

O grupo tem executado seus projetos de ensino e extensão com cada vez mais estudantes da graduação envolvendo-se [STEIN *et al,* 2011] e, com a expansão na quantidade de projetos e de participantes nestes, mais professores tem engajando-se a desenvolver, juntamente com os integrantes do PET e estudantes da graduação, ações de ensino e extensão.

O envolvimento dos discentes nesses projetos, quando coordenados internamente por petianos ou pelo tutor do grupo, tem proporcionado a eles um maior contato com a Educação Tutorial.

O envolvimento dos docentes tem feito com que, através do trabalho com os integrantes do grupo, esses professores desenvolvam tal característica tutorial, ao trabalhar em parceria com os discentes. Essa quebra na distância entre estudantes e professores traz mais frutos, pois o trabalho tutorial promove a integração entre seus participantes.

4 Ações do Grupo – Estudos de Caso

4.1 i9 – Núcleo Estudantil de Inovação Tecnológica

O i9 – Núcleo Estudantil de Inovação Tecnológica é uma das iniciativas do grupo PET Engenharia Elétrica da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC. Foi criado oficialmente em 26/04/2010, Dia Internacional da Propriedade Intelectual, com o objetivo de fomentar a disseminação do espírito inovador principalmente entre os alunos dos cursos do Centro de Ciências Tecnológicas - CCT da UDESC, seus egressos e as empresas de base tecnológicas localizadas próximas à instituição, na região norte de Santa Catarina [PIRES *et al*, 2010].

Atualmente, o grupo conta com treze membros - onde somente cinco estão vinculados ao Programa de Educação Tutorial - que estudam e repassam conceitos de inovação e propriedade intelectual, além de organizar palestras, minicursos e concursos. O grupo conta ainda com dois professores que auxiliam nas atividades do núcleo, onde um deles é o tutor do grupo PET Engenharia Elétrica da UDESC.

Do ponto de vista dos acadêmicos da UDESC, é possível verificar a efetividade das ações do grupo de uma maneira qualitativa, observando a evolução clara da disseminação do conceito de inovação e

empreendedorismo através da publicação de notícias e divulgação dos concursos e eventos na área de inovação. De uma maneira quantitativa pode-se citar o grande número de acessos do website do grupo que, em menos de dois anos, já passa dos vinte mil, distribuindo-se entre os mais de cento e noventa *posts* relacionados ao tema "Inovação Tecnológica".

Uma das atividades mais importantes que o grupo realizou em 2011 foi o I Concurso UDESC-CCT de Inovação Tecnológica, que distribuiu R$ 9000,00 em prêmios e contou com a participação de treze equipes, contando inclusive com a participação de acadêmicos de outras universidades.

Esse evento estimulou os acadêmicos a refletir sobre inovação e mercado, além de fazer com que as seis equipes finalistas construíssem seus protótipos para avaliação.

O concurso foi um sucesso, tanto pelas pessoas atingidas quanto pelo fato de quatro dos seis finalistas estarem participando do Programa Catarinense de Incentivo ao Empreendedorismo, o "Sinapse de Inovação". Neste, caso sejam escolhidos, terão subsídios para abrir sua própria empresa.

Em paralelo ao Concurso de Inovação Tecnológica, o i9 também promoveu a I Semana UDESC-CCT de Inovação Tecnológica entre os dias sete e onze de novembro, com a presença de palestrantes do INPI, polos tecnológicos e de empresas da região relacionadas com a área. Durante a semana também foram apresentados os protótipos desenvolvidos pelos finalistas do I Concurso UDESC-CCT de Inovação Tecnológica, bem como o resultado das avaliações divulgados na cerimônia conforme a Figura 1, abaixo.

Estima-se que tenham sido atingidas, ao longo da semana, trezentas e quarenta e cinco pessoas.

Figura 26: Cerimônia de premiação do I Concurso de Inovação Tecnológica (foto por Amanda Beloli, 2011).

4.2 Ciclo de Treinamentos

Muitos acadêmicos do curso de graduação possuem conhecimentos que, embora importantes para um profissional formado, não são repassados na atual estrutura educacional professor-aluno. Para que esse conhecimento não permaneça isolado em alguns indivíduos, o grupo PET organiza eventos para que eles possam repassar sua experiência para outros através de minicursos.

Além disso, e, mais importante que apenas organizar e desenvolver alguns minicursos isolados na graduação, o Ciclo de Treinamentos tem um caráter expansionista e de renovação. Os ministrantes são responsáveis por escolher algum aluno interessado e auxiliá-lo para que este seja o responsável pelo minicurso em oportunidades futuras. Dessa forma, garante-se que o conhecimento diferenciado cabido a um aluno permaneça entre os outros graduandos. Com isso, o grupo PET fomenta a criação de pequenos núcleos de ensino tutorial entre os ministrantes dos minicursos e os participantes dos mesmos. Em 2012, já foi realizado um evento onde ocorreram seis minicursos, sendo um deles o de Fundamentos de Eletrônica, apresentado na figura 2.

Figura 27: Minicurso de Fundamentos de Eletrônica (foto por Kledson Alves, 2012).

O Ciclo de Treinamentos está atualmente em sua segunda fase, ou seja, os novos ministrantes já estudaram a fundo o que os seus tutores passaram e agora estão prontos para ministrar vários minicursos sobre os temas estudados, fazendo assim com que o ciclo continue.

4.3 Assistiva

"Para as pessoas sem deficiência, a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para as pessoas com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis". Uma citação da pesquisadora Mary Pat Radabaugh, somada à importância que tem sido dada às ações que envolvem acessibilidade no atual contexto nacional, dá razão à criação do projeto Assistiva - Tecnologia para a Inclusão Social.

O grupo Assistiva é formado por dez discentes e cinco docentes do curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC. Dentre os participantes, seis são integrantes, um é egresso e um é tutor do grupo PET Engenharia Elétrica.

Por meio do desenvolvimento de soluções tecnológicas e através de estudos e análises da necessidade de deficientes físicos e idosos, o Assistiva busca minimizar as dificuldades cotidianas dessas pessoas. O projeto conta com a participação de entidades relacionadas à área da saúde que fazem uso da Tecnologia Assistiva (TA), no intuito de integrar os equipamentos desenvolvidos na universidade com as atividades terapêuticas rotineiras realizadas com os deficientes e idosos, de maneira a causar o menor transtorno e a melhor adaptação possível.

Dentre as tecnologias em desenvolvimento, cita-se a construção de uma panela elétrica para modelamento de órteses, tendo em vista a grande necessidade de tal equipamento nas associações que cuidam de deficientes ou idosos e o elevado custo do mesmo; a construção de um dispositivo estimulador do cognitivo de paralíticos cerebrais, proporcionando uma maneira mais prática e versátil de estimular o raciocínio de pessoas portadoras de paralisia cerebral; e a motorização de uma cadeira de rodas, visando o baixo custo e a facilidade na operação pelo deficiente físico. Deve-se destacar que a cadeira de rodas motorizada compõe um trabalho de conclusão de curso de um graduando de Engenharia Elétrica da UDESC a ser desenvolvido em parceria com o Assistiva.

Não há até então resultados significativos a serem apresentados em virtude da recente idealização do projeto, no segundo semestre de 2011, e criação do mesmo, no primeiro semestre de 2012. Todavia, percebe-se um elevado potencial em inserir temas relacionados à TA na graduação. Isso se dará por meio da promoção de palestras e da inserção do tema no desenvolvimento de protótipos nos projetos finais das disciplinas de Aplicações Avançadas de Microcontroladores (AAM) e Sistemas Digitais Microprocessados (SDM). Estima-se que trinta discentes serão atingidos com a realização dessas atividades.

Prevê-se também a criação de um Website onde serão postadas soluções tecnológicas para algumas dificuldades de deficientes, além de notícias sobre TA, envolvendo um maior público ao projeto, tanto dentro como fora da universidade.

Além disso, a criação do grupo Assistiva promove uma melhoria efetiva no curso de Engenharia Elétrica da UDESC, pois agora a universidade dispõe oficialmente de um grupo de alunos responsável por aplicar os conhecimentos da engenharia no desenvolvimento de soluções para acessibilidade, um tema de grande apelo social (14,5% da população brasileira é portadora de alguma deficiência [IBGE, CENSO 2000]). Nota-se que três estudantes efetivamente envolvidos com o Assistiva não são integrantes do grupo PET Engenharia Elétrica e sim graduandos do mesmo curso na condição de bolsistas ou voluntários. Busca-se aumentar o número de bolsistas e voluntários e diminuir a quantidade de Petianos envolvidos no projeto, com o intuito de tornar o Assistiva uma atividade independente do grupo PET.

No que se refere à extensão universitária, serão realizadas visitas às associações de deficientes físicos parceiras no projeto, buscando num primeiro momento identificar as dificuldades das pessoas atendidas nas associações e posteriormente testar a solução desenvolvida. Essa atividade proporciona aos integrantes do Assistiva e aos terapeutas e deficientes das associações uma válida troca de saberes e transformação de indivíduos.

4.4 PET na Escola

No Brasil, há algum tempo que alunos egressos do ensino médio estão pouco interessados em cursar engenharia, o que se evidencia pela notável falta de engenheiros que possam suprir a demanda industrial brasileira. Márcia Telles (2009) apresenta a destoante diferença nos números brasileiros e de outros países: "O Brasil tem hoje cerca de 600 mil engenheiros registrados [...]. Isto equivale a seis profissionais para cada mil trabalhadores. Nos Estados Unidos e no Japão, essa proporção é de 25 para cada grupo de mil pessoas economicamente ativas." Isso se deve, em grande parte, à aversão por parte dos alunos com relação às disciplinas de ciências exatas, tais como física, química e matemática. Por consequência, há uma busca maior por carreiras que não estejam muito ligadas a essa área.

"No convívio com os alunos, percebe-se, empiricamente, o fenômeno da rejeição que ocorre quando se deparam com a disciplina de Matemática. Em todos os níveis de ensino, desde o aluno que ingressa nos primeiros anos, até o ensino superior, encontramos esta rejeição na afirmação de que a Matemática é difícil." [TATTO & SCAPIN, 2004].

Buscando mudar esse quadro na cidade de Joinville, o grupo PET Engenharia Elétrica da UDESC passou a desenvolver algumas atividades com objetivo de despertar o interesse de alunos de ensino médio com a área de engenharia, em especial a engenharia elétrica. Essas atividades culminaram na criação do projeto de extensão PET na Escola. A ação de extensão tem por objetivo levar às escolas um pouco do cotidiano do engenheiro eletricista, mostrando que a engenharia pode ser divertida e instigadora. Dessa forma, espera-se mudar a visão dos alunos sobre a mesma.

O projeto se divide em duas vertentes, sendo uma a apresentação da robótica móvel aos alunos do primeiro ao terceiro ano do ensino médio através do KIT LEGO® MINDSTORMS® NXT, e a outra a apresentação, para o terceiro ano do ensino médio, de experimentos de física como "Associação de resistores", "Confecção de um eletroscópio artesanal", "Cálculo da velocidade da luz com um micro-ondas", entre outros. Além dos integrantes do PET, essas ações contam com a participação de voluntários e bolsistas da graduação que participam ativamente do processo de organização e execução das atividades. Em 2012, três destes alunos estarão envolvidos nestas ações extensionistas.

Até 2011, mais de 200 alunos participaram das atividades do projeto. Este número pretende ser aumentado consideravelmente em 2012 através da expansão das atividades com a participação dos alunos em competições de robótica móvel e com o aumento do número de parcerias entre a universidade e as escolas da região. Dentre os alunos do ensino médio que participaram das aulas de física, é interessante destacar que uma das alunas é agora aluna do curso de matemática e voluntária do projeto i9 - Núcleo Estudantil de Inovação Tecnológica.

Figura 28 - Alunos do colégio Jandira D'Ávila participando de uma oficina de robótica (foto por Jonathan Florêncio, 2011).

4.5 Ciência ao Alcance de Todos

A sociedade brasileira encontra muitos problemas relacionados à exclusão digital. Os avanços científicos ocorridos desde o início do século XX propiciaram uma grande revolução tecnológica, o que trouxe muitas facilidades ao ser humano. Em contrapartida, surge uma camada social "marginalizada", a qual não possui

meios de usufruir desses benefícios. Além disso, percebe-se claramente que, em cursos de ciências exatas (como as Engenharias em geral), existe uma sobrecarga de teoria e pesquisa em detrimento de ações sociais e extensionistas.

Buscando agir nesses dois pontos críticos, o projeto intitulado "Ciência ao Alcance de Todos" encabeça ações que visam a integrar academia e sociedade, ajudando a disseminar os conhecimentos relacionados à Engenharia Elétrica à agremiação local.

Em sua ações envolvem-se não apenas petianos, mas vários bolsistas e voluntários da graduação, a fim de que a sensibilização causada pelo projeto atinja um número maior de futuros engenheiros e, dessa forma, valores sociais e altruístas sejam implantados em seus participantes.

O projeto foi escrito inicialmente em 2010 e submetido ao Edital de Extensão da Universidade do Estado de Santa Catarina. Suas atividades iniciaram em março de 2011 com um foco bem definido: mostras de tecnologia ao público externo. Tais mostras foram efetuadas em locais como escolas públicas e privadas, chegando ao ápice ao realizar um evento em praça pública.

No decorrer do projeto, especialmente no momento de realizar as feiras, era visível a sensibilização dos participantes pelo interesse do público externo. A comunidade chegava aos locais das apresentações e mostrava-se maravilhada com as coisas que, aos olhos dos estudantes de engenharia, aparentavam ser simplórias. Um braço robótico, um placar eletrônico, um robô de sumô e um protótipo de geladeira utilizando células Peltier são alguns exemplos de projetos que encantaram quem atendeu aos eventos.

Um fato ocorrido que merece destaque e ilustra bem o propósito do projeto: em uma das feiras realizadas, na Escola Estadual Léa Maria Aguiar Lepper, um aluno do 6º ano do ensino fundamental entrou na sala de aula e ficou encantado pelo kit NXT da LEGO® que havia sido levado para exibir a robótica de uma forma simplificada. O garoto ficou várias horas próximo do stand, ouvindo a explanação dos projetos aos demais. Ao fim da manhã, ele traz à sala seu amigo, detentor de necessidades especiais. Surpreendentemente, a presença dos palestrantes já não se fazia mais necessária: aquele aluno explicou ao seu colega cadeirante, de uma maneira esplêndida, o funcionamento de cada um dos dispositivos do stand.

5 Conclusão

As ações do grupo PET Engenharia Elétrica dentro da Universidade do Estado de Santa Catarina tem apresentado bons resultados quantitativos e qualitativos. Esses resultados estão relacionados a atividades que apresentam aspectos da tríade ensino, pesquisa e extensão, que traz em suas características o perfil contemporâneo do engenheiro que é apresentado pela resolução CNE/CES 11. O aluno que participa das atividades do grupo PET, sendo ele integrante do grupo ou não, desenvolve naturalmente aptidões técnicas, responsabilidade social e ambiental, capacidade de argumentação e de transmissão de conhecimento, entre outros.

O envolvimento dos alunos e professores da graduação nas atividades do PET tem gerado frutos. O contato destes com a educação tutorial e com ensino, pesquisa e extensão tem gerado uma continuidade nas atividades da universidade. Prova disso é que alguns dos estudantes que participaram de projetos de Ensino do PET em oportunidades passadas, hoje, por iniciativa própria, iniciaram um projeto de extensão, sob a coordenação de um docente que não estava envolvido nos projetos do PET. Esse projeto consiste em levar a empresas o aprendizado sobre CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) adquirido na universidade para pessoas que não tem esta informação, colocando em atividade o efeito multiplicador do conhecimento. Outro caso, comentado no projeto PET na Escola, é o da aluna de ensino médio que passou de público alvo de uma ação extensionista para participante de um grupo de inovação dentro da Universidade.

A filosofia do grupo PET procura o desenvolvimento e melhoria da graduação e da universidade em paralelo ao desenvolvimento de seus integrantes. Ao expandir essa filosofia para além das portas do grupo, é possível desenvolver nos acadêmicos e professores da universidade o conceito da importância dessa formação diferenciada. Isso acaba se tornando um ciclo onde, idealmente, espera-se chegar a um ponto no qual todos os professores da universidade realizam atividades de ensino, pesquisa e extensão e instigam seus alunos a também se envolverem nesse ambiente.

References

Lambert, G., Zamparette, R. L. B., Gieseler, R. K., Sanches, G. S. (2011). Grupo Estudantil de Robótica Móvel UDESC-CCT. In: XXXIX COBENGE – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau - SC.

IBGE, censo 2010, disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/27062003censo.shtm. Acesso em: 27 de março de 2012 às 19:15.

Telles, Márcia. (2009). Brasil sofre com a falta de engenheiros. Revista Inovação em Pauta, n. 6, 11-15.

Tatto, F., Scapi, I. (2004). Matemática: Por que o nível elevado de rejeição?. Revista de Ciências Humanas, n. 5.

Stein, F.G., et al. (2011). A Experiência da Integração de Acadêmicos nos Projetos do Grupo PET Engenharia Elétrica – UDESC-CCT. In: XXXVIII COBENGE - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Blumenau-SC.

WEIRTHEN, Jorge. Seminário: Universidade: Por que e Como Reformar? MEC/SESU, 2003.

Pires, Adriano O. OLIVEIRA, Dênis S. CUNHA, Cleberson C. SCHMIDT, André C. LEAL, André B.(2010). i9 – Núcleo de Inovação Tecnológica. In: XXXVII COBENGE - Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Fortaleza-CE.

Radabaugh, M. P. In National Council on Disability Report (1993, March 4). Study on the financing of assistive technology devices and services for individuals with disabilities: A report to the President and the Congress of the United States, (p. 1). Washington, DC: National Council on Disability. Em http://www.ncd.gov/publications/1993/Mar41993. Acessado em 12 de março de 2012 às 15:20 .

MEC, Ministério da Educação. Manual de Orientações Básicas do PET. 2006.

MEC, Ministério da Educação. PET Programa de Educação Tutorial: estratégia para o desenvolvimento da graduação. Brasil Tropical, 11–21. 2008.

Neves, Marcos C. D., Hidalgo, Miriam M. (2005). Reinventando a graduação – Os grupos do Programa de Educação Tutorial (PET) da UEM. Massoni, 11-19.

Brasil (2010). Portaria MEC n° 976/2010. Diário Oficial da União – República Federativa do Brasil, Brasília, 103-104. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12227:programa -de-educacao-tutorial-pet&catid=232:pet-programa-de-educacao-tutorial>. Acesso em: 12 de março de 2012 às 14:10.

Brasil (2002). Resolução CNE/CES 11. Diário Oficial da união, Brasília, 1-2.
Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>. Acesso em 13 de março de 2012 às 18:50.

Estruturação de uma Metodologia de Avaliação do Processo de Ensino/Aprendizagem das Disciplinas de Projeto de Sistemas de Produção do Curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília

Filipe Henrique S. Santos*, Marcelo A. Vilhena*, Marco Kling*, Simone Borges S. Monteiro*, João Carlos Félix Souza*, Edgard Costa Oliveira*, Márcia Longen Zindel*

*Curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília *Campus* Universitário Darcy Ribeiro, Brasília - CEP 70910-900, Brasília, Brasil

Email: filipe.santos@cts-tec.com.br, marcelovilhena@aluno.unb.br, marco.kling@gmail.com, simoneborges@unb.br, jocafs@unb.br, ecosta@unb.br, marcialz@unb.br

Abstract

The proposal of the Production Engineering undergraduate course of the University of Brasilia (UNB) aims to prepare the engineer to meet the present market needs, that points to growing demand for professionals with a project management (PM) profile. Moreover, the disciplines of Production Systems Project (PSP) are directed to the education of a professional who is able to perform these PM activities. This article aims to promote an overall reflection about the evaluation methodology applied in the PSP subject matter, embracing both the processes of teaching and learning related to these courses. This methodology will be developed through the use of Multiple Criteria Decision Analysis tools (MCDA), more specifically the AHP (Analytic Hierarchy Process) method. In the future the evaluation methodology will serve as an input to the optimization of the teaching/learning process inherent to this Production Engineering undergraduate course.

Keywords: Production Engineering, Project Management, Multiple Criteria Decision Analysis.

Resumo

A proposta do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília (UnB) visa preparar o engenheiro para atender às necessidades do mercado atual, no qual verifica-se uma demanda crescente por profissionais com o perfil para gerenciamento de projetos. Neste sentido, as disciplinas de Projetos de Sistemas de Produção (PSP) são direcionadas para a formação de um perfil profissional que atenda a esta necessidade. Este artigo tem como objetivo promover reflexões sobre a estrutura de uma metodologia de avaliação do processo de ensino/aprendizagem das disciplinas de PSP. Essa metodologia será desenvolvida com a aplicação da análise multicritério, especificamente o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). Posteriormente, a metodologia de avaliação servirá como *input* para a melhoria do processo de ensino/aprendizagem no curso de Engenharia de Produção.

Palavras-chave: Engenharia de Produção, Gerenciamento de Projeto, Análise Multicritério.

1 Introdução

Segundo Costa et al (2010), a formação do engenheiro do século XXI deve contemplar aspectos como: sólidos conhecimentos em ciência e tecnologia; visão sistêmica e de interface entre os ramos das engenharias; estímulos à capacidade de propor e resolver desafios e problemas complexos, e necessidade constante de atualização, aspectos estes que não são facilmente desenvolvidos com os currículos tradicionais de engenharia.

No sentido de atender a estes requisitos atuais, o curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília (UnB) apresenta uma proposta pedagógica inovadora. O conjunto de disciplinas denominados Projetos de Sistemas de Produção (PSPs) com 7 versões (PSP1 a PSP7) constitui uma interligação do núcleo conceitual com o Projeto de Graduação, sempre buscando soluções para problemas reais em temas da atualidade e vínculo com disciplinas tradicionais do curso (Silva et al, 2011 e Lima et al, 2012).

As disciplinas de PSPs irão desenvolver no aluno além das competências técnicas, competências transversais, que tem como características habilidade de comunicação, desenvolvimento pessoal, trabalho em equipe, gestão de projetos etc. A metodologia utilizada nas disciplinas de PSPs se baseiam na abordagem Project-Based Learning (PjBL), um método de aprendizagem diferente do método tradicional, onde os alunos participam ativamente do processo de aprendizagem.

Esta pesquisa objetiva criar um modelo de avaliação que permita medir a eficácia desse novo processo de ensino-aprendizagem que utiliza a abordagem Project-Based Learning (PjBL).

Este artigo está dividido em seis seções. Além da introdução, a seção seguinte apresenta uma revisão bibliográfica de conceitos que serão utilizados na pesquisa. A terceira seção apresenta e explica a metodologia da pesquisa utilizada. A quarta seção contextualiza a aplicação do projeto de avaliação, a árvore de decisão e seus critérios, considerando as competências técnicas e transversais. Na quinta seção apresentam-se alguns resultados preliminares, e na sexta seção as conclusões finais e sugestões para melhoria do modelo.

2 Revisão Bibliográfica

Esta seção apresenta conceitos que serão utilizados ao longo da pesquisa concernentes a metodologias de aprendizagem (PjBL; gestão de projetos em engenharia e modelos auxiliares para definição de critérios de avaliação (MCDA e AHP).

2.1 Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL)

De acordo com Lima et al.(2007), o modelo adotado atualmente pela maioria de instituições de ensino, alcunhado tradicional, apresenta um ensino modular concentrado na aquisição de informação formal. Tal modelo esbarra em problemas indesejáveis para o atual mercado de engenharia, pois forma majoritariamente alunos despreparados para conectar conteúdos de diferentes disciplinas, para trabalhar em equipe, para resolver problemas de maneira criativa ou para resolver problemas complexos que envolvam fatores sociais, econômicos, legais e técnicos.

Surge como alternativa a esse modelo, o conceito Project-Based Learning – PjBL – ou Aprendizagem baseada em Projeto. Neste, o aluno é apresentado a uma situação, de onde deve derivar um problema e resolvê-lo por si ou em um grupo de estudantes. O educador assume um papel de orientador, menos autoritário, e os alunos, mais motivados, assumem papéis mais próximos aos esperados pelo mercado, desenvolvendo precocemente competências como a capacidade de delineamento de problema e de trabalho em grupo.

O mercado atual demanda engenheiros com profundo conhecimento técnico, habilidade de comunicação, habilidade de trabalho em equipe, formação multi-disciplinar e habilidade para lidar com os desafios impostos pela gestão de projetos. Em decorrência disso, novas metodologias de ensino tem sido utilizadas nos cursos de engenharia, em particular, a aprendizagem baseada em projetos.

A metodologia baseada em projetos promove a aprendizagem através da participação do aluno em equipes de projetos. O guia PMBOK® PMI (2000) define um projeto como **"**um empreendimento que se caracteriza por ser evento temporário e ter um objetivo único e bem definido. Dessa forma, um projeto deve ser desenvolvido durante um período pré-definido de tempo para a entrega de um produto com características únicas**"**.

Os projetos desenvolvidos pelos alunos envolvem a execução de tarefas complexas que são baseados em questões desafiadoras ou problemas. Tais projetos oferecem oportunidade de trabalhar de forma autônoma por um determinado período de tempo.

Os projetos envolvem alunos em design, resolução de problemas, tomada de decisão e atividades de investigação.

Segundo Sole e Scharader (2008), a aprendizagem baseada em projetos é uma metodologia de ensino que prepara os alunos para o mundo real através de um processo ativo que, promove o pensamento crítico, resolução de problemas, trabalho em equipe,habilidade de negociação e responsabilidade pela própria aprendizagem.

Tarricone e Luca (2002) acreditam que os atributos mais importantes para o sucesso de uma equipe de projeto consistem em: compromisso com o sucesso da equipe e compartilhar objetivos; interdependência; competências interpessoais; comunicação aberta e *feedback* positivo; composição da equipe apropriada; compromisso com os processos de equipe, liderança e responsabilidade.

2.2 Gestão de Projetos em Engenharia

Em função do contexto globalizado atual, onde as buscas pela excelência operacional e pela qualidade se tornam grandes desafios organizacionais, as atividades de gestão de projetos vêm adquirindo cada mais relevância. Kerzner (2009) destaca que desde os anos 90, a implementação da gestão de projetos deixou de ser uma escolha e passou a ser uma obrigação para as empresas que buscam uma consolidação no mercado econômico. Por conta disso, a demanda pelo profissional responsável por gerenciar tais atividades vem crescendo constantemente nas organizações.

O papel do gerente de projetos exige diversas habilidades e competências do profissional que for desempenhá-lo. Com base em Mishra (2006), verifica-se que o gerente de projetos tem a função de coordenar os diversos recursos e esforços produtivos, fornecendo a estes o direcionamento necessário para se atingir os objetivos do negócio. Neste contexto, destaca-se a imprescindível capacidade desse profissional de conseguir visualizar o projeto de forma holística, mas, ao mesmo tempo, conseguindo fazer com que todos os seus subcomponentes trabalhem em conjunto para o bom funcionamento do macro sistema em que estão inseridos.

O perfil do engenheiro, por sua vez, se assemelha ao do gerente de projetos em diversos aspectos. Durante toda a sua formação acadêmica, o engenheiro é exposto a problemas constantemente dinâmicos, com o objetivo de desenvolver a melhor solução para estes. De acordo com Marin-Garcia *et al* (2008), o engenheiro precisa ser capaz de diagnosticar um problema, analisá-lo, definir as melhores soluções viáveis e coordenar os diversos recursos envolvidos no sistema para implementação da solução escolhida. Desta forma, verifica-se que o próprio direcionamento do curso de engenharia estimula o desenvolvimento de competências essenciais para o desempenho da função de gestão de projetos e o engenheiro possui uma formação que, naturalmente, estimula a capacitação de diversas habilidades exigidas para um gerente de projetos, tornando-o um potencial profissional nesta área.

2.3 MCDA (*Multiple Criteria Decision Analysis*)

A Multiple Criteria Decision Analysis (MCDA), conhecido também por Multiple Criteria Decision Making (MCDM), é uma disciplina que estuda métodos e procedimentos para auxiliar na tomada da melhor decisão diante de múltiplos critérios que envolvem um problema em um determinado ambiente (Kou et al, 2010). A MCDA é uma disciplina da Pesquisa Operacional que por sua vez é uma das áreas da Engenharia de Produção. A metodologia consiste na estruturação e ponderação de critérios com o objetivo de oferecer suporte aos tomadores de decisões, apesar de toda a matemática envolvida na metodologia, nem sempre existe apenas uma solução ótima para determinados problemas, dessa forma, torna-se necessário a opinião externa e preferências do tomador de decisão. Além da matemática, a MCDA baseia-se em diversas outras áreas de conhecimento, entre elas pode-se destacar: Sistemas de Informação; Engenharia de Software; Economia e Teoria da Decisão Comportamental.

2.3.1 AHP (*Analytic Hierarchy Process*)

Dentre os diversos métodos contidos na MCDA, é interessante destacar o AHP (Analytic Hierarchy Process), ou processo analítico hierárquico, ferramenta escolhida para ponderação dos critérios na avaliação da metodologia dos PSPs. Com base em Vargas (1989), é possível definir o AHP como uma técnica estruturada para analisar e apoiar tomadas de decisões complexas. Em uma primeira etapa da metodologia, o tomador de decisão decompõe os critérios em uma estrutura hierárquica, facilitando a visualização do problema e a relação entre os critérios, possibilitando a avaliação individual de cada um deles. Posteriormente é realizada uma comparação entre os critérios de mesmo nível, sempre se baseando nas fontes concretas de informação referentes a cada critério e também no julgamento humano. Na etapa final da metodologia os valores comparativos, por meio da matemática, são convertidos em valores numéricos normalizados, tornando possível a comparação entre os diversos níveis hierárquicos de maneira consistente, processo que resulta em uma ponderação final das alternativas apresentadas.

3 Metodologia e Estruturação da Pesquisa

A pesquisa contempla um estudo de caso do curso de Engenharia de Produção da UnB, e utiliza como técnica para coleta de dados a aplicação de questionários aos alunos, professores e *stakeholders*. A abordagem metodológica pode ser classificada como qualitativa quanto à identificação dos critérios que irão compor o processo de avaliação dos PSPs, e quantitativa ao se utilizar análise multicritério no tratamento dos dados (fase de estruturação; identificação dos critérios avaliativos; fase da avaliação e fase de elaboração de recomendações).

A pesquisa está estruturada da seguinte forma: foram levantados os macrocritérios que devem compor o processo de avaliação dos PSPs. Dois dos macrocritérios (entregas e competências transversais) foram subdivididos em subcritérios e serão analisados conforme suas ponderações mediante opiniões dos *stakeholders*. Posteriormente, haverá uma explosão do terceiro macrocritério que se refere às competências técnicas. O objetivo de se estabelecer subcritérios é de equalizar o processo de avaliação em todos os PSPs para que sejam avaliados conforme estes subcritérios. Posteriormente, a pesquisa irá definir uma forma de se avaliar o processo como um todo, a fim de investigar se o processo de ensino-aprendizagem com base na

abordagem PjBL está sendo eficiente. A seção 3.1 apresenta a contextualização da pesquisa, e a seção 3.2 apresenta a estruturação do modelo de avaliação do processo dos PSPs.

3.1 Contextualização da Pesquisa

Esta pesquisa tem como objetivo criar um modelo de avaliação para o processo dos Projetos de Sistemas de Produção (PSPs). O processo é composto de 7 PSPs e cada PSP está vinculado a uma ou mais disciplinas âncoras, que são as disciplinas de conteúdo técnico e serão a base do desenvolvimento do projeto. A proposta da criação de um modelo de avaliação irá propiciar a padronização do critério de avaliação para os PSPs a fim de que se possa mensurar a evolução dos PSPs ao longo do tempo. A figura 1 ilustra o nível de aprendizagem desejado para o aluno no processo de aprendizagem dos PSPs.

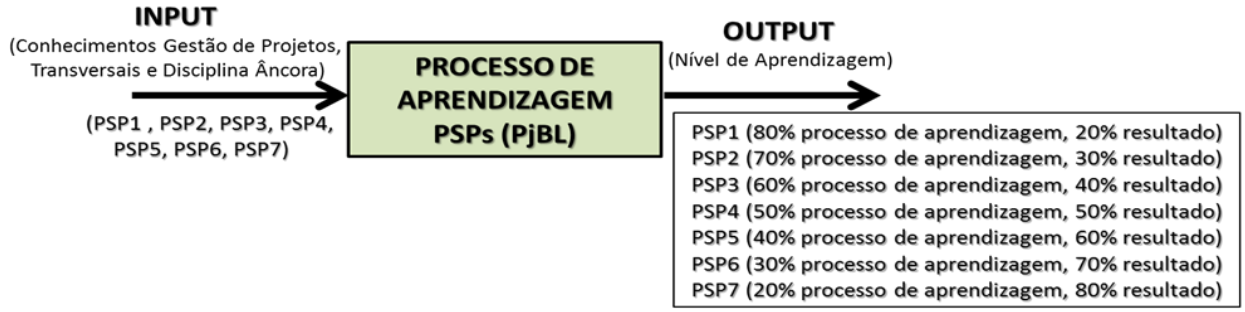


Figura 1 – Processo de Aprendizagem dos PSPs por meio da abordagem PjBL

O conceito do processo de aprendizagem é de que na medida em que os alunos cursem as disciplinas de PSP, eles assimilem gradativamente o processo de aprendizagem que aborda conteúdos de gestão de projetos, conhecimentos técnicos e conhecimentos transversais. Na disciplina de PSP1, a avaliação do processo de aprendizagem representa 80% da composição da nota e o resultado em si do projeto, representa apenas 20%, pois, como é o primeiro contato do aluno com a disciplina, ele apenas irá iniciar o processo de aprendizagem. A expectativa é de que após o aluno cursar a disciplina de PSP7 (última do conteúdo de disciplinas de projetos), ele apresente competência em gestão de projetos devido ter desenvolvido essa habilidade durante 6 semestres, portanto, o peso maior da avaliação será no resultado (80%), pois o processo de aprendizagem (20%) foi interiorizado por ele. A próxima seção apresenta a estruturação do modelo de avaliação do processo dos PSPs.

3.2 Estruturação do Modelo de Avaliação do Processo dos PSP's

Com o objetivo de formalizar e estruturar o processo de avaliação das disciplinas de projetos iniciou-se a construção de um modelo avaliativo cuja base instrumental é o método AHP (Analytical Hierarchy Process). Através desta proposição, será possível avaliar o desempenho dos estudantes com relação às principais competências necessárias para o engenheiro de produção, com um perfil para gerenciamento de projetos. O sistema desenvolvido também possibilitará a verificação da evolução cronológica dos alunos no decorrer das disciplinas cursadas, pontuando as competências que precisam ser melhores desenvolvidas e aquelas que já atingiram o patamar desejado. Desta forma, a metodologia visa apoiar o alinhamento da formação acadêmica dos estudantes às necessidades mercadológicas atuais.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa bibliográfica (estado da arte) sobre as competências fundamentais para a formação do perfil almejado do engenheiro de produção, com o objetivo de transformá-las nos critérios que alimentariam a ferramenta de avaliação. Após este levantamento de informações, e considerando a abordagem proposta pelo curso, foi verificada a dissociação iminente de dois macrocritérios: "Competências em Gestão de Projeto", referentes às habilidades necessárias para se desempenhar tal função, e as "Competências Técnicas", que são os conhecimentos acadêmicos necessários para a formação do engenheiro de produção. Em seguida, foi iniciado o processo de adaptação destas competências aos objetivos e limitações do curso de graduação em Engenharia de Produção oferecido pela Universidade de Brasília. Estas informações, consolidadas, serviram como insumo para a construção da "Árvore de Critérios" (vide figura 2), que ilustra, através de uma visão generalista, os principais requisitos para a formação do engenheiro de produção com ênfase em Gestão de Projetos.

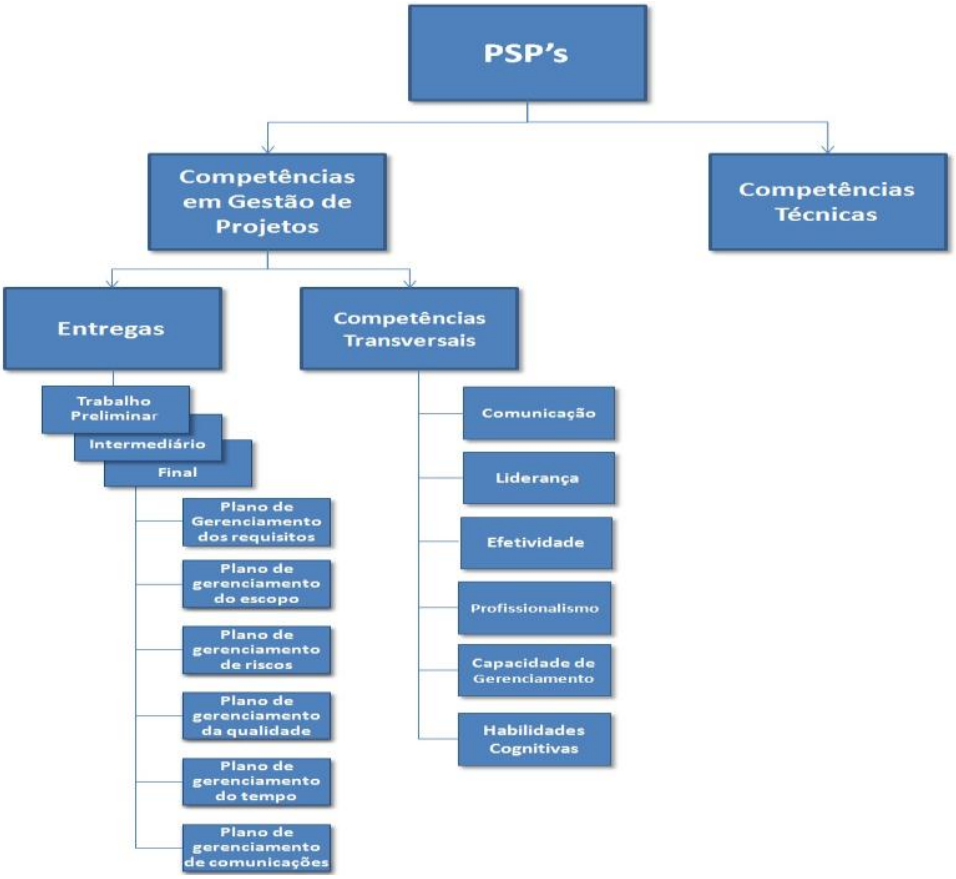


Figura 2 - Árvore de Critérios

O macrocritério "Competências em Gestão de Projetos" foi subdividido nos subcritérios "Entregas" e "Competências Transversais", e o macrocritério "Competências Técnicas" ainda não foi desenvolvido. Cada subcritério desenvolvido foi fundamentado nas melhores práticas segundo o guia PMBOK® PMI (2000) e PMI (2001), conforme detalham as seções a seguir.

3.2.1 Competências em Gestão de Projetos

3.2.1.1 Entregas

As disciplinas de Projeto de Sistemas de Produção caracterizadas principalmente pelo desenvolvimento do projeto de solução de uma situação-problema têm como principal fonte de avaliação da qualidade do projeto, as entregas realizadas no decorrer da disciplina. No modelo atual, são realizadas três entregas: projeto preliminar, projeto intermediário e projeto final, todas elas desenvolvidas por uma equipe de alunos, a partir do entendimento do problema previamente fornecido por um agente externo.

Com o objetivo de estruturar o método de avaliação dessas entregas, e consequentemente torná-las mais claras, foi realizado um levantamento de critérios referentes à qualidade das entregas de um projeto devidamente adaptado às necessidades dos PSPs como disciplina da Engenharia de Produção. Como referência, utilizou-se o guia de conhecimento em gerenciamento de projetos PMBOK® PMI (2000), principalmente no que diz respeito ao plano de gerenciamento de projeto como um todo. Inicialmente, foi definido que para avaliar a qualidade das entregas dos projetos, a equipe deveria apresentar seis documentos, que juntos integrariam o plano de gerenciamento do projeto, são eles: plano de gerenciamento dos requisitos; do escopo; de riscos; de qualidade; do tempo e das comunicações. Para cada um dos planos, devido à necessidade de critérios para avaliar a qualidade individual de cada um, listou-se uma relação de documentos que deveriam estar contidos em cada um dos planos, segundo o padrão de qualidade estabelecido pelo guia PMBOK® PMI (2000), adaptado também as diferentes necessidades dos PSPs.

3.2.1.2 Competências Transversais

O Guia PMBOK®(2008), em seu capítulo introdutório, reconhece que apenas o conhecimento sobre gerenciamento de projetos não é suficiente para o profissional adquirir um bom desempenho, e acrescenta dois outros fatores: Desempenho e Pessoal. Tais palavras, no entanto, não são suficientes para descrição

acurada desses pilares. Através de "Conhecimento", o livro de boas práticas representa a compreensão e aplicação de técnicas específicas de Gerenciamento de Projetos. Por "Desempenho", aborda os resultados obtidos pelo conhecimento e "Pessoal" representa a utilização de suas características para liderar a equipe.

O Project Manager Competency Development (PMCD) Framework 2^0 edição PMI (2001), em seu capítulo terceiro, discorre um pouco mais essas características pessoais, denominadas Competências Transversais, dividindo-as em seis competências: Comunicação, Liderança, Gerenciamento, Habilidades Cognitivas, Efetividade e Profissionalismo.

A primeira competência, Comunicação, é definida por "Trocar eficientemente informações, apropriadas e relevantes, com os *stakeholders*, utilizando os métodos adequados." (PMI 2001). A segunda, Liderança, é definida por "Guiar, inspirar e motivar os membros da equipe e os *stakeholders* do projeto a gerenciar e superar os problemas, para alcançar eficientemente os objetivos do projeto" (PMI 2001). Segue-se com Gerenciamento, definido por "Administrar o projeto eficientemente através da disposição e uso apropriado dos recursos humanos, financeiros, materiais, intelectuais e intangíveis." (PMI 2001). A quarta competência, Habilidades Cognitivas, define-se por "Aplicar na devida profundidade a percepção, discernimento e julgamento para efetivamente dirigir um projeto em um ambiente mutável." (PMI 2001). A quinta, Efetividade, traduz-se por "Produzir os resultados desejados utilizando-se dos recursos, ferramentas e técnicas apropriadas durante o andamento do projeto" (PMI 2001). A última, Profissionalismo, define-se por "Apresentar um comportamento ético governado pela responsabilidade, respeito, justiça e honestidade, durante as práticas da gerência de projetos" (PMI 2001).

O PMCD Framework PMI (2001), no entanto, coloca algumas evidências subjetivas ou de obtenção e avaliação laboriosas, sendo necessária a adequação para o contexto das disciplinas em questão. Através de filtragem e grupamento das evidências, reduziu-se o número a apenas sete: Análise dos Resultados Obtidos, Avaliação dos Pares, Descrição das Metodologias Utilizadas, Plano de Comunicações, Plano de Distribuição das Tarefas e Questionários aos *Stakeholders*. Vide tabela 1.

Tabela 1. Critérios de desempenho e evidências das competências transversais

Competência Transversal	Critério de Desempenho	Evidências Indicativas
Comunicação	Ouvir, entender e responder ativamente ao *Stakeholder*	Questionário aos *Stakeholders*
	Manter canais de comunicação	Plano de Comunicações
	Garantir a qualidade das Informações	Referência Bibliográfica
	Comunicação assertiva	Plano de Comunicações
Liderança	Criar ambiente propício ao bom desempenho da equipe	Avaliação dos Pares
	Construir e Manter sólidos relacionamentos	Questionário aos *Stakeholders*
	Motivar e Orientar os membros da equipe de projeto	Avaliação dos Pares e Plano de Distribuição de Tarefas
	Assumir responsabilidade pelas entregas do projeto	Avaliação dos Pares e Plano de Distribuição de Tarefas
	Utilizar capacidade de influência quando necessário	Avaliação dos Pares
Capacidade de Gerenciamento	Formar e Manter a equipe de projeto	Plano de Distribuição de Tarefas
	Planejar e Gerenciar de maneira organizada, visando o sucesso do projeto	Descrição das Metodologias Utilizadas e Análise dos Resultados Obtidos
	Resolver conflitos envolvendo a equipe de projeto ou *stakeholders*	Questionário aos *Stakeholders* e Plano de Distribuição de Tarefas
Habilidades Cognitivas	Visualizar o projeto de forma holística	Plano de Distribuição de Tarefas
	Resolver problemas eficientemente	Descrição das Metodologias Utilizadas
	Usar as ferramentas e técnicas adequadas ao gerenciamento de projeto	Descrição das Metodologias Utilizadas
	Buscar oportunidades para melhorar as saídas do projeto	Análise dos Resultados Obtidos
Efetividade	Resolver os problemas do projeto	Questionário aos *Stakeholders*

	Manter o envolvimento, motivação e apoio do *stakeholders*	Plano de Comunicações
	Realizar mudanças para atingir as necessidades do projeto	Descrição das Metodologias Utilizadas
	Usar a assertividade quando necessário	Análise dos Resultados Obtidos
Profissionalismo	Demonstrar comprometimento com o projeto	Avaliação dos Pares
	Agir com integridade	Questionário aos *Stakeholders*
	Lidar com adversidades pessoais e da equipe de maneira adequada	Avaliação dos Pares e Plano de Distribuição de Tarefas
	Gerenciar a diversidade	Avaliação dos Pares e Plano de Distribuição de Tarefas
	Resolver problemas individuais e organizacionais com objetividade	Avaliação dos Pares

3.2.2 Competências Técnicas

Assim como foram realizadas pesquisas referentes às melhores práticas para os demais critérios avaliativos, o desenvolvimento aprofundado das "Competências Técnicas" seguirá o mesmo direcionamento. De acordo com o cronograma inicial da pesquisa, esta atividade ainda encontra-se em etapa de execução e, devido a isto, o seu detalhamento foi ocultado da "Árvore de Critérios" apresentada na figura 2. Portanto, após a sua conclusão, este critério será devidamente abordado e explicitado, conforme previsto na fase inicial de elaboração da pesquisa.

4 Continuidade do Projeto

A continuidade da estruturação do modelo de avaliação do processo dos PSPs foi um dos temas para projetos da disciplina de Projeto de Sistema de Produção 2 (PSP2) no primeiro semestre de 2012. Os alunos de PSP2 serão responsáveis pela elaboração e aplicação de questionários aos *stakeholders,* com o objetivo de obter a ponderação dos critérios estabelecidos na árvore de critérios (figura 2). A ponderação será obtida por meio da metodologia AHP. A equipe de PSP2 também será responsável pelo desenvolvimento dos critérios relacionados aos Conhecimentos Técnicos. Através de pesquisas sobre o estado da arte e adaptação ao contexto do curso, a equipe irá modelar o perfil acadêmico esperado para o engenheiro de produção.

5 Conclusão

O curriculum inovador do curso Engenharia de Produção da Universidade de Brasília objetiva formar engenheiros com habilidade para gerenciar projetos. As disciplinas de projetos e sistemas de produção utilizam a metodologia de aprendizagem baseada em projetos (PjBL) com intuito de capacitar os alunos a lidar com os desafios impostos pela gestão de projetos. A gestão de projetos envolve desafios, múltiplos problemas, ambiguidade, tomada de decisão, comunicação, trabalho em equipe e resultados. A metodologia de aprendizagem baseada em projetos oferece oportunidade ao aluno de lidar com problemas do mundo real e pessoas com diferentes perspectivas na busca de resultados.

Todavia, percebe-se que a metodologia de aprendizagem baseada em projetos apresenta muitos desafios e oportunidades. A experiência adquirida com a disciplina Projetos de Sistema de Produção do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília revela que existem vários fatores envolvidos no processo de ensino-aprendizagem dos alunos que precisam ser melhor estudados, dentre eles a motivação para realizar um projeto, a entrega de um produto para a demanda de um agente externo, o desenvolvimento de habilidades de *design*, tomada de decisão, entre outros.

Em decorrência disso, este artigo propõe a estruturação de um modelo de avaliação para verificar se os objetivos de aprendizagem estão sendo atingidos nas disciplinas de Projetos e Sistemas de Produção 1-7. Cabe ressaltar que, a metodologia ainda está em fase de estruturação. Até o presente momento foi desenvolvido apenas o processo de avaliação que deve ser adotado em todos os PSPs, de forma a padronizar o sistema de avaliação dos mesmos, mas que servirá de input para futuramente avaliar o processo desde o PSP1 até o PSP7.

Conclui-se que os resultados obtidos pela metodologia de aprendizagem baseada em projetos precisam ser melhor estudados. Acredita-se que, o modelo de avaliação proposto poderá contribuir para uma melhor avaliação dos resultados obtidos por esta metodologia e assim, melhorar o nível de aprendizagem dos alunos do curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília.

Referências

Costa, A. L. M.; Riffel, D. B.; Bezerra, E. C. Um currículo de engenharia para o século XXI in: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Fortaleza. Setembro 2010.

Kou, G.; Shi, Y.; Wang, S. Multiple criteria decision making and decision support systems — Guest editor's introduction, © 2010 Elsevier B.V. All rights reserved.

Kerzner, H. Project management: a systems approach to planning, scheduling and controlling. New York, John Wiley & Sons, inc, 2009.

Lima, R. M.; Silva, J.M.; Van Hattum-Janssen, N.; Monteiro, S. B. S.M.; Souza, J. C. F. Project-based learning course design: a service design approach. Internacional Journal Services and Operations Management, Vol. 11, No. 3, 2012.

Lima, R. M.; Carvalho, D.; Flores, M. A.; and Van Hattum-Janssen, N. A case study on project led education in engineering: students' and teachers' perceptions, European Journal of Engineering Education, 32:3, 337 – 347 (2007).

Marin-Garcia, J. A.; Garcia-Sabater, J. P. ; Miralles, C.; Rodríguez, A. Profile and competences of Spanish industrial engineers in the European Higher Education Area (EHEA). Journal of Industrial Engineering and Management. p.269-273. Set/Nov 2008.

Mishra, R. C.; Soota T. Modern Project Management New Delhi, New Age International Ltd. 2006. Milan Zeleny, Multiple Criteria Decision Making, McGraw-Hill, 1982.

Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge – PMBOK® Guide 2008 Edition, Pennsylvania-USA 2000.

Project Management Institute, Project Management Competency Development (PMCD) Framework, Project Management Institute Inc, 2001.

Silva, J. M.; Monteiro, S. B. S.; Souza, J. C. F.; Santos, A. C.; Zindel, M. T.; Veras, M.; Aquere, A. Projetos de Sistemas de Produção Sustentável na UnB: Fusão de atividades de ensino de graduação e de extensão in: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Blumenau. Outubro 2011.

Sole, J.; Schrader, D. Getting real: The Philadelphia story. Designing for the Future of Learning. Retrieved May 19, 2008, from ttp://DesignShare.com, 2007.

Tarricone, P.; Luca, J. Successful teamwork: A case study, in Quality Conversations, Proceedings of the 25th HERDSA Annual Conference, Perth, Western Australia, 7-10 July 2002, pp 640.

Vargas L. G. An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications. Joseph M. Katz Graduate School of Business, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA 15260, USA. November 1989.

Paper Session C4

¿Enseñar o ayudar a aprender?

María Felipa Cañas Cano

* Facultad de Ingeniería, Universidad de Piura/Campus Lima. Sección Química, Calle Mártir Olaya 162 Miraflores- Lima, Perú

Email: maria.canas@.udep.pe

Abstract

Chemistry is a required course for all specialties in Engineering. General Chemistry courses are located in the first an third semester. In both courses I am implementing active methodology and PBL situations.

We must ensure that students get involved in their own learning process and they acquire other skills, other that just the course contents. But Chemistry courses have since the school labels such us "boring", "unnecessary", "difficult", etc. Off course, is always possible: Make a class more enjoyable, demonstrate why they need to study Chemistry, look for criteria to improve their perception of the assessment process, but this is not enough, it is time to seek that students learn as a priority instead of focusing on the teachers methods . I in completely agree with Biggs1; "….lo que el alumno hace es realmente más importante, para determinar lo que aprende, que lo que el profesor hace" ("What the student does is actually more important, in terms of what they learn, that what the teacher is doing". This paper wants to reflect the difficulties that emerge when looking for an equilibrium between what the professor does and what the student does; especially when we work with project in first year.

Keywords: Working in teams, learn to learning, difficulties to evaluate the team´s work.

Resumen

Química es una asignatura obligatoria para todas las especialidades en Ingeniería. En la Universidad de Piura, los cursos de Química General se ubican en el primer y tercer semestre En ambos cursos se viene implementando metodología de enseñanza activa y situaciones ABP.

Debemos procurar que el estudiante se involucre en su propio proceso de aprendizaje y que adquiera otras habilidades, además de contenidos. Sin embargo, cursos como Química, traen desde el colegio etiquetas como "aburrido", "innecesario", "difícil", etc. Por supuesto, siempre es posible: hacer una clase más amena, mostrar porqué necesitan los conocimientos, buscar criterios para mejorar su percepción de la evaluación, pero eso no es suficiente, es tiempo de buscar que el alumno sea el que aprenda, en contraste con mejorar el estilo de enseñanza del profesor. En total acuerdo con Biggs; "……lo que el alumno hace es realmente más importante, para determinar lo que aprende, que lo que el profesor hace". El presente trabajo pretende ser una reflexión acerca de las dificultades que entraña buscar equilibrio entre lo que hace el profesor y lo que el alumno hace cuando se trabaja en base a proyectos, especialmente en el primer año.

Palabras clave: Trabajo en equipo, aprendiendo a aprender, dificultades al evaluar trabajo en equipo.

1 Introducción

En los cursos de Química General, sobretodo en el primer semestre, muchos de los estudiantes vienen directamente de su etapa escolar, por lo que traen consigo una serie de ideas, conceptos y actitudes adquiridas a través de varios años. Sucede que muchos de los conceptos previos que manejan, algunos de ellos errados, tienen profundas raíces y se requiere tiempo para cambiarlas. De la misma manera arrastran "vicios" de la etapa escolar, un ejemplo claro consiste en las múltiples oportunidades que se le ofrece para superar evaluaciones bajas. La consecuencia es que, una vez en la universidad, el estudiante debe modificar la idea sobre el rol que debe asumir.

En el Perú, especialmente en las universidades privadas, el estudiante promedio inicia sus estudios superiores entre los 16 y los 17 años. La mayoría accede a la universidad prácticamente de manera instantánea; es suficiente haber pertenecido al tercio superior durante sus años escolares o bien se permite que el alumno ingrese a nivelaciones previas, con la intención de ….. !asegurar que se encuentre en las condiciones adecuadas!.... Esta situación se presenta debido a la fuerte competencia de instituciones educativas. Por tanto, también es necesario formar al estudiante.

Hace ya un tiempo se viene trabajando para cambiar las condiciones del proceso enseñanza – aprendizaje a nivel superior. Prueba de estos esfuerzos es el marco de referencia europeo para las competencias claves que los jóvenes deberán adquirir (Declaración de Bolonia). Uno de los objetivos de la Declaración de Bolonia es asegurar un sistema de transferencia de créditos, que permita un reconocimiento de calidad entre los diferentes sistemas de educación, reconocimiento de títulos y movilidad entre países. Como era imposible

ponerse de acuerdo en el curriculum por objetivos se decide trabajar uno por competencias, así nace el Proyecto Tuning UE y Tuning LA.

Tunning LA esta integrado por 21 universidades representativas e institutos de 18 países latinoamericanos, cuyo trabajo se inicio en 2006 en una reunión general en San José de Costa Rica, luego en Bruselas y en México. El primer paso consistió en definir las competencias generales y especificas para algunas carreras. Si bien es cierto, dentro de la Ingeniería se ha trabajado con la especialidad de Ingeniería Civil, las competencias generales se aplican a todas las especialidades.

Las investigaciones muestran que empleadores, académicos, estudiantes y egresados coinciden en la prioridad de competencias como: contar con los conocimientos sobre el área de estudio y profesión, capacidad para aplicar esos conocimientos en la práctica, capacidad para identificar, plantear y resolver problemas, capacidad para el trabajo en equipo y compromiso ético. En otras palabras se trata de integrar el "saber" con el "saber hacer" y "saber ser". (Tunning A.L, 2008)[2]

Una de las grandes preguntas es:

- ¿Cómo lograr esas competencias generales y específicas?

1.1 El contexto de trabajo

Al añadir a las condiciones con que los estudiantes inician sus estudios superiores, las etiquetas que los cursos de Química traen consigo, no es de extrañar que se requiera preparar al alumno.

En el modelo expositivo, solo alcanzan el aprendizaje los estudiantes responsables, maduros y preparados. La realidad es más bien de juventud e inmadurez. Adicionalmente esa juventud es también la razón de la gran diferencia en la percepción de la realidad. Mientras los estudiantes pertenecen a la generación de nativos digitales, la mayor parte de docentes pertenecemos a una generación migrante. El reto es organizar las clases de tal manera que se pueda llegar a la mayor cantidad de estudiantes posibles. Esto implica acercarse a su manera de percibir la realidad, sin perder calidad, y ayudarlos a adquirir las competencias requeridas.

Transformar la manera en que se desarrollan las clases empieza por cuestionar nuestra labor docente: ¿Por qué los alumnos no participan o participan poco? ¿Por qué no logran lo que esperamos de ellos? ¿Por qué no leen lo que recomendamos?, etc. (Carlino, 2005)[3]

La metodología activa consiste en que el estudiante despliegue diferentes actividades intelectuales no solo escuchar. Al momento de planificar nuestras clases es importante prever lo que diremos, pero además debemos considerar que los estudiantes desarrollen actividades y tareas.

Es interesante analizar como vamos construyendo nuestro conocimiento: al preparar nuestra clase buscamos información, la analizamos, sintetizamos y discutimos con nuestros compañeros, con frecuencia hacemos correcciones, muchas veces utilizando opiniones de los propios alumnos, de modo que pulimos nuestro estilo de enseñanza. Permitir e incentivar que el estudiante siga un proceso semejante deberá ser una prioridad.

Al analizar los mecanismos de aprendizaje hay factores que dependen del sujeto y aquellos que son inherentes a la forma en que se presentan los estímulos. La metodología activa ya ha probado su efectividad y dentro de esta se encuentran el aprendizaje basado en problemas (ABP), así como la resolución de casos y proyectos.

Para que el alumno sea responsable de su aprendizaje, las clases deberán estar diseñadas para que así sea. Su trabajo es el que debe destacar. El profesor debe ser un recurso más para su aprendizaje, será el que cree, en una atmosfera de tolerancia y respeto, las diversas y estimulantes situaciones.

Las sesiones de clase están cuidadosamente planificadas. Dentro del aula se trabaja en grupos de cuatro personas, se desarrollan actividades pre-elaboradas, que abarcan una serie de competencias transversales. Algunas de ellas presentan situaciones problemáticas que el grupo debe solucionar, mientras el docente adopta una función distinta. Según Zabalza (2007)[4] el reto es convertir al docente en el "profesional del aprendizaje" al permitir que el alumno sea efectivamente el que asimile.

Las actividades preparadas constan de una serie de tareas guiadas (por lo general son evaluadas) para que el alumno desarrolle habilidades de trabajo individual y en equipo, sin olvidar el trabajo fuera del aula.

Ya que se pretende que el diseño de las actividades desarrolle otras habilidades, además de conocimientos, debe cuidarse el equilibrio entre docente, estudiante y actividad o tarea, no exagerar con ninguno de estos factores. Goñi (2005)[5] diferencia los conceptos de tarea y actividad. La tarea es el documento que prepara el profesor para que el alumno realice una actividad que lo lleve a construir conocimiento.

En todo caso, al preparar las actividades que se desarrollaran no se puede olvidar partir de los conocimientos previos de los alumnos, ya sea en base a sus propias vivencias o actividades previas ya interiorizadas.

2 Ayudando a aprender

Una vez interiorizada la necesidad de crear espacios y oportunidades para que el alumno participe y se involucre de manera permanente, es necesario planificar las actividades dentro y fuera del aula de clase, pero, ¿Cómo lo hacemos?

Deben tomarse en cuenta varios factores

- Organización de la clase.
- Presentación y estructura de las actividades y problemas propuestos.
- Mensaje que transmitimos antes, durante y después de las clases.
- Criterios de evaluación públicos y claros.
- Documentos académicos que den estructura.

2.1 Organización de la clase

El primer día de clases es necesario informar al alumno de la metodología que seguirá durante el semestre. Se suele iniciar con la exposición de las reglas a seguir y proceder con la formación de los grupos de trabajo (cuatro personas). Los grupos permanecerán durante todo el ciclo, en el aula, fuera de ella y también en el trabajo de laboratorio. Posteriormente se realiza alguna actividad lúdica que permita que el grupo de estudiantes vivencie la importancia de trabajar como un equipo.

La primera sesión se entrega impresa la actividad a realizar, siempre indagando acerca de conocimientos previos que tengan relación con los temas que serán tratados. Posteriormente cada una de las sesiones se inicia con un breve resumen de lo aprendido en la sesión anterior, no se trata de saber que memorizaron sino de saber que comprendieron de la clase pasada. En ocasiones se puede incluir algún tipo de evaluación, con una incidencia muy baja en la nota y con la intención de hacer los correctivos que se requieran. Lo que se repite constantemente es empezar los nuevos temas siempre indagando los conocimientos previos. En todos los casos, el desarrollo de las actividades de aula es siempre partiendo de aportes individuales para pasar a parejas, luego, terminar con discusión y conclusiones en equipo. El profesor y los asistentes de docencia guían, monitorean y retroalimentan el trabajo del estudiante mientras ellos describen, sintetizan, analizan, evalúan, etc. los problemas planteados.

Ocasionalmente, cuando se observa que coinciden dudas o preguntas en más de un grupo se realizan mini-exposiciones aclaratorias. Se procura no resolver en pizarra ejercicios, ya que opino que este tipo de actitud generalmente promueve que el alumno imite nuestra manera de pensar, lo que limita su propia creatividad. No olvidemos que los conceptos incorporados requieren la comprensión de procesos por un lado y su aplicación a situaciones problemáticas por otro. Las actividades son relevantes, puesto que a través de ellas el estudiante transforma la información en conocimiento.

Se utiliza la presentación de power point de la manera más simplificada (poca información, muy concisa) y lo más atractiva posible y se procura utilizarlo durante breves minutos. En ocasiones, se utilizan algunas diapositivas para retroalimentar algún concepto o principio, se continúa con la tarea y posteriormente se puede usar, como recurso, para cerrar la sesión.

2.2 Presentación y estructura de las actividades y problemas propuestos.

Es un hecho que los docentes, las situaciones didácticas y las condiciones institucionales influyen en las dificultades de aprendizaje de los alumnos. Nuestra planificación puede abarcar las dos primeras y ayudarlo a formarse integralmente, además, debe permitir que siendo el alumno el centro, esté, aprenda a aprender.

Las instrucciones consignadas en las actividades deben ser claras. Es importante establecer desde su inicio el objetivo que se persigue, el tiempo del que disponen, su forma de desarrollo (individual, grupal) y los criterios de calificación.

La secuencia que se sigue es ir graduando el nivel de dificultad, desde los conceptos fundamentales, hacia las aplicaciones. Esto se utiliza tanto en las actividades de aula como en los problemas ABP o en los proyectos propuestos.

Recordemos que la metodología en el aula permite ir adaptándose al trabajo cooperativo, ya que la estructura de las actividades de aula propicia la interacción entre los componentes y una participación igualitaria. (Cañas, 2011)[6]

Los problemas o proyectos hacen alusión a hechos y situaciones de la vida cotidiana con el objetivo de demostrar su utilidad en el día a día y la influencia de la tecnología en los avances sociales. Otro factor relevante es su relación con la educación ambiental. Si bien es cierto, hablamos de problemas dirigidos a personas que se encuentran estudiando una carrera de ciencias, pero aun así, persiste la idea que cursos como química son un compendio de formulas y memorización referidos a sustancias ajenas a los participantes. Lo cierto es que urge hacer de la ciencia algo asequible y atractiva.

Al abordar los problemas con sustancias y en situaciones que les son familiares, se incrementa la motivación para su resolución, puesto que le encuentran una aplicación directa. Orientar el curso hacia temas ambientales y la protección del ambiente es por otro lado, un tema que despierta mucha expectativa entre los estudiantes. Esto tiene un indiscutible valor en su formación integral al ofrecer comprender los problemas ambientales, sus consecuencias, así como la forma de prevenirlas y tratarlas. Se cumple de esta manera con una de las finalidades de la educación que es desarrollar personas con la capacidad de desenvolverse en la sociedad.

La presentación del problema de investigación (tipo ABP o proyectos) se hace inicialmente de una manera verbal, por medio de una conversación coloquial, donde los estudiantes exponen algunas de las ideas que tienen al respecto. Cuando se trata de estudiantes del primer año, de preferencia se plantean cuatro proyectos cortos durante el semestre (cuentan aproximadamente con tres semanas para cada uno de ellos) que abarcan los contenidos y sus aplicaciones trabajados en el aula o bien la profundización en alguno de los aspectos.

Se utiliza la intranet de la universidad para presentar los antecedentes y se cuelga también la descripción detallada de los criterios que se seguirán para la evaluación del desarrollo del proyecto (rúbricas, matrices de evaluación, cronograma: anexo). En la evaluación Se tienen en cuenta entregas de "…borradores parciales…" que el alumno y el grupo deben ir presentando con fechas estipuladas (portafolio del grupo).

Los problemas propuestos, muchos de ellos con un carácter abierto, sirven además para la adquisición de otras competencias tales como el aprendizaje cooperativo, la búsqueda de datos, su manejo y representación.

Algunos de los proyectos realizados en estos años fueron:

Tabla 6: Química General 1 (mini-proyectos)

Año	Descripción	Contenidos involucrados
2006	Suplementos alimenticios y bebidas energizantes	Unidades de medición , mezclas, tabla periódica
2007	Industria cosmética	Fuerzas intermoleculares y soluciones.
2008	Construcción y puesta en marcha de un hotel	Todas las unidades del curso, en etapas.
2009	Alfabetización científica de poblaciones marginales	Todas las unidades del curso, en etapas.
2010	Incendio en local productor de poliuretanos	Polímeros, materiales compuestos.
2011	Fertilización del mar con Fe	Soluciones, propiedades coligativas.0

Tabla 2: Química General 2 (Proyectos)

Año	Descripción	Contenidos involucrados
2006	- Industria papelera que enfrenta demandas por contaminación de aire y agua.	Unidades del curso: termodinámica, velocidad de reacciones, equilibrio y electroquímica.
2007	- Mejoras en una planta de producción de aceite de jojoba y algunos subproductos.	
2008	- Alfabetización de la población a través de afiches, comerciales, publicaciones, etc.	
2009	- Accidente de un tráiler y derrame de sustancias a suelos y agua.	
2010	- Procesos e implicancias ambientales asociadas a una planta de fabricación de tableros aglomerados.	
2011	- Planta de producción de ácido sulfúrico.	

Algunos de los proyectos resultaron especialmente gratificantes para los estudiantes, en especial aquellos donde no solo investigan y evalúan en base a su investigación, sino donde ellos deben elaborar materiales, como la alfabetización a través de comerciales, afiches, algún tipo de publicación y aquellos donde se realizaron debates y se expusieron diferentes punto de vista, en muchos casos con posiciones opuestas.

2.3 Mensaje que transmitimos antes, durante y después de las clases

Cuando se trabaja en una institución durante algunos años es inevitable que el estudiante que aun no ha llevado cursos con un profesor, pregunte a sus compañeros con el fin de sacar algunas conclusiones respecto al curso y la mejor forma de aprobarlo, lo que incluye al profesor.

En la Universidad de Piura los futuros estudiantes de Ingeniería llevan previamente, en el verano anterior al semestre oficial, el denominado ciclo propedéutico. La finalidad es principalmente separar aquellos alumnos que se considera se encuentran preparados para afrontar la vida universitaria y sus exigencias. Dentro de las materias deben cursar Química Básica (QB0). Los últimos años he estado a cargo de dictar esa materia, por lo que tengo la oportunidad de conocer a los futuros estudiantes. En el caso de aprobar el curso llevaran Química General 1 (QG1) con otro profesor y vuelvo a tenerlos como alumnos el año siguiente en Química General 2 (QG2). En caso contrario vuelven a cursar QB0 y los vuelvo a ver ese mismo año en QG1 (Dicto un semestre QG1 y el siguiente QG2)

A pesar de no trabajar con la misma metodología, aunque se procura participación activa en clase, cuando el alumno llega a los cursos de Química ya tiene una impresión, tanto del curso como del profesor. Esto sucede aun en el caso de no conocer previamente al docente.

La congruencia entre lo que decimos, cómo lo decimos y nuestra actitud es fundamental. Desde el primer día de clase estamos proyectando constantemente mensajes. Estos mensajes son muy importantes. Realicemos preguntas, comprobemos la comprensión del aprendiz, procuremos conseguir respuestas de todos, cuidemos la forma en que lo hacemos. Promovamos la retroalimentación ya que es muy valiosa, suele suceder que con ella el estudiante aprenda más. La idea no es que hagan bien los exámenes, es más bien que la enseñanza sea una herramienta para que actúen y piensen diferente. Durante las clases estemos siempre atentos y dispuestos a orientar al alumno, no proporcionando respuestas sino provocando desarreglos en su estructura mental que propicien que se involucre en lo que aprende y lo note (meta cognición).

Los estudiantes son muy sensibles a las expectativas del profesor, sienten cuando se tiene confianza en ellos y por lo general responden a esas expectativas, tener fe en la capacidad de los alumnos "se nota", es función nuestra evitar sistemas arbitrarios de evaluación, no juzgar por estereotipos y dejar que asuman el control de su propio aprendizaje, respetando los acuerdos. Tratar a los alumnos con justicia y escucharlos; permitir y alentar las preguntas. Asumamos la misma posición fuera de clase, propiciemos que se acerquen, atendamos sus dudas mostrando buena disposición. Hagamos posible un horario de atención a sus necesidades.

2.4 Criterios de evaluación públicos y claros

La evaluación en este tipo de trabajo difiere de medir meros conocimientos y aplicación de algoritmos. Se requiere utilizar matrices y rúbricas de evaluación (anexo), siempre informando al estudiante de manera clara de que forma será evaluado y porqué será evaluado de esa forma. Los criterios que serán usados en la evaluación deben ser de conocimiento público y es importante no modificarlos una vez enunciados.

Debe contemplarse en los criterios de evaluación a utilizar, contar con oportunidades para revisar y mejorar los trabajos antes de la versión final que será entregada. Esto permite hacer ajustes, además de favorecer la seguridad del estudiante. Esas oportunidades también deben constar en los criterios e indicadores de evaluación.

De la misma manera, el tiempo estimado para la realización de las partes también debe constar. Conviene tener en cuenta la posibilidad de requerir más tiempo del esperado. En este caso siempre debe ser posible contar con la posibilidad de extenderlo. El acompañamiento del docente es durante todo el proceso.

Las técnicas de aprendizaje activo exigen que los alumnos tomen la responsabilidad de su propio aprendizaje, guiados y motivados por el profesor. Una idea importante es que el alumno necesita reconocer el esfuerzo como paso vital en el proceso de aprendizaje (Pinto, 2008)[7]

Precisamente el esfuerzo del alumno se traduce en las oportunidades que utiliza para ir corrigiendo errores y realizando los ajustes pertinentes. Ciertamente las matrices de evaluación dependen del trabajo asignado y deben ser conocidas por el estudiante, con la anticipación suficiente, antes de aplicar la evaluación respectiva, de tal manera que conozca las ocasiones que tiene para reevaluarse a sí mismo. Es importante que se lea y se discuta en el aula ya que ayuda a que conozcan como se sustenta la calificación, así como los puntajes parciales ya sea por avances o por otras situaciones.

2.5 Documentos académicos que dan estructura

Para la buena organización de la clase, la presentación de actividades y problemas, la publicación de criterios, etc. son necesarios una serie de documentos académicos que le dan estructura al curso.

El sylabo y el diseño pedagógico (modelo a seguir, contenidos, objetivos generales y específicos de la asignatura) son necesarios, aunque no pertenecen al trabajo cotidiano en el aula. Los documentos académicos a los que se hace referencia son las herramientas que se utilizan para el trabajo diario.

- El plan calendario es una aproximación a lo que se espera se realizará durante las sesiones de clase.
- El diseño de clase es una herramienta útil que permite secuenciar el trabajo en el aula. En este documento se consignan además los tiempos a emplear y los recursos disponibles.
- Matriz de evaluación, documento donde se explicitan los criterios e indicadores a usar en la evaluación ya sea de actividades, pruebas individuales o de los problemas tipo ABP o proyectos a resolver.

Estos documentos permiten organizar y pautar la asignatura. Deben ser ajustados y por supuesto no hay que perder de vista que no son irrefutables. No se trata de que deban cumplirse a toda costa, deben modificarse cada ciclo después de recoger las opiniones de estudiantes y colegas.

3 Medición y conclusiones

En este artículo hemos reflexionado en torno a la conveniencia de preparar la clase en función del aprendizaje del alumno. Una vez interiorizada la necesidad de esto, se ha decidido por el trabajo diario basado en aprendizaje en equipo, donde las actividades y los problemas planteados representan la medula espinal de los cursos de Química General ya que representan el desarrollo de otras habilidades diferentes a la de escuchar. Esta metodología pertenece a la categoría de métodos pedagógicos activos que se promueven en el entorno del Espacio Europeo de Educación Superior.

Trabajar en base a la solución de problemas favorece la motivación de los alumnos hacia el aprendizaje y cuestiones adicionales de carácter interdisciplinar, incluyendo aspectos medioambientales y sociales. Este tipo de trabajo también resulta motivante para el profesor debido a su búsqueda de situaciones que puedan tener interés para el estudiante supone un reto que va enriqueciendo su rol.

Es claro que métodos de este tipo obligan a mejorar las formas de evaluación, deben ser instrumentos de apoyo del proceso. Puesto que se fomenta el aprendizaje activo y autoaprendizaje, el alumno se ve involucrado en trabajo y seguimiento constante que en cierta forma lo "obliga" a comprometerse con su aprendizaje.

Cada semestre se toma encuestas al final del curso y de manera persistente se obtienen valoraciones positivas hacia este tipo de metodología. Los alumnos afirman que tanto las actividades como los proyectos globales son de utilidad para asimilar conceptos, igualmente incrementan la motivación hacia el curso ya que las clases resultan más amenas. A modo de curiosidad, en el ultimo año y medio se han realizado, por cada grupo, demostraciones experimentales en el aula para consolidar algunos principios, resultando positivo su uso. Los estudiantes afirman que los ayuda a entender mejor los conceptos relacionados.

Adicionalmente a través de los años se han realizado entrevistas y conversaciones con alumnos que han llevado y aprobado los cursos con esta metodología. La mayoría sigue pensando que la manera de llevar el curso les permite recordar y relacionar con mayor facilidad lo aprendido a hechos concretos. Otro comentario recurrente es como el uso de este método didáctico permite encauzar los conocimientos y saber utilizarlos.

Transcribo a continuación algunos comentarios textuales de estudiantes a través de los años:

".... *Considero que es una buena forma de aprender ya que al asumir una posición es necesario encontrar los argumentos para refutar la opinión contraria. Para ello, es necesario un estudio previo de la situación que permita poder defender cada punto de vista. Por otro lado, relacionarlo con hechos reales permite dar una visión más amplia del tema y considerar aspectos que indirectamente influyen según cada cultura (legal, social, económica, entre otros); esto permite un mejor desarrollo de habilidades para defender la posición asignada y un estudio más completo del caso.*

..... *Siempre me pareció interesante el ver la química del punto de vista que ofrecía dicha metodología, el trabajar en grupo ofrecía compartir conocimientos de cada integrante así como retroalimentación, además era atractivo recibir la enseñanza de manera atípica (sin pizarra, teoría), enfocándola en casos reales en los cuales podíamos ver que lo aprendido servía en situaciones reales.*

..... *La metodología me parece muy buena, puesto que hay una mayor participación por parte de los alumnos, por lo tanto esto conduce a que estos tengan un nivel de aprendizaje elevado. Además, este tipo de trabajo, permite al profesor conocer más a sus alumnos, debido a que está en relación constante con ellos.*

…….. En cuanto a la capacidad de análisis, me parece que la potencia bien, ya que al hacer un problema que está aplicado a la realidad, la motivación para encontrar la solución es mayor, y surgen ideas para la resolución que son compartidas y discutidas por el grupo. En sí todo el método es muy bueno para el aprendizaje, ya que no es la típica monótona clase sobre la que pierdes interés… es una forma muy interactiva y práctica de aprender.

…….. Me permitió encontrar relaciones de manera más rápida permitiendo un análisis más profundo en los temas y un mayor aprendizaje ya que me ayudo a retener los temas con mayor facilidad.

……. Resolver los problemas enseña a utilizar lo aprendido en forma practica.

……. El curso llevado con esa metodología ayudo a trabajar en conjunto con otras personas.

……. Es más fácil relacionar lo aprendido con lo cotidiano.

…… El tipo de metodología aplicado es muy interactivo, ya que se logra implementar los temas con las actividades y los proyectos teniendo más dominio del tema. Además ayuda a comprender aspectos básicos de la vida con referencia a la química.

"…..me ayudó a enfrentarme en un aspecto personal al miedo de hablar en publico - ya que como es obvio a corto plazo lo tendré que realizar y muy frecuentemente y debo tener experiencia en ello- también a aceptar las críticas y oposiciones muy bien fundamentadas sobre el tema"

"……Ayudo mucho en la discusión de temas y la auto evaluación dentro de un grupo. Reconocer cual es la función que desempeñábamos en grupo y frente a el las habilidades que ayudaban en que el grupo caminara de manera ordenada"

"…los proyectos globales, si bien es cierto que resultan un poco largos y tediosos para algunos, admito también que son de mucha ayuda, ya que se aplica la teoría enseñada en el curso a casos reales lo cual nos ayuda a comprender y aprender los fenómenos que suceden y a los que estamos sometidos".

"…Gracias al curso mejoré mi entendimiento de la química que hasta entonces había sido uno de los cursos que mayor problema me causaba, de la manera en que se desarrollo pude comprender prácticamente todo los temas tratados"

"…aporto en poder analizar campos dentro de la Química que tengan que ver con Ingeniería Industrial. Además de que me brindo mayor interés por el curso y sus afines y, por ultimo poder afianzar o pulir los conocimientos que tenia anteriormente".

"….. logre aprender conceptos que antes no me habían quedado muy claros"

"….. me llamaba la atención y me gustaba mucho eran los tipos de problemas que proponían; es decir preguntas reales y dentro de un contexto que fácilmente lo identificamos en la realidad, ya que en los libros lo que encontramos son problemas aislados y que aparentemente no buscan un fin sino solo saber calcular mediante una fórmula"

"….. Más que dar información exhaustiva o necesaria, el ABP te ayuda a investigar lo cual es fundamental pues, a medida que pase el tiempo, uno como profesional tiene que aprender e investigar por su cuenta

"…También ayudo mucho el trabajar en grupo, ya que creo un trabajo unido y el cual permitió que entre todos nos ayudaramos y a la vez nos interesemos por investigar y desempeñarnos de manera óptima dentro del grupo."

"…Un buen trato en la relación asesor-alumno es como un ¿valor algregado¿ a la enseñanza que brindan, me parece que aumenta el deseo de aprender y la satisfacción con el curso".

"…este método puede cambiar según el profesor y los asistentes, ya que de ellos depende que esto salga bien, ya que si no estan bien informados ni saben como hacerlo este método puede fallar, felizmente personalmente quede satisfecho con el trabajo…"

"…. la última parte del curso de Quìmica fue increìble, dar nuestras posiciones sobre la energìa nuclear en un debate con opiniones diversas, a favor y encontra; con muy buenos argumentos muchas veces difìciles de contrarrestar y al final formarse una idea sobre las consecuencias tanto positivas como negativas para la sociedad y medio ambiente fue muy bueno para mi,…."

Por supuesto, también hay grupos de alumnos que no logran adaptarse al trabajo grupal o bien están en desacuerdo con la metodología:

"…si bien es cierto que uno de los objetivos de este tipo de enseñanza es el de incentivar y mejorar el trabajo en equipo, hay grupos en los que uno que otro alumno no trabaja como debería de ser; muchas veces los

demás compañeros cansados de insistir hacen el trabajo solos y la nota se la llevan todos y en otras oportunidades son las malas notas las que se reparten."

"...es importante y bueno el trabajo en equipo, pero esto involucra responsabilidad de cada uno de los integrantes y muchas veces no sucede así, logrando insatisfacciones con algunos del grupo."

"...en los casos que suceda, que cuando el alumno no entiende deja que el compañero trabajé y avance el trabajo."

Efectivamente, conseguir que se trabaje verdaderamente como un equipo exige responsabilidad mutua. Vale la pena aclarar que se trata de estudiantes de primer año y que aprender a trabajar en conjunto es un proceso. Tal como ya se ha comentado los alumnos, en general, acaban de salir del colegio, son muy jóvenes e inmaduros y arrastran una serie de "costumbres", donde en mi opinión, la más relevante es que vienen de un sistema donde se les permite tener múltiples oportunidades, para tal como ellos dicen, de "levantar nota".

La participación del profesor es determinante, es por eso que urge que replanteen y reconstruyan su perfil docente con un enfoque basado en competencias. Un profesor que no es competente y de calidad jamás podrá formar estudiantes y mucho menos profesionales competentes y de calidad. Todas las partes que conforman las instituciones universitarias, la sociedad y mundo empresarial deberán participar, mientras que los gobiernos deberán trabajar por la cobertura y la equidad en la educación. (Gairín 2008)[8]

Se debe predicar con el ejemplo. Si el profesor debe inculcar actitudes y valores, entonces debe ser congruente en lo personal. Manifestar entusiasmo por la materia dictada, así como afecto y solidaridad con los estudiantes les comunica entusiasmo por el aprendizaje de cosas nuevas y útiles. Consiste en una misión plenamente gratificante y vale la pena el esfuerzo requerido.

Esta reflexión y estudio ha sido puntual, se ha realizado en una muestra y un contexto especifico, por tanto no es posible generalizar los resultados más allá de la propia institución. Seria deseable extender la investigación a otras instituciones con metodología semejante.

4 Referencias

Biggs, J (2000) Calidad del aprendizaje universitario, Narcea, España.

Informe final del Proyecto Tunning 2004-2008. Reflexiones y perspectivas de la Educación Superior en América Latina. http://tunning.unideusto.org/tunnigal.

Carlino , P (2005) Escribir, leer y aprender en la universidad. Una introducción a la alfabetización académica. Fondo de Cultura Económica. España.

Zabalza, M (2007) Competencias docentes del profesorado universitario. Madrid. Narcea. España.

Goñi, J (2005) El espacio europeo de educación superior, un reto para la universidad. Competencias, tareas y evaluación, los ejes del curriculum universitario. Barcelona. Octaedro.

Cañas, M (2011) El trabajo en equipo y su relación con la motivación del estudiante de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Ibero- American Symposium on Proyect Approaches in Engineering Education. Lisboa.

Pinto, G; Gauthier, C,V; Weaver, G; Kelter, P.B. (2008) Some considerations regarding the active learning of chemestry . En The Chemiclal Educator, 13,186-189.

Gairín , J (2008) Organizaciones educativas al servicio de la sociedad. Madrid. España. Wolters.

Anexo

Esquema general de seguimiento. Este documento es apropiado para todo tipo de proyecto.

Primer día de clase.

- Formación de los grupos de trabajo y selección de un nombre que identifique al equipo. Voluntariamente los alumnos seleccionan si habrá un responsable de coordinación o rotaran el papel y de la misma forma deciden como repartirán las tareas.
- Presentación del proyecto global. Comentarios y discusión del nivel de conocimiento del tema y lo que se requiere para su solución.

1. *Primera fecha de presentación de avances. Individual*
   - Análisis de la información individual recogida por los alumnos. Se verifica la calidad y suficiencia de la investigación bibliográfica, el establecimiento del marco conceptual, la orientación apropiada.
2. *Segunda fecha de presentación de avances. Grupal*
   - Actualización de la información. Selección de aportes y planificación de la experiencia y/o posibles dificultades.
   - Un ejemplo de criterios para evaluación

Criterio	20 puntos	15 puntos	10 puntos	Puntaje
De la Presentación de avances.	Cumple con las fechas programadas. Capacidad de trabajo en equipo. Ética en el trabajo Presenta su expediente personal: 1. Individual - Elabora preguntas en cantidades suficientes y expresadas claramente. - Presentación de los borradores de las fichas conceptuales. - Presenta borrador de apuntes o resúmenes personales de forma virtual o real. - Propone los objetivos y material necesario para la realización del experimento. 2. Grupal - Participa en la realización de la experiencia. - Análisis de datos, observaciones cualitativas y cuantitativas. - Identificación de fallas, mediciones y posibilidades de corrección. - Muestra un comportamiento y vocabulario adecuado.	Cumple con las fechas programadas. 1. Presenta su expediente personal incompleto, no cumple con uno ó dos ítems. 2. No participa. o Falta análisis o El comportamiento no es adecuado.	No cumple con las fechas programadas.	
	20 puntos			
De la Investigación (grupal)	Ver rúbrica para evaluación de informes y presentación.			

Rúbrica Informe

Criterio			
		0,75	1,5
Presentación		No cumple con todos los datos o la presentación no es pulcra	Los datos completos: Grupo, integrantes, curso, etapa del proyecto y presentación ordenada y pulcra.
	0,5	1,0	2,0
Resumen	Reporta los aspectos principales de menos de dos secciones.	Reporta la mayoría de los aspectos pedidos de manera concisa y clara	Reporta los aspectos principales de todas las secciones de manera concisa y clara
	1,0	2,0	3,0
Fichas (aspectos teóricos)	No establece en forma adecuada el concepto, principio, ley o procedimiento relacionado a la investigación	Establece en forma adecuada el concepto, principio, ley o procedimiento relacionado a la investigación , pero no lo desarrolla en forma clara	Establece en forma adecuada el concepto, principio, ley o procedimiento relacionado a la investigación y lo desarrolla en forma clara
	1,0	2,0	3,0
Información (preguntas y encuesta)	Describe en forma coherente y clara la información pedida.	Describe en forma coherente y clara la información pedida. No utiliza párrafos propios y cortos que resumen los principales hallazgos	Describe en forma coherente y clara la información pedida. Creatividad en las alternativas. Utiliza párrafos propios y cortos que resumen los principales hallazgos
	1,0	2,0	3,0
Resultados	Solo cumple con uno de los indicadores	Solo cumple con dos de los indicadores	Cumple con los siguientes indicadores: • Presenta los datos en forma de tablas, gráficos, esquemas, etc, según corresponda. • Acompaña las" tablas" con frases breves que resumen la información. • Integra adecuadamente las tablas, gráficos, etc con sus respectivos comentarios.
	1,0	2,0	3,0
Discusión	Solo cumple con uno de los indicadores	Solo cumple con dos de los indicadores	Cumple los indicadores: • Relaciona los datos con el principio o concepto relacionado. • Discute las respuestas a las interrogantes formuladas. • Hace comentarios sobre semejanzas, diferencias, posibles fuentes de error, mejoras, etc. según corresponda.
	1,0	2,0	3,0
Conclusiones	Escribe una conclusión referente a las preguntas y/o investigación planteada.	Escribe dos conclusiones referentes a las preguntas y/o investigación planteada.	- Escribe al menos tres conclusiones referentes a las preguntas y/o investigación planteada. - Potencial de viabilidad técnica y/o económica
		0,75	1,5
Referencias		Presenta las referencias, pero no sigue las normas establecidas.	Presenta las referencias siguiendo las normas establecidas.
Puntaje total			

Rúbrica exposición

Grupo	Presentación (1,5 puntos)			Exposición (3 puntos)		Contenido (4,5 puntos)		
	Datos completos Presentación apropiada al público objetivo	Limpio y ordenado	Creativo	Actitud y tono adecuado Calidad del análisis	Claridad y precisión en la presentación de ideas	Evidencia dominio de conceptos Propuesta clara y bien dirigida.	Coherencia y sustentación de argumentos	Capacidad de trabajo en equipo Muestra respeto y buen trato

Desarrollo de Productos por Síntesis Orgánica a través de una Ruta Integradora de Asignaturas del Pregrado

Yesid Vélez-Salazar*, Leidy Rendón-Castrillón*, Margarita Ramírez-Carmona*, Carlos Ocampo-López* y Fabio Castrillón-Hernández*

*Facultad de Ingeniería Química. Universidad Pontificia Bolivariana. Cq 1A N° 70-01, A. A. 56006, Laureles, Medellín, Colombia.

Email: yesid.velez@upb.edu.co, leidy.rendon@upb.edu.co, margarita.ramirez@upb.edu.co, carlos.ocampo@upb.edu.co, fabio.castrillon@upb.edu.co

Abstract

The Faculty of Chemical Engineering at the Universidad Pontificia Bolivariana in Medellin is building a novel methodology which integrates knowledge related to the curriculum subjects for a product development through organic synthesis, and concluding with the design of process, following methods proposed by the panel of experts from OPTI in a proposal for fine chemical technology (methodology and tools development, plant design and integration of technologies). The methodology involves courses of Organic Chemistry I and II, Fluid Mechanics, Design of reactors, Mass Transfer Balances, Analytical Chemistry, Process and Control Design, and Research Methodology. Additionally it is supported from elective courses including: Packaging & Image Design and Intellectual Property. This methodology seeks to stimulate innovation in multidisciplinary work originated from the classroom, starting from the idea for the products realization that can be able to impact the market.

Keywords: Organic Synthesis; methodology integrating curriculum; methodology for project.

1 Introducción

En el año 2010 las comercializadoras de materias primas para la industria y la agroindustria en Colombia importaron cerca de 272 millones de toneladas por un monto de 300 millones de dólares; las principales importaciones provinieron de Estados Unidos y en menor proporción de países como China, Alemania y Lituania (Barreto, Rendón, Sánchez & Rivera, 2011)

En Colombia cada vez, son más las materias primas controladas por la Dirección Nacional de Estupefacientes (DNE), debido a los conflictos armados y a la incursión del narcotráfico en las diferentes esferas de la sociedad, existiendo la necesidad de éstas en otros sectores de la industria, para lo cual se incentiva el desarrollo de materias primas *in situ*.

En la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Pontificia Bolivariana en Medellín, se está experimentando una metodología de trabajo en la que se integra el conocimiento de las asignaturas del pensum para la elaboración de un producto a través de síntesis orgánica y terminando con el diseño del proceso, siguiendo metodologías propuestas por el panel de expertos del OPTI (Observatorio de Prospectiva Tecnológica e Industrial) en una propuesta tecnológica para la química fina para dentro de 50 años: **Área 1: metodología y herramientas de desarrollo:** Preparación de sistemas expertos para la planificación de rutas de síntesis, **Área 2: diseño de plantas:** Racionalización de las plantas existentes, especialmente en lo que se refiere a la selección de equipos y su disposición física e interconexionado en las instalaciones y **Área 3: integración de tecnologías:** Acoplamiento de las tecnologías anteriores para desarrollar procesos más selectivos y eficaces (Sempere & Nomen, 2000).

Adicional al desarrollo de procesos que permita la obtención de materias primas que estimule el crecimiento de la industria nacional, se busca reducir la deserción estudiantil en la Facultad de Ingeniería Química a través de una ruta integradora de las asignaturas del pregrado.

Según Kolb, el desarrollo de competencias en ingeniería implica el desarrollo de habilidades y actitudes, que podrían ser alcanzadas siguiendo cuatro estrategias básicas(Kolb, 1984): *Aprendizaje divergente* (Desde la percepción de la experimentación hasta la reflexión de los fenómenos), *Aprendizaje adaptativo*(Desde la percepción de la experimentación hasta el desarrollo de actividades que permitan realizar ajustes), *Aprendizaje por asimilación* (Desde la comprensión de los fenómenos hasta la reflexión de estos comportamientos) y *Aprendizaje convergente* (Desde la comprensión de los fenómenos hasta la actividad que permitirá resolver los problemas con solución única). La combinación adecuada e intencional de los cuatro momentos lleva a modos superiores de aprendizaje, más efectivos (Duque, 2006).

Adoptando el contexto de la iniciativa CDIO (Concebir – Implementar – Diseñar – Operar sistemas y productos del mundo real) ha sido posible iniciar un camino de integración curricular que permite la articulación de diferentes cursos del plan de estudios para el programa de Ingeniería Química, alrededor de un proyecto de investigación. Con esta estrategia se busca alcanzar los tres objetivos planteados por CDIO para formar estudiantes, capaces de:

- Dominar un conocimiento de trabajo más profundo de fundamentos técnicos.
- Liderar en la creación y operación de nuevos productos, procesos y sistemas.
- Entender la importancia y el impacto estratégico de la investigación y el desarrollo tecnológico en la sociedad (Crawley, Malmqvist, Östlund and Brodeur, 2007).

Con el diseño e implementación de una ruta integradora de las asignaturas en la Facultad de Ingeniería Química, bajo el contexto CDIO, se busca ser más eficaces pedagógicamente y siempre en procura de brindar a los estudiantes un programa más emocionante y coherente, reduciendo la deserción y con ello manteniéndolos en el programa y la profesión; entregando a la sociedad Ingenieros que lideren o estén involucrados en todas las fases del ciclo de vida de un producto, proceso o sistema.

Como lo afirma Crawley et al., en su publicación *Rethinking Engineering Education*, el estado de *Concepción* incluye la definición de las necesidades del mercado (tecnología, estrategia empresarial, desarrollo conceptual y técnico y los planes de negocio); el *Diseño* se centra en la construcción de planos, dibujos y algoritmos que se implementarán; la etapa de *Implementación* se relaciona directamente con la transformación para obtener el producto, proceso o sistema y la etapa final, *Operación*, considera las actividades que agregan valor al producto, como mantenimiento, evolución o reciclaje.

El plan de estudios del programa de Ingeniería Química de la Universidad Pontificia Bolivariana de Medellín-Colombia está estructurado en cuatro ciclos: Ciclo básico universitario que involucra los cursos de la línea de humanismo, Ciclo básico disciplinar que involucra las ciencias básicas, Ciclo profesional que contiene los cursos específicos del saber del Ingeniero Químico y el Ciclo avanzado de formación que incluye los cursos electivos y de profundización(Facultad de Ingeniería Química, UPB, 2012).

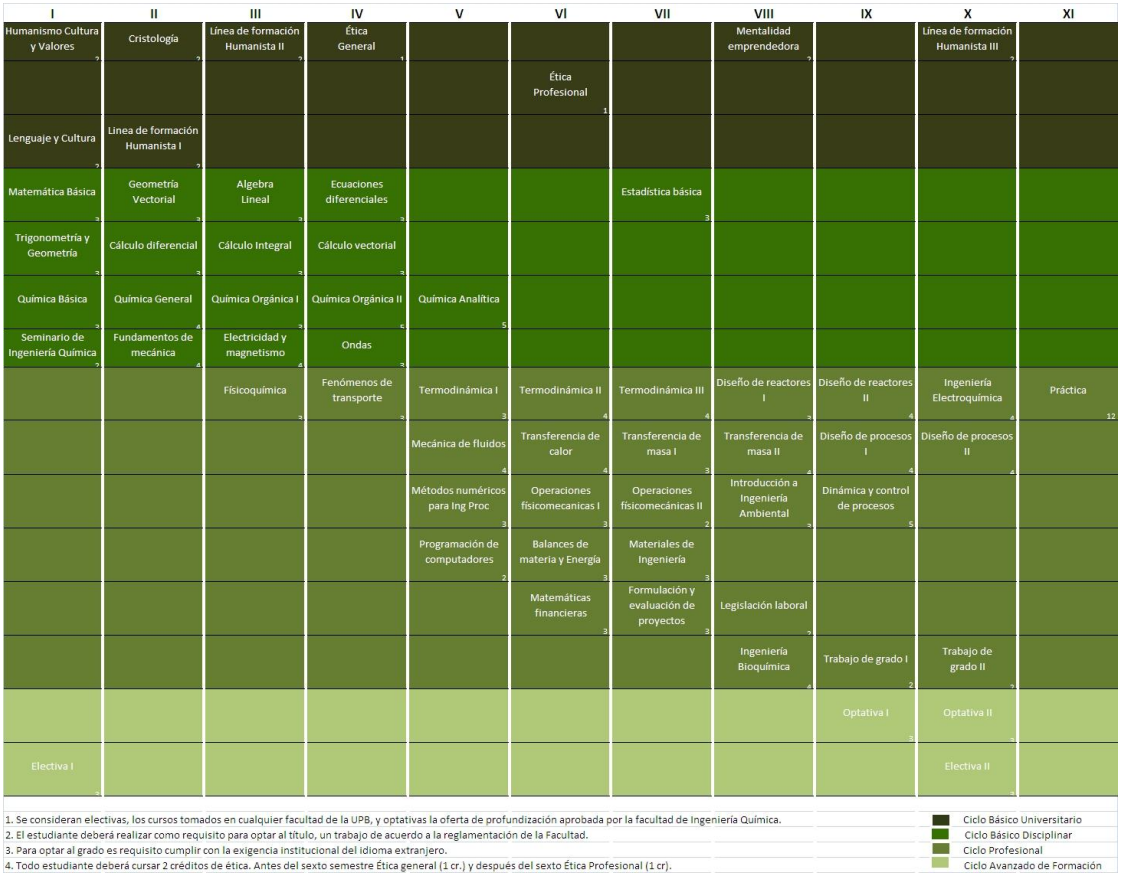


Figura 13: Plan de estudios programa Ingeniería Química-UPB.

La metodología de trabajo para el desarrollo del producto inicia con una monografía teórica desarrollada en el curso de Química Orgánica I (CDIO: Concebir – Diseñar), donde se trabaja la parte metodológica de búsqueda de información, planteamiento del problema, justificación, objetivos y metodología enfocada al desarrollo de la síntesis. Posteriormente se continúa en el curso de Química Orgánica II desarrollando el producto en forma experimental (CDIO: Diseñar – Implementar). De forma paralela, se hace uso del conocimiento adquirido en diversas materias del ciclo disciplinar como complemento para el montaje del proceso productivo a escala de laboratorio, como por ejemplo: análisis de fluidos y caídas de presión en las diferentes tuberías del proceso en Mecánica de Fluidos, selección del reactor y la cinética del mismo en Diseño de Reactores I, balances de materia y energía en los cursos de Transferencia de Masa y Balances, estandarización del método analítico requerido para la identificación y cuantificación del analito de interés en el curso de Química Analítica, diseño conceptual y de ingeniería en Diseño de procesos y Dinámica y Control de procesos (CDIO: Diseñar – Implementar). En cada una de estas asignaturas el estudiante obtiene un porcentaje de la nota total por el desarrollo del trabajo específico. Lo anterior garantiza una estructura técnica básica sólida que soporte y logre una óptima articulación con los ciclos profesionales propios del campo de acción.

La metodología además, busca fomentar la innovación originada en la creatividad y el trabajo en equipo multidisciplinar desde el aula de clase, apoyando las ideas desde su concepción hasta la materialización en productos que puedan ser incorporados al mercado, para lo cual se articula en una Comunidad de Práctica (CoP) integrada por cursos de Diseño de Empaques, Imagen Global, Propiedad Intelectual y Estandarización Química (CDIO: Operar) para seguir potenciando los productos y acercarlos a través de pruebas de producto hacia la innovación (Barreto, Gina y col., 2011).

En entrevista con un representante del sector productivo (Ingeniero Pablo Restrepo, Departamento Comercial, Andercol S.A.), afirma que en Colombia se requiere el desarrollo de materias primas, partiendo de la aplicación de la Química básica, generado a través de proyectos de investigación que vinculan la academia con la industria y con el fin de complementar y en largo plazo suplir las demandas nacionales de diversas materias primas.

Esta metodología de trabajo está dentro del programa de formación del Ingeniero Químico para alcanzar el *"Compromiso con el desarrollo tecnológico de la industria de transformaciones fisicoquímicas de la materia"*, como lo describe el perfil del Ingeniero Químico de la Universidad Pontificia Bolivariana (Facultad de Ingeniería Química, UPB, 2012).

2 Metodología

La metodología propuesta se fundamenta en el desarrollo de una tecnología para la producción de materias primas a través de síntesis orgánica. Se parte de una revisión bibliográfica de un tema específico propuesto por cada grupo de estudiantes, en el curso de Química Orgánica I. Esta propuesta, después de ser revisada y aprobada, se desarrolla experimentalmente en el curso de Química Orgánica II y es optimizada en semestres posteriores con el trabajo interdisciplinario desarrollado a través de los cursos de Química Analítica (para el desarrollo de las técnicas de identificación y cuantificación), Mecánica de Fluidos, Diseño de reactores, Transferencia de masa y energía y Diseño de controles y procesos. Finalmente, aquellos proyectos que generan los mejores resultados, se incorporan a una Comunidad de Práctica a través de la cual los estudiantes reciben asesorías en Diseño de Imagen y empaque, Propiedad Intelectual y Mercadeo, de forma tal que se complemente la formación y se logre la obtención de un producto integral que impacte el mercado.

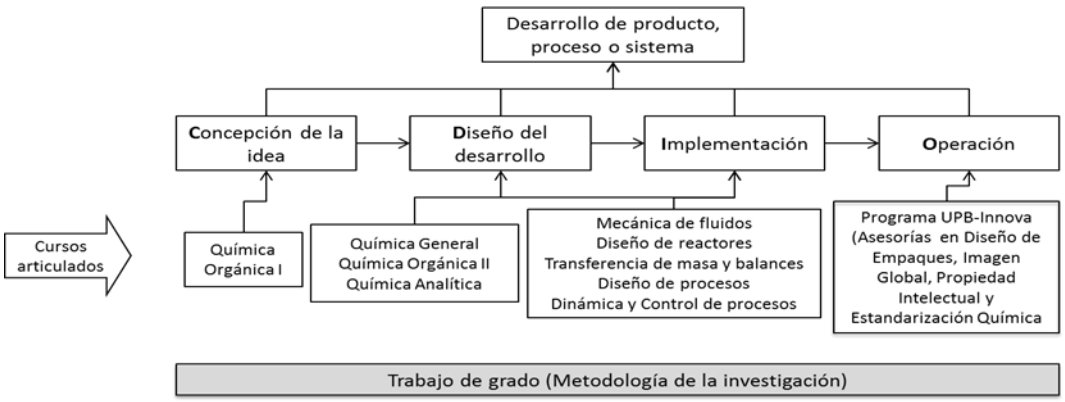


Figura 2: Diagrama de flujo de la propuesta metodológica

Para dar mayor claridad a la metodología, se utiliza como ejemplo el trabajo desarrollado por un grupo de estudiantes de cuarto semestre de Ingeniería Química, titulado: Síntesis de Ácido Acrílico a partir de Carburo de Calcio.

2.1 Preparación de la monografía

Las monografías se comienzan a estructurar desde las propuestas de cada grupo de trabajo en el curso de Química Orgánica I. La herramienta inicial que se entrega a los estudiantes corresponde a un ciclo de conferencias sobre motores de búsqueda bibliográfica y redacción de textos científicos dirigidas por los docentes encargados del Trabajo de Grado. Con esta información, los estudiantes elaboran un documento inicial que es corregido por los docentes de los cursos de Química Orgánica I, Química Orgánica II y Trabajo de Grado.

En el transcurso del semestre los grupos de trabajo deben realizar un seminario acerca de su monografía, con el fin de hacer una puesta en común con el resto del grupo en cuanto a la metodología propuesta para cada síntesis específica y al final del semestre realizan la entrega de un documento que recoge toda la revisión bibliográfica realizada.

2.2 Desarrollo de la síntesis orgánica

Durante el curso de Química Orgánica II, los grupos de trabajo realizan todo el trabajo experimental de la síntesis propuesta en la monografía desarrollada en el semestre inmediatamente anterior. Esta labor se complementa con las prácticas del Laboratorio de Química Orgánica II, en las cuales se revisan las técnicas de extracción, cristalización y purificación y adicionalmente se evalúan algunas técnicas de identificación de grupos funcionales. Este curso refuerza el ciclo de conferencias de Metodología de la Investigación, a través del desarrollo de los informes de cada práctica de laboratorio siguiendo la plantilla para la presentación de artículos de la Revista de Investigaciones Aplicadas de la Universidad Pontificia Bolivariana.

La síntesis orgánica de Ácido Acrílico involucró un montaje que permitió la síntesis *in situ* de Acetileno que posteriormente fue conducido hacia un sistema de reflujo en el cual se desarrolla la reacción para la producción de Cloruro de Vinilo recogido sobre un solvente de baja polaridad siguiendo una ruta de reactivos de Grignard para finalmente realizar una carboxilación y con ello la obtención de Ácido 2-Propenoico (Ácido Acrílico) por destilación.

Figura 3: Montaje experimental para pruebas preliminares

Al producto de este proceso se le realizan pruebas de identificación por HPLC que permitan asegurar la presencia del analito de interés y con ello se abordan temas preliminares relacionados con el curso de Química Analítica.

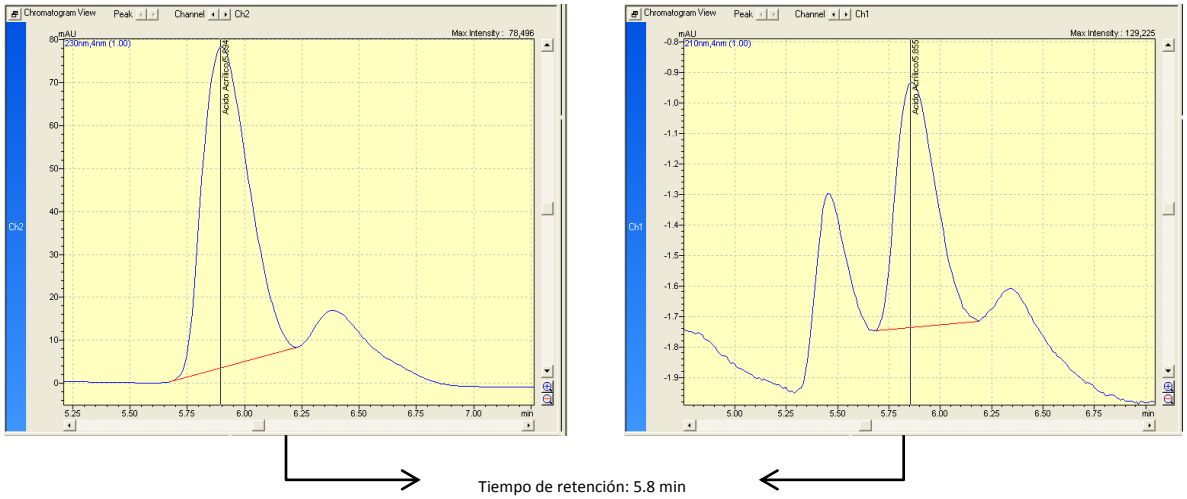


Figura 4: Cromatogramas comparativos Acido Acrílico STD vs Acido Acrílico obtenido

2.3 Fase de optimización

Después de verificar la efectividad de la experimentación realizada a través de las técnicas de identificación, se inicia la fase de optimización del proceso, que involucra un diseño experimental que permita incrementar los rendimientos de la síntesis desarrollada.

Para la estructuración del diseño experimental, se realiza por parte de los estudiantes una primera aproximación para la identificación de los puntos críticos de control del proceso de forma tal que se tenga una herramienta inicial para las asesorías relacionadas con los cursos correspondientes para cada área del saber: Mecánica de fluidos, Diseño de Reactores, Diseño de procesos y Dinámica y Control de procesos.

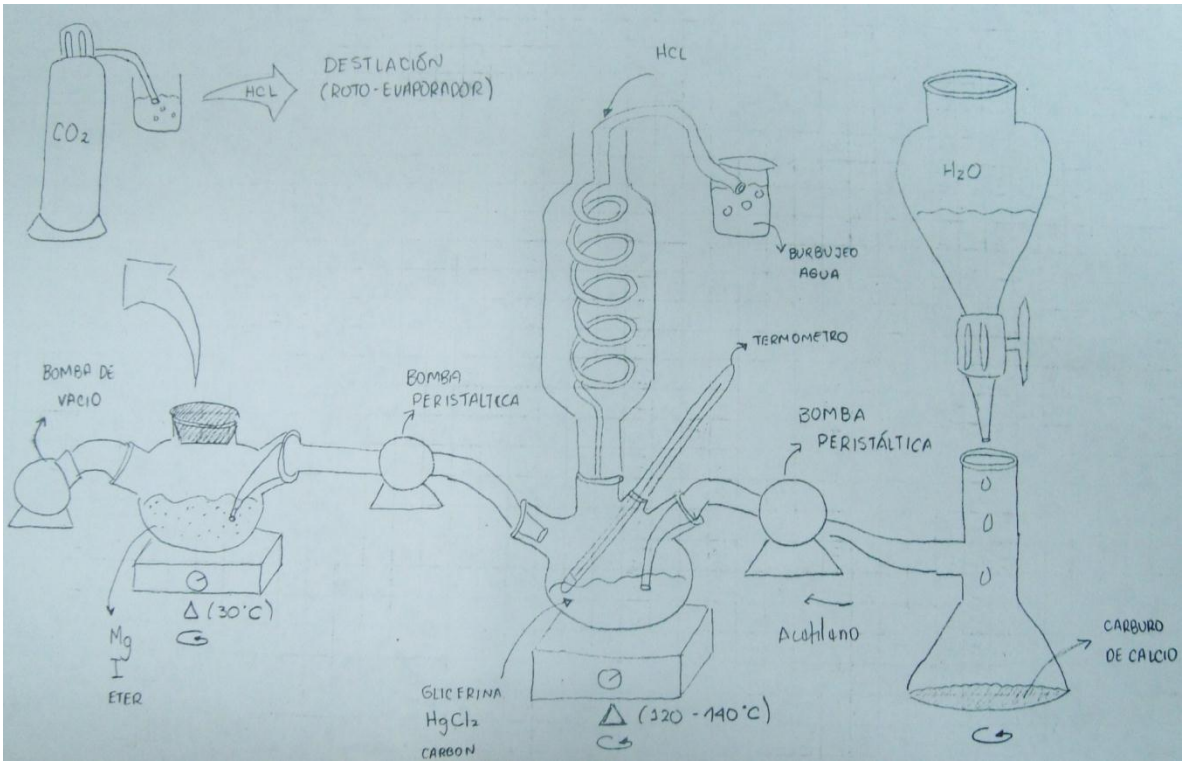


Figura 5: Aproximación inicial para identificar los puntos críticos de control de proceso

La etapa siguiente, corresponde al diseño básico preliminar del proceso y sus respectivos puntos de control. Este trabajo es desarrollado con la asesoría permanente de los respectivos docentes, de forma que se logre obtener un diseño a mano alzada como producto de la intervención multidisciplinar de diferentes áreas. Con

este diseño básico se busca obtener el boceto que permitiría iniciar la experimentación para el escalado a nivel piloto.

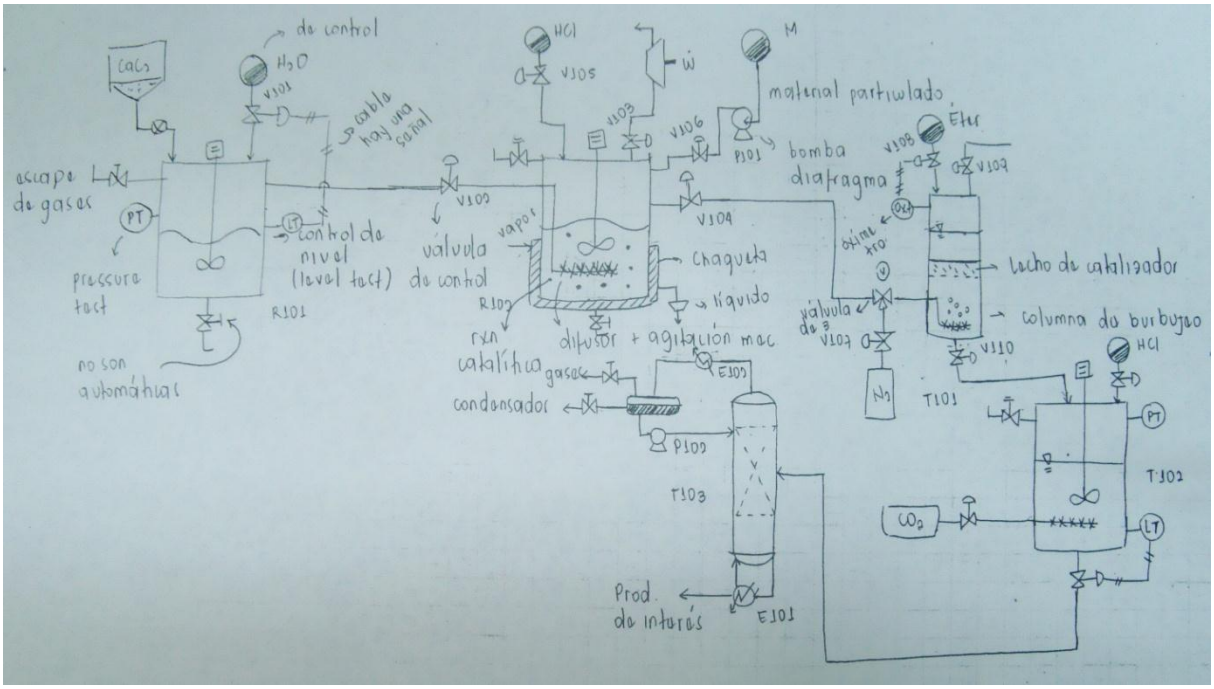


Figura 6: Aproximación inicial del diseño del proceso

2.4 Fase de estructuración del plan de negocios

Los trabajos realizados se exponen en una feria tecnológica para toda la comunidad académica universitaria, promovida desde el Centro de Investigación para el Desarrollo y la Innovación (CIDI), ente responsable de administrar los proyectos de investigación de la Universidad Pontificia Bolivariana.

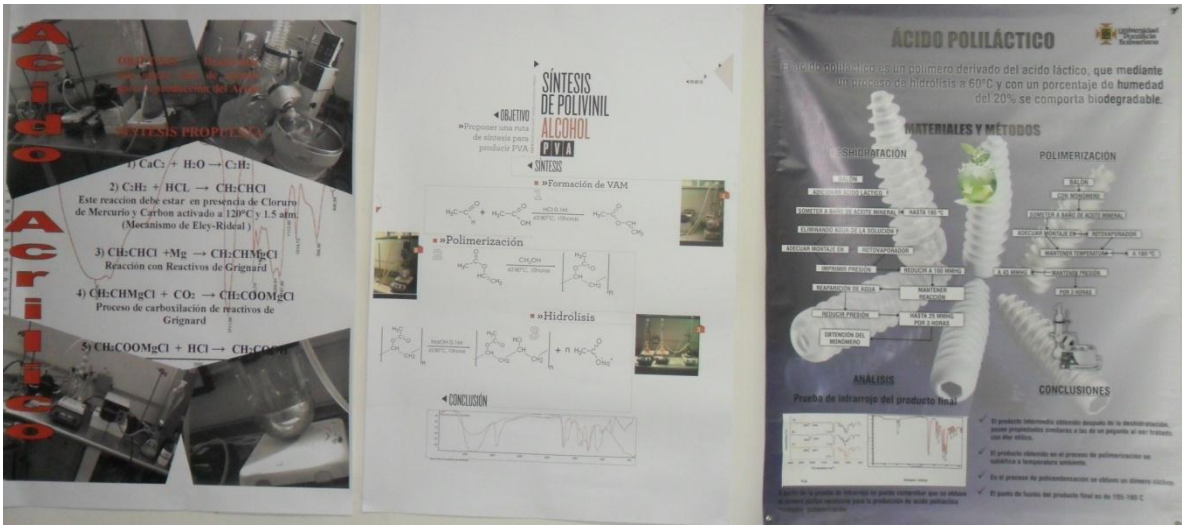


Figura 7: Muestra de los póster de los trabajos expuestos en la feria tecnológica

En esta feria se seleccionan los trabajos cuyos resultados evidencian viabilidad técnica para ser incorporados al programa UPB-Innova como una estrategia de fomento a la innovación, que se ajusta a la situación actual de las asignaturas de pregrado de la UPB a través de la metodología de las Comunidades de Practica (CoP) que utiliza actividades formales e informales motivadas desde los estudiantes donde los docentes ejercen labores de planeación y monitoreo y que confluyen en una visión compartida de generar capacidades en un proceso que ha sido complejo, y que empieza a arrojar resultados que impone nuevos retos para mantener su vigencia (Arboleda y colaboradores, 2011).Esta selección es realizada a través de un trabajo en conjunto entre docentes de la Facultad y representantes del sector productivo, los cuales evalúan la importancia y necesidad de la propuesta para el mercado, coherencia técnica e innovación.

El programa UPB-Innova brinda apoyo a los grupos de estudiantes a través de un grupo interdisciplinario de profesionales de las áreas de Diseño de empaque, Diseño de imagen, Mercadeo, Evaluación de proyectos, Propiedad intelectual, Vigilancia Tecnológica y Asuntos regulatorios.

El objetivo durante esta fase es evaluar la viabilidad económica de cada propuesta y con ello establecer la posibilidad de brindar apoyo económico para su desarrollo industrial o hacer el enlace con la industria buscando establecer negociaciones por los nuevos desarrollos.

3 Resultados obtenidos

Actualmente los desarrollos propuestos se encuentran en fase final de *Diseño* e iniciando la estructuración de la fase de *Implementación*, por tanto, el primer objetivo de la implementación de la metodología propuesta no ha generado aún resultados industriales.

De otro lado, la reducción en la deserción estudiantil coincide con la implementación de la nueva propuesta metodológica que permite integrar asignaturas del pregrado. Para el primer semestre de 2007 la deserción estudiantil en la Facultad de Ingeniería Química era del 8.2% que ascendió al 9.5% para el segundo semestre del mismo año y se estabilizó durante los dos semestres del siguiente año (2008) en 8.3%-8.4%. En el primer semestre del año 2009 se evidenció un incremento significativo de la deserción que alcanzó un valor de 11.4% que se incrementó de forma marcada hasta un 15.3% en el primer semestre del año 2010. Durante este período se observa una tendencia creciente en el fenómeno de deserción en la Facultad.

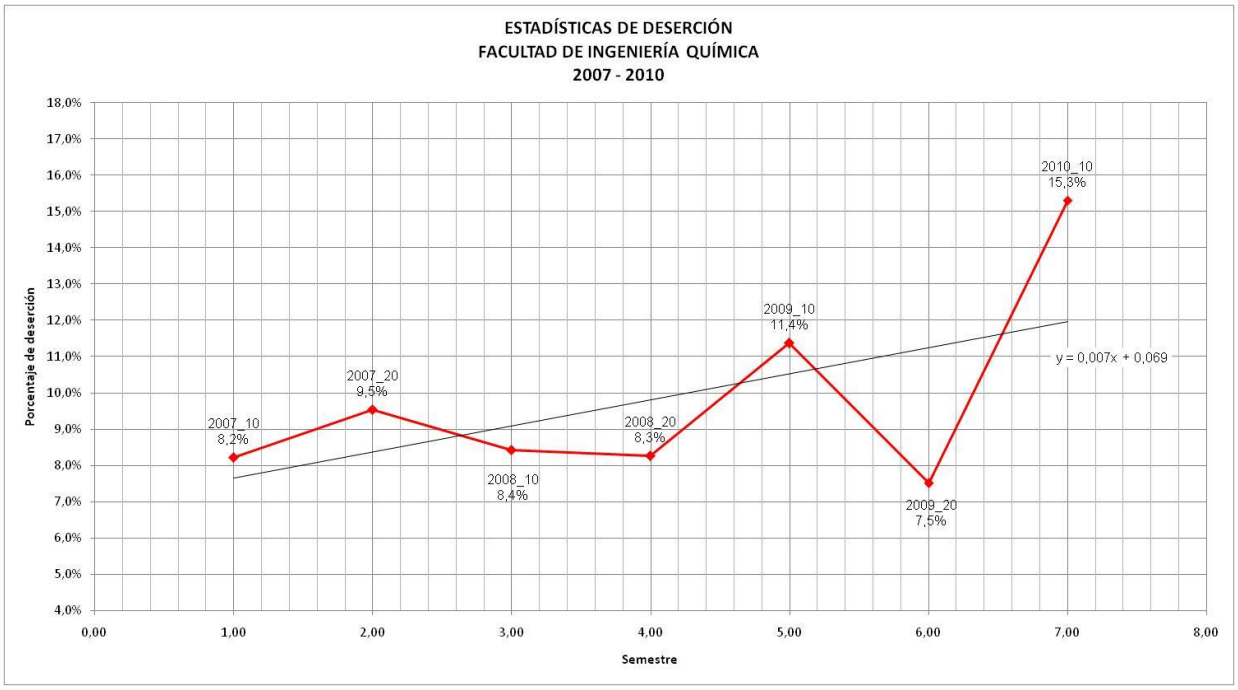


Figura 8: Porcentaje de deserción estudiantil en el período 2007_10 a 2010_10

A partir del segundo semestre de 2010 se implementa la fase inicial de esta metodología que consistió fundamentalmente en el levantamiento de una monografía y la ejecución de pruebas preliminares que permitieron planificar el desarrollo enmarcado desde la iniciativa CDIO. La implementación de esta metodología promovió la reducción de la deserción estudiantil hasta un 7.4% para el primer semestre del año 2011 y mostrando una tendencia con esta misma dinámica.

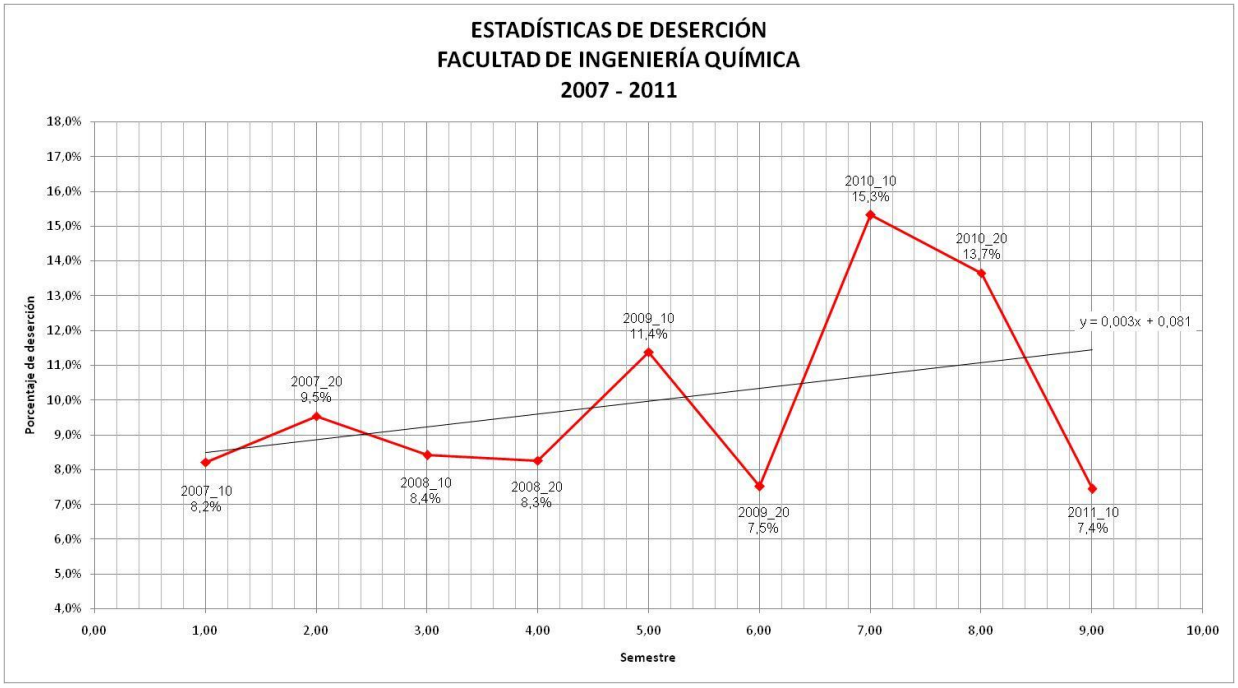


Figura 9: Porcentaje de deserción estudiantil en el período 2007_10 a 2011_10

Evaluando el comportamiento de esta variable durante el período de aplicación de la nueva metodología, se observa una tendencia negativa, que se hace necesario seguir vigilando con el fin de reducirla a valores inferiores a los que tradicionalmente se han observado.

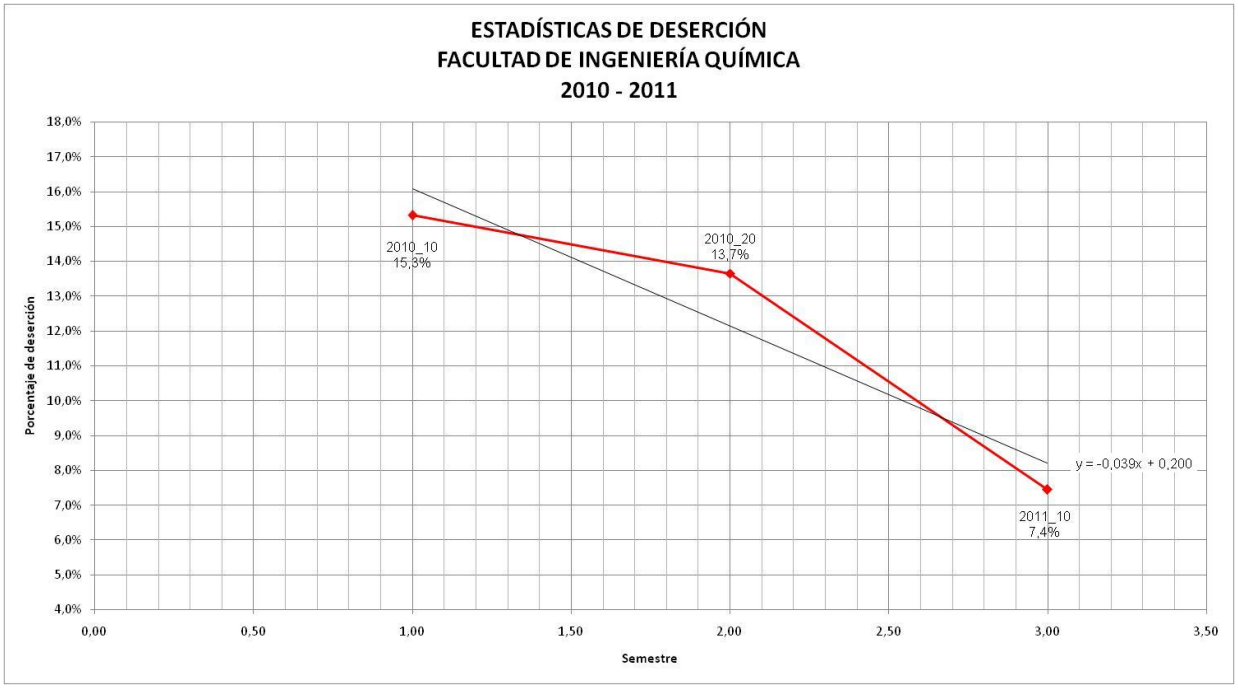


Figura 10: Porcentaje de deserción estudiantil en el período de aplicación de la nueva metodología 2010_10 a 2011_10

4 Conclusión

La metodología propuesta desde la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Pontificia Bolivariana, pretende establecer un flujo integral para el desarrollo de nuevos productos, generados desde las ideas nacidas en las aulas de clase, de forma que se articulen el mayor número de asignaturas de la malla curricular, entregando a los estudiantes una mejor visión de la aplicabilidad de lo conceptual y promoviendo la interdisciplinariedad en el desarrollo integral de productos.

Durante el período de aplicación de la nueva metodología se observa una reducción significativa de la deserción estudiantil (de 15.3% a 7.4%) logrando una tendencia negativa.

Referencias

Arboleda, C. & colaboradores (2011). Programas que promueven la innovación desde las asignaturas del pregrado. International symposium on project approaches in engineering education, PAEE'2011.

Barreto, G., Rendón, A., Sánchez, A., & Rivera, H. (2011). Turbulencia empresarial en Colombia: sector materias primas químicas 2001-2009. Documentos de Investigación - Facultad de Administración, Universidad del Rosario, 95, 1-56.

Crawley, E. et al. (2007). Rethinkingengineeringeducation. The CDIO Approach. New York, SpringerScience + Bussines Media

Duque, M. (2006). Competencias, aprendizaje activo e indagación: Un caso práctico en ingeniería.Revista Educación en Ingeniería, 2, 7-18.

Facultad de Ingeniería Química, UPB, (2012). Perfil profesional del Ingeniero Químico. http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1054,32548205&_dad=portal&_schema=PORTAL

Facultad de Ingeniería Química, UPB, (2012). Plan de estudios del programa de Ingeniería Química. http://www.upb.edu.co/portal/page?_pageid=1054,32548183&_dad=portal&_schema=PORTAL

Kolb, D. (1984). Experiencial learning: experience as The Source of Learning and Development. New Jersey, Prentice Hall.

Sempere, J., & Nomen, R. (2000). Química fina y desarrollo sostenible. Ingeniería Química Universidad Complutense, 373, 139-142.

Organización y Control de Inventarios e Implementación de un Sistema para la Gestión de los ítems del Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ingeniería Química

Gilberto Mireles[*], Adriana Ancona[+], Miriam Chan[*]

[*] Cuerpo Académico de Ingeniería en Sistemas de Producción y Logística, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, Periférico Norte Kilometro 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburna de Hidalgo Inn, C.P. 97203. Mérida, Yucatán, México
[+]Coordinación Institucional de Planeación y Desarrollo, Universidad Autónoma de Yucatán, Calle 60 No. 491-A Mérida, Yucatán, México

Email: gilberto.mireles@uady.mx, adriana.ancona@uady.mx, cpavon@uady.mx

Abstract

Like part of the process of maduration in the Educational Practice, the Autonomous University of Yucatán has looked for vanguardist didactic strategies that support the fortification of the points established in Mission 2020. The School of Chemical Engineering works at the moment in a process of dissemination of the techniques that has considered more appropriate for its context. Between the chosen techniques is the Project Oriented Learning (POL), that is distinguished to promote the knowledge acquisition through the construction and experimentation in work groups, Interdisciplinary nature, Motivation, Better communication, Respect to dates limits, Decision making.

This paper describes the solution of a problem in planning, organization and management at the warehouse of the Biotechnology Laboratory using inventory control techniques in a particular area in an organization to solve problems is a valuable contribution of interdisciplinary work.

Additionally, we propose some performance indicators through its application will result in corrective measures.

Keywords: Project Oriented Learning, Inventory management, maximum and minimum levels, bar code, WMS.

1 Antecedentes

El Objetivo principal que la Universidad tiene en la formación de sus egresados es que estos sean activos y participativos. Este perfil esta acorde con su Misión y Visión a 2020, y se basa en el Modelo Educativo para la Formación Integral (MEFI, 2011), donde se coloca en el centro la formación integral del estudiante, a través de la articulación de seis ejes, los cuales se observan en la siguiente figura.

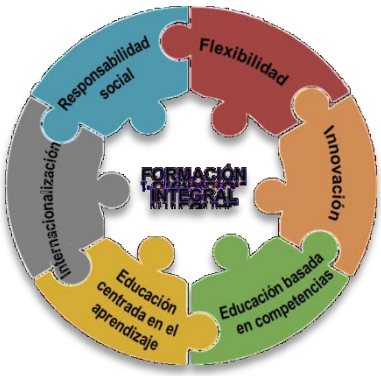


Figura 1. Modelo Educativo para la Formación Integral (MEFI, 2011)

En el MEFI de la UADY, el estudiante constituye el centro de su actuación; se reconoce como el agente principal del proceso de enseñanza-aprendizaje y es concebido como un ser humano integrado por cinco dimensiones: social, emocional, cognitiva, física y actitudinal-valoral. Asimismo, es concebido como un sujeto activo, capaz de gestionar su propio conocimiento a través de un proceso de construcción, donde utiliza sus habilidades cognitivas de interiorización, reacomodación y transformación de la información para la adquisición de aprendizajes significativos, para formar nuevas estructuras cognoscitivas que le hagan posible enfrentar situaciones iguales o parecidas en la realidad. En el MEFI, el estudiante tiene mayor participación en la construcción de su aprendizaje con acompañamiento de los profesores en toda su trayectoria escolar. La responsabilidad del aprendizaje recae principalmente en el estudiante, mediante actividades dentro y fuera del aula, mismas que van desde las clases presenciales hasta la participación en escenarios reales en las que el estudiante activa las competencias desarrolladas, fortaleciendo sus

aprendizajes. Asimismo, el estudio independiente es considerado imprescindible para el desarrollo de su autonomía.

2 Metodología

Las técnicas didácticas que apoyan el objetivo del MEFI tienen como principal característica la de permitir que se tenga una experiencia vivencial en la que se adquiere conocimiento de la realidad en la medida en que se analizan y resuelven ciertas situaciones expresadas en problemas, casos o proyectos. Es importante tener en cuenta las siguientes distinciones:

- Fomentan el desarrollo del aprendizaje colaborativo a través de actividades grupales, ya sea de forma presencial o virtual, entre estudiantes del mismo Instituto o con otros de diversas universidades nacionales o internacionales.
- Promueven en el docente el desempeño de un nuevo rol: el de facilitar el aprendizaje y hacer que el alumno profundice en los conocimientos. Este cambio en el papel del profesor trae como consecuencia una modificación en el papel del alumno, al convertirlo en un sujeto activo que construye su conocimiento y adquiere mayor responsabilidad en todos los elementos del proceso.
- Permiten la participación del alumno en el proceso de evaluación de su aprendizaje. Esto conduce al desarrollo de su autonomía, de su capacidad de tomar decisiones y de asumir la responsabilidad de las consecuencias de sus actos.
- La selección de la técnica didáctica está en función del campo disciplinar o área de conocimiento y el nivel de formación de los alumnos.

La técnica de Aprendizaje Orientado a Proyectos cuyas siglas en ingles POL (Project Oriented Learning), es aplicada:

- En disciplinas en las que es factible la integración del conocimiento y la generación de un proyecto específico.
- Puede aplicarse más adecuadamente en los cursos o áreas propias de la especialidad al final de la carrera profesional y en los estudios de posgrado.
- Se aplica en las áreas básicas de nivel profesional.

Las características de los proyectos en la técnica POL son:

- Presentar situaciones en las que el alumno aprende a resolver problemas no resueltos utilizando conocimiento relevante.
- El trabajo se centra en explorar y trabajar un problema práctico con una solución desconocida.
- Son diseñados de tal manera que abarquen al menos un curso, incorporando contenidos de una misma disciplina, o bien, de varias de ellas.
- Demandan la aplicación de conocimientos interdisciplinarios. Así, el alumno puede apreciar la relación existente entre las diferentes disciplinas en el desarrollo de un proyecto en particular.
- Permiten la búsqueda de soluciones abiertas, dando así oportunidad al alumno de generar nuevo conocimiento

2.1 Objetivo de la metodología de enseñanza

El POL busca que el proceso de aprendizaje se dé en la acción, es decir que el alumno aprenda haciendo, adquiriendo una metodología adecuada para afrontar los problemas que se le presentarán en su futura práctica profesional. También se busca que el estudiante aprenda a aprender.

2.2 Diseño de la investigación

2.2.1 Diseño instruccional

Para poder aplicar la estrategia de POL es necesario definir primeramente el tipo de modelo a utilizar. Entre otros aspectos, el modelo se define en función de los cursos que abarcará el proyecto.

En este caso, el modelo que se aplicó fue el de desarrollar el proyecto dentro de la duración del curso de la materia de Almacenes e Inventarios, realizado por los estudiantes de 8º Semestre de Ingeniería Industrial Logística el cual consiste en determinar la organización, el control e implementación de un sistema para la gestión de los ítems del laboratorio de biotecnología de la Facultad de Ingeniería Química (FIQ).

En el período que cubre el curso se adquiere la formación teórica en el aula y la implementación de la metodología en la solución de un problema o en el desarrollo de una mejora. La materia de almacenes e inventarios se cursa a lo largo del octavo semestre, tiempo en el que se implementa y concluye el proyecto.

Este diseño supone un compromiso con la comprensión de las relaciones existentes entre los fundamentos teóricos y tácitos sobre la enseñanza

2.2.2 Escenario y participantes

El escenario de implementación es el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Yucatán, en donde además de realizarse los proyectos de investigación, se realizan prácticas profesionales de alumnos de diversas licenciaturas, se imparten cursos y talleres y también se almacenan los materiales, productos químicos y reactivos requeridos para ser realizados todos los trabajos antes mencionados. El hecho de que no se cuente con un espacio único que funcione como almacén y que este no sea controlado por una única persona, dificulta mucho el control de los materiales y reactivo pues son los diversos usuarios del laboratorio quienes tienen acceso directo a todos estos productos y son ellos quienes tienen la responsabilidad de realizar las bajas de los consumos de cada producto, reportar las mermas y efectuar las guardas de los mismos en los lugares predeterminados con anterioridad. Otro aspecto se presenta con la complejidad de las compras de estos productos ya que los mismos se adquieren en base a un proyecto determinado y a nombre de un investigador en específico; pero también existen productos que son adquiridos a granel por la propia Facultad de Ingeniería Química lo que puede provocar una falta o desabastecimiento de algún producto por no tenerse el control respecto de esa compra y de ese almacén que le pertenece a la facultad.

El trabajo fue realizado por un grupo de veinte alumnos del octavo semestre de la Licenciatura en Ingeniería Industrial Logística quienes ejecutaron todo el proyecto en un periodo de aproximadamente 10 días. También se tuvo la participación de tres profesores como coordinadores de las actividades y tres más como asesores en temas especializados de ingeniería.

3 Implementación

Para poder aplicar la estrategia de Aprendizaje orientada a Proyectos es necesario que el profesor defina primeramente el tipo de modelo a utilizar:

El proyecto fue elaborado dentro del curso de Almacenes e Inventarios y se tituló “ORGANIZACIÓN Y CONTROL DE INVENTARIOS E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA GESTIÓN DE LOS ÍTEMS DEL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA”

El concepto de almacenamiento (Warehousing) engloba todas aquellas actividades que permiten el correcto almacenaje, control de productos y la preparación de pedidos.

Muchas veces se le conoce simplemente como almacenamiento en sí, lo cual es una simplificación errónea, ya que, el concepto de almacenamiento ha cambiado para ser un arma estratégica utilizada para mejorar la posición competitiva, pero el verdadero valor del almacenamiento está en tener el producto en el momento oportuno y el lugar correcto para que una empresa cumpla con sus objetivos de servicio.

Para lograr cumplir dichos objetivos, se vuelve necesario tener una planeación continua y contar con procedimientos detallados para anticiparse a los requerimientos de materiales y de esta manera utilizar al máximo el espacio dentro del almacén cumpliendo con las necesidades de abasto y buscando una reducción de costos.

3.1 Problemática que soluciona el proyecto

En el Laboratorio de Biotecnología de la FIQ se realizan investigaciones en las que trabajan varios equipos simultáneamente, mismos que son registrados y autorizados para poder utilizar las instalaciones durante el período que dure el proyecto que estarán realizando.

A diferencia de los laboratorios en los que se realizan prácticas de carácter didáctico (las cuales son en horarios y días programados), el Laboratorio de Biotecnología tiene horarios de trabajo continuo, incluso en días inhábiles y fines de semana. No cuenta con un área restringida de almacén de equipo, utensilios y sustancias químicas. Los usuarios tienen acceso a estos recursos de forma libre pues tampoco cuenta con una persona fija que se encargue del control de retirada de materiales pues, como se había mencionado con anterioridad, es un laboratorio de investigación con actividad continua.

Antes de iniciar la organización, el control e implementación del sistema para la gestión de los ítems del laboratorio, se realizó una pre evaluación por parte del responsable del laboratorio y el líder del proyecto para determinar la situación del laboratorio.

La dinámica de operación descrita anteriormente, ocasiona que el manejo del inventario de reactivos se vuelva complicado para administrarlo y esto da lugar a una serie de escenarios irregulares para los ítems almacenados:

- Reactivos fuera de su ubicación.
- Apertura de dos recipientes del mismo reactivo simultáneamente.
- Reactivos caducados.
- Reactivos agotados.

3.2 Objetivo general del proyecto

Resolver, mediante el uso de las herramientas de gestión de inventarios, las dificultades de operación detectadas en la problemática del Laboratorio de Biotecnología aplicando la técnica de Aprendizaje Orientado a Proyectos (POL) para la mejora del aprendizaje de los alumnos mediante la integración del conocimiento en la resolución del mismo.

3.3 Objetivos específicos del proyecto

- Analizar las condiciones iniciales del laboratorio para determinar los criterios que serán utilizados por los equipos y comunicarlos a éstos para que puedan ser planeados los trabajos de las etapas posteriores.
- Realizar un correcto control físico de los ítems utilizados en el laboratorio de Biotecnología mediante la implementación de recuentos físicos de acuerdo a las características propias del laboratorio.
- Determinar los máximos y mínimos de los inventarios y punto de re-orden de cada ítem.
- Asignar localizaciones específicas a cada ítem según el área y gaveta, por medio de criterios determinados en la etapa uno que permitan efectuar una gestión adecuada de los mismos
- Catalogar con códigos de barras cada ítem e implementar un sistema de códigos de barras en el laboratorio que contribuya al control del inventario.
- Controlar la retirada de los ítems realizada por el usuario como parte de sus actividades dentro del laboratorio.
- Crear un software que se integre a todo el sistema de control de materiales permitiendo una eficaz ubicación y localización de ítems, consultas y registros, actualizaciones, altas y bajas de materiales y que identifique a los usuarios que mantienen contacto con los ítems.
- Capacitar al personal que se involucra directamente con los trabajos del laboratorio y que tendrá la necesidad integrarse al sistema de gestión de inventarios.

3.4 Etapas del proyecto

A continuación, se presenta la secuencia y descripción de las etapas que se llevaron a cabo para implementar el proyecto.

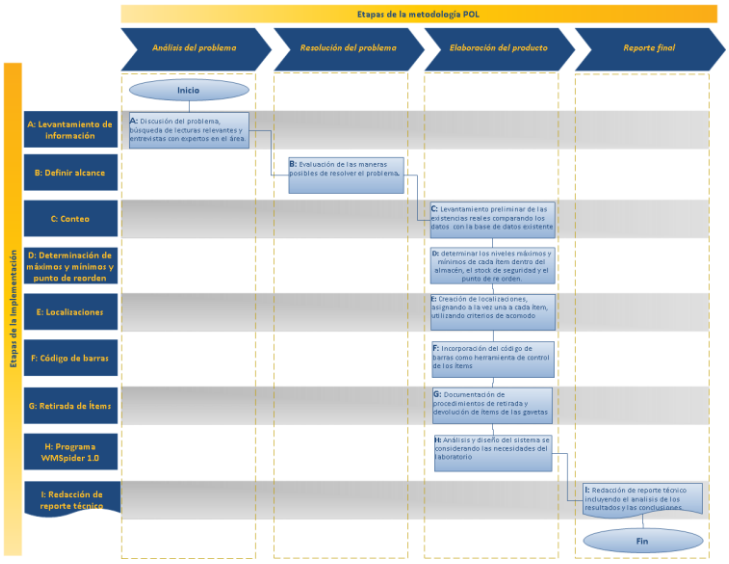


Figura 2. Etapas de Implementación del Proyecto.

La figura muestra la relación entre las etapas del método POL y las etapas de implementación del proyecto realizado por los alumnos.

Se presenta a continuación una descripción de las principales características y actividades que se realizaron tanto en la etapa de implementación de la metodología POL como en la de implementación del proyecto en sí.

3.4.1 Análisis del problema

La característica general de ésta etapa contempla la presentación del problema dentro del contexto, se evalúa su relevancia y se discuten las posibles soluciones.

A: Levantamiento de información

Esta etapa tiene un gran impacto ya que las decisiones sobre cómo se diseñaran las siguientes etapas y con qué criterios se propondrán las posibles medidas a utilizar para mantener la gestión de los ítems del laboratorio bajo control, surgen de este primer análisis.

Las actividades que suceden en esta etapa comprenden la discusión del problema, búsqueda de lecturas relevantes y entrevistas con expertos en el área.

3.4.2 Resolución del problema

La etapa de resolución del problema se caracteriza por determinar el nivel de profundidad con el que van a estudiarse los contenidos, y las principales actividades incluyen la evaluación de las maneras posibles de resolver el problema. El problema puede dividirse en sub partes para mayor detalle.

B: Definir alcance

Derivado del levantamiento de información, se determinó que el proyecto seria implementado en los reactivos de Biología Molecular y medios de cultivos (por ser los más utilizados dentro del laboratorio) pues se tomo el cuidado de definir un alcance para que pudieran concluirse los trabajos en los tiempos establecidos.

El enfoque de esta primera etapa estuvo dirigido al análisis de las condiciones del almacén del laboratorio más que a los procedimientos, lo que conllevó a que, al finalizar el proyecto, algunos criterios propuestos en las etapas consecuentes no satisficieron las necesidades actuales del laboratorio.

En esta etapa se realizó el llenado de una lista de verificación (véase la figura 3) con la finalidad de definir las generalidades de los ítems, recursos utilizados para el manejo de los mismos, las áreas funcionales que corresponden al almacén del laboratorio y los servicios que éste presta.

EN QUE SE ALMACENA ACTUALMENTE?			
		SI	NO
1	En anaqueles		X
2	En patios, ya sea utilizando estanterias o no		X
3	A campo abierto		X
4	En silos		X
5	En cámaras refrigeradas	X	
6	En estibas, se puede clasificar por fecha de caducidad		X
7	En sacos u otro tipo de recipientes		X
8	En gabinetes cerrados	X	
9	En cajas de seguridad o bóvedas		X
10	Otro,especifique: **Gavetas de seguridad**		
DISTRIBUCION DEL ESPACIO			
1	Área para la recepcion	X	
2	Área para el almacenamiento	X	
3	Área de entrega o despacho		X
4	Área de maniobras		X
5	Áreas para los rechazos	X	
6	Área para la mercancia ajena	X	
7	Área para los pasillos	X	
8	Área para la mercancia devuelta por los clientes		X
9	Área para el equipo de seguridad	X	
10	Área para los símbolos y señales	X	
11	Área de control de inventarios	X	

Figura 3. Lista de verificación de las condiciones del almacén.

3.4.3 Elaboración del producto

Se establece la solución posible y se pone en marcha su desarrollo para obtener el producto. En esta etapa se establece una solución al problema, un plan de trabajo y los roles para generar el producto.

El grupo de estudiantes se dividió en equipos de trabajo los cuales se encargaron de la realización de una serie de actividades planeadas para que la información que genero el equipo 1, sirvió como información de entrada para el equipo 2 y así sucesivamente. A continuación se describen las actividades realizadas por cada equipo.

C: Conteo

En esta etapa del proyecto, se realizó el levantamiento preliminar de las existencias reales, seguidamente se compararon los datos recabados con la base de datos existente y por último se obtuvieron los datos pertinentes relacionados con la administración, control y utilización del laboratorio.

Para el conteo preliminar se pidió al responsable del laboratorio la lista de reactivos definidos en la etapa uno del proyecto por ser los de mayor utilización, estos son los reactivos de Biología Molecular y medios de cultivos, así como las restricciones y consideraciones necesarias a tomar en cuenta para la realización del conteo físico. Luego se procedió a determinar las características que identifican a cada ítem, como son: nombre, marca, catálogo, lote y tara.

La siguiente actividad consistió en realizar un reconocimiento físico del área del laboratorio en donde se encuentran almacenados los diferentes ítems y se procedió a realizar el conteo físico de los ítems. Dentro de esta actividad, es necesario contar, pesar y marcar los ítems ya contados, y conformar una base de datos con la información mencionada.

Esta base de datos fue proporcionada al responsable del laboratorio para que pueda conocer la lista de los ítems que estarán reportados dentro del sistema, de igual manera fue proporcionada a las personas responsables de elaborar el Sistema de administración de almacenes (WMS; Warehouse Management Sistem) para la definición de las bases de datos contenidas en el software, a los responsables de determinar los máximos y mínimos al equipo encargado de elaborar los códigos de barras pues esta lista define la asignación de uno de los dígitos del código.

Finalmente se consultó con el responsable del laboratorio como realizaban el conteo anteriormente para poder determinar los aspectos más relevantes para la realización del procedimiento del recuento físico.

D: Determinación de máximos y mínimos y punto de reorden

Durante esta etapa se recolectó información revisando el historial de los 10 años anteriores de todas las compras realizadas de los ítems reportados en la base de datos generada en la etapa dos del proyecto (conteo) y de igual manera se revisó la información brindada por la responsable del laboratorio.

Para el análisis de la información obtenida se utilizaron herramientas de carácter estadístico y con base a ellas, se procedió a determinar los niveles máximos y mínimos de cada ítem dentro del almacén, el stock de seguridad y el punto de re orden.

Lo anterior permitió definir el status de los items existentes, esto se refiere a determinar cuánto rota cada uno, si se tiene una cobertura y de cuánto tiempo es esta.

De esta etapa se obtuvo una tabla que contiene las características de cada ítem, tales como tamaño de presentación, consumo promedio anual, tiempo de reabastecimiento, porcentaje de demora de llegada del producto, máximo, mínimo, punto de re-orden, stock de seguridad, entre otras. Esta base de datos fue proporcionada al responsable del laboratorio, al equipo encargado de realizar el WMS.

La figura 4 muestra la tabla de la base de datos denominada “Análisis del historial de inventarios 1999-2008”

ANÁLISIS DEL HISTORIAL DEL INVENTARIO 1999-2008

REACTIVO	TAMAÑO DE LA PRESENTACION		TOTAL DE PIEZAS COMPRADAS (BOTELLAS)	PROMEDIO DE PIEZAS COMPRADAS (BOTELLAS)	CONSUMO PROMEDIO ANUAL (G/ML)	CONSUMO PROMEDIO DIARIO (G/ML)	TIEMPO EN LLEGAR EL REACTIVO (DÍAS)	% DE DEMORA DE LLEGADA	TIEMPO MAXIMO DE LLEGADA DEL REACTIVO (DÍAS)	MÍNIMO (GR/ML)	MÁXIMO (GR/ML)	PUNTO DE REORDEN (GR/ML)	STOCK DE SEGURIDAD (GR/ML)	DURACION DEL STOCK DE SEGURIDAD (DIAS)	INDICE DE ROTACIÓN
Caldo MRS	500	GR	15	1.5	750	2.055	32	8%	34	65.411	755	70.644	5.233	3	1.5
Agar Agar	500	GR	14	1.4	700	1.918	39	8%	42	75.114	706	81.123	6.009	3	1.4
Agar Sal y Manitol	450	GR	7	0.7	315	0.863	18	8%	20	15.750	316	17.010	1.260	1	0.7
Extracto de Carne	500	GR	7	0.7	350	0.959	36	8%	39	34.201	353	36.937	2.736	3	0.7
Extracto de Levadura	500	GR	7	0.7	350	0.959	39	8%	42	36.918	353	39.871	2.953	3	0.7
Cloruro de sodio	500	GR	6	0.6	300	0.822	30	8%	32	24.384	302	26.334	1.951	2	0.6
Agar MacConkey	450	GR	5	0.5	225	0.616	43	8%	46	26.301	227	28.405	2.104	3	0.5
Agua Peptonada	500	GR	5	0.5	250	0.685	9	8%	10	6.164	250	6.658	0.493	1	0.5
Agar Anaeróbico	500	GR	4	0.4	200	0.548	53	8%	58	29.224	202	31.562	2.338	4	0.4
Agar TCBS	450	GR	4	0.4	180	0.493	61	8%	66	30.082	182	32.489	2.407	5	0.4
Caldo Soya Tripticaseina (TSB)	500	GR	4	0.4	200	0.548	30	8%	32	16.438	201	17.753	1.315	2	0.4
Dextrosa Anhidra	500	GR	4	0.4	200	0.548	28	8%	30	15.342	201	16.570	1.227	2	0.4
Trizma base	1000	GR	4	0.4	400	1.096	42	8%	45	45.479	404	49.118	3.638	3	0.4
Acetato de sodio	500	GR	3	0.3	150	0.411	59	8%	63	24.041	152	25.964	1.923	5	0.3
Agar Bilis Rojo Violeta (RVB)	500	GR	3	0.3	150	0.411	21	8%	23	8.630	151	9.321	0.690	2	0.3
Agar MacConkey Sorbitol	500	GR	3	0.3	150	0.411	63	8%	68	25.890	152	27.962	2.071	5	0.3
Agar Metodos Estandar	450	GR	3	0.3	135	0.370	6	8%	6	2.219	135	2.397	0.178	0	0.3
Agar PDA (Dextrosa y Papa)	450	GR	3	0.3	135	0.370	14	8%	15	4.993	135	5.393	0.399	1	0.3
Bacto Triptona	500	GR	3	0.3	150	0.411	65	8%	70	26.712	152	28.849	2.137	5	0.3
Caldo Bilis Verde Brillante	500	GR	3	0.3	150	0.411	57	8%	62	23.425	152	25.299	1.874	5	0.3
Caldo EC	500	GR	3	0.3	150	0.411	22	8%	24	9.041	151	9.764	0.723	2	0.3
Caldo Lactosa	500	GR	3	0.3	150	0.411	24	8%	25	9.658	151	10.430	0.773	2	0.3
Ácido Sulfúrico	500	ML	2	0.2	100	0.274	55	8%	59	15.068	101	16.274	1.205	4	0.2
Agar Dextrosa Triptona	500	GR	2	0.2	100	0.274	41	8%	44	11.233	101	12.132	0.899	3	0.2

Figura 4. Análisis del Historial de Inventario del Laboratorio de Biotecnología.

E: Localizaciones

Se crearon localizaciones, asignando a la vez una a cada ítem, utilizando criterios de acomodo que ayuden al mejor manejo de los productos. Para las asignaciones, no se utilizaron criterios como el ABC, o el de mayor rotación, debido a que por la naturaleza y diversidad de los productos, no fue posible aplicar ese criterio sino que el acomodo de los reactivos se realizo según al área a la que pertenecían y a su tamaño, colocándolos de tal forma que se logre una ubicación de forma visual.

Dentro de esta etapa también se realizó el layout del laboratorio y se identificaron las siguientes áreas: general, biología molecular, lavado y fermentación. (véase figura 5).

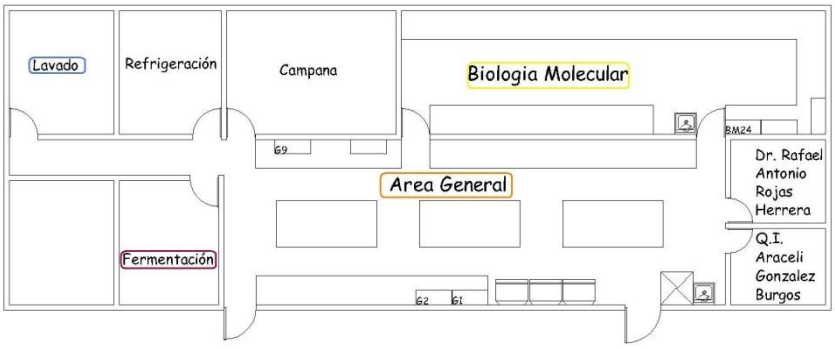


Figura 5. Lay-out del Laboratorio de Biotecnología.

Posteriormente, a cada gaveta y vitrina perteneciente al laboratorio, se le asignó una etiqueta que contiene la inicial del área del laboratorio a la que pertenece, seguida de un número.

Una vez etiquetadas todas las gavetas, se acomodaron los artículos siguiendo las reglas de acomodo de sensibilidad y sencillez visual. El espacio asignado dependió de los siguientes factores:

- Volumen de los ítems.
- Peso.
- Tipo de envase.
- Riesgos de manejo.
- Tipo de estantería.
- Forma de manipulación.

Con lo anterior se optimiza el espacio disponible en metros cúbicos y se permite a los usuarios encontrar los productos de manera fácil y rápida.

Siguiendo las reglas de acomodo de sensibilidad y sencillez visual, se determinó la disposición de los ítems de acuerdo al criterio más importante que es el de facilitar la disponibilidad de los producto dependiendo de su nivel de uso, ya que, conforme fue dicho anteriormente, en la etapa uno faltó determinar de forma clara cuales serian los criterios para la localización, esto hace que para los usuarios sea complicado el manejo de los ítems.

Se realizó una lista que especifica en que localización se encuentra cada ítem. Posteriormente fue proporcionada a las personas encargadas de elaborar el WMS pues esta es otra tabla de la base de datos que componen el software.

F: Código de Barras

El objetivo de esta etapa, fue incorporar el código de barras como herramienta de control de los ítems que son utilizados en el laboratorio dentro del sistema de gestión de materiales en el mismo.

La implementación de códigos de barras dentro del laboratorio, solo fue posible después de obtener toda la información proporcionada en las etapas anteriores, para que posteriormente, se elaborara un algoritmo de la formación del código único. Este código está compuesto de tres dígitos numéricos y tres caracteres alfabéticos, dependiendo del tipo de ítem, el proyecto y el maestro encargado al que pertenece.

Al leer una etiqueta, el significado del código se muestra en la figura 6:

Figura 6. Lectura del Código de Barras de un reactivo.

Una vez identificados y codificados los ítems, se utilizó el software Datawarebarcode para la impresión de los códigos de barras, y el pegado de ellos a cada ítem dentro del laboratorio.

G: Retirada de Ítems

Para la representación de los procedimientos de retirada y devolución de ítems de las gavetas, se utilizaron diagramas de flujo, con el fin de facilitar la comprensión de los usuarios acerca de las actividades del manejo de materiales, proporcionando de una manera analítica, una secuencia de una acción en forma detallada. (véase figura 7)

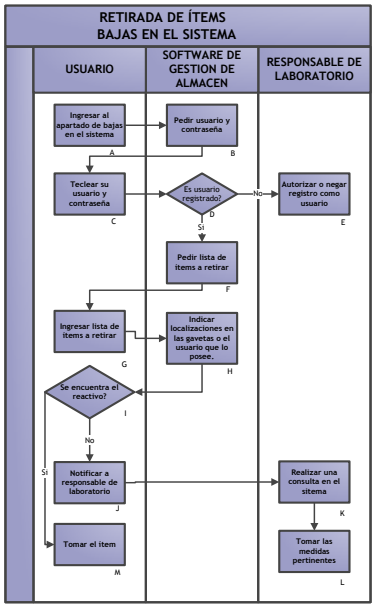


Figura 7. Retirada de Ítems-Bajas en el Sistema.

La importancia de este procedimiento radica en la creación de información confiable, lo cual agilizará el manejo y la búsqueda de ítems.

Es importante mencionar, que el procedimiento descrito no asegura un control físico de los ítems. Es necesario lograr el compromiso de los usuarios para que el sistema pueda funcionar eficientemente.

H: Programa WMSpider 1.0

Este software fue denominado de WMSpider 1.0, el cual se desarrollo con las herramientas siguientes; lenguaje de programación Visual Basic 6.0 y el manejador de bases de datos SQL, el cual fue desarrollado en colaboración con el personal del departamento de cómputo de la FIQ-UADY.

Durante la etapa de análisis y diseño del sistema se consideraron las necesidades del laboratorio, de modo que el sistema incluye funciones de: búsquedas o consultas, generación de códigos únicos y control del manejo de ítems.

El sistema requiere para su funcionamiento de un lector de códigos de barras, con el fin de agilizar la búsqueda de ítems y la actualización del inventario.

3.4.4 Reporte final

La redacción del reporte final genero mucha tensión entre el grupo de alumnos, por la proximidad de la fecha de entrega y porque debían acordar el contenido del documento.

I: Redacción del Reporte Final

El profesor nombro a un representante de cada equipo quien, junto con el resto de representantes de equipo, concluyeron satisfactoriamente la redacción del reporte final. Este resalta la obtención de los siguientes indicadores de desempeño:

- Tiempos de localización de los ítems.
- Satisfacción de los usuarios, medible por medio de encuestas.
- Número y frecuencia de incidentes levantados referente a la inadecuada ubicación de los ítems.
- La inexistencia de ítems, esto es, la ruptura del stock.
- La congruencia de la base de datos respecto al recuento físico.

Estos indicadores servirán para poder detectar los aspectos en los cuales será necesario realizar medidas correctivas dentro del laboratorio y también permitirán evaluar la eficiencia del sistema. Lo anterior con la finalidad de mejorar la gestión de materiales dentro del laboratorio implementando un sistema que facilite las tareas de control y permita la implementación de un nuevo sistema.

Recomendaciones

Antes de implementar este proyecto, no era fácil ver la utilidad de las practicas logísticas dentro de la gestión de los laboratorio de la FIQ, ahora los usuarios del laboratorio en el que se realizó el proyecto y los usuarios de los otros laboratorios que forman parte de la Facultad han visto que el uso de las herramientas y del sistema de gestión de inventarios puede ayudarles a mejorar tanto el manejo de los materiales como el manejo de la información generada por la administración de los mismos.

Se pretende que con los resultados obtenidos de la implementación de este primer proyecto, se extienda a otras áreas de la facultad, ya que el potencial de éste permite que sea adaptable e incorporable a todas aquellas áreas que cuenten con un almacén.

Así mismo, ha fortalecido las prácticas interdisciplinarias ya que generó una valiosa aportación para la mejora de las actividades llevadas a cabo por las otras licenciaturas que ofrece la FIQ, y también, durante el desarrollo del proyecto se pudo convivir con las otras especialidades logrando que ambas partes entendieran mejor y valoraran las acciones que cada una realiza.

Dentro del grupo de alumnos que llevó a cabo cada una de las etapas del proyecto, se logró comprender la importancia del flujo de comunicación que debe existir entre los equipos que trabajan juntos para alcanzar un mismo objetivo y cómo la aportación de cada uno es muy importante para poder dar continuidad a las labores de otro y sin esto el seguimiento de la implementación y el éxito de la misma no hubiera sido posible.

Lo anterior ayudó al grupo a comprender el funcionamiento de las organizaciones pues cada equipo actuó como un departamento especializado en un aspecto en particular y percibieron los problemas y situaciones que surgen durante la interacción y flujo de información entre ellos.

Para finalizar, se pretende que las generaciones futuras utilicen este artículo como un estudio de caso dentro de la materia de Almacenes e inventarios y le den seguimiento para su mejora.

4 Resultados

El principal resultado del proyecto fue el aprendizaje de los alumnos quienes desarrollaron la habilidad para trabajar en equipos interdisciplinarios, habilidad para resolver problemas, aprendieron técnicas de comunicación y cooperación entre sus compañeros de clase y con los involucrados en el Laboratorio donde se implemento el proyecto.

Experimentaron la aplicación del conocimiento técnico de la disciplina de Ingeniería Industrial Logística en una situación real.

Durante la implementación del proyecto, el grupo de alumnos aprendió la importancia de la organización, planeación y administración de tiempo y recursos, sobretodo, cuando tenían que proporcionar los resultados de un equipo a otro para dar continuidad al proyecto.

Desarrollaron la capacidad para formular objetivos, metas y propósitos para iniciar y terminar un proyecto dentro de los límites y estructuras determinadas.

Varios equipos tuvieron que ampliar su capacidad de análisis para especificar criterios de solución a problemas así como sus habilidades de juicio crítico que les permitió apreciar el valor de la información para la toma de decisiones.

5 Conclusiones

Con esta técnica los alumnos aprenden a aprender

El profesor en su rol de experto apoya y guía a los alumnos durante el proyecto quienes al final de la implementación, se perciben más responsables e innovadores, con una conciencia clara de las necesidades del lugar en donde se llevo a cabo el proyecto.

La mayoría de los alumnos adquirieron un compromiso de actuar como agente de cambio en el desarrollo de vida profesional.

Se considera que el curso se basó en la estrategia de Aprendizaje Orientado a Proyectos pues el peso del proyecto en la ponderación final de curso fue del 40%.

Algunos beneficios adicionales que el estudiante tendrá al utilizar la metodología POL son: Interdisciplinariedad, Motivación, Mejor comunicación, Respeto a fechas límites, Toma de decisiones.

Referencias

Barrows, H.S. (1992). The tutorial process. Springfield, IL: Southern Illinois University, School of Medicine.

De Goeij, A.F. (1997). Problem based learning: What is it? What´s not? What about the basic sciences?. Biochemical Society Transaction, 25, 288-293.

EdutechWiki. Project Oriented Learnig definition. Retrieved April 16, 2012, from http://edutechwiki.unige.ch/en/Project-oriented_learning

Franklin, E. (1998). Organización de Empresa. México, Mc Graw Hill.

Frazalle, E., Sojo, R. (2007). Logística de almacenamiento y manejo de materiales de clase mundial. Grupo Editorial Norma.

Heizer, J., Lender, B. (2006). Dirección de la producción: decisiones tácticas, Editorial Pearson.

Leenders, M., Mauffette-Leenders, L., Erskine, J. (1998). Teaching with cases. London, Ontario: Ivey Publishing.

Leenders, M.; Mauffette-Leenders, L.; Erskine, J. (1999). Learning with cases. (4th. ed.). London, Ontario: Ivey Publishing.

Leenders, M.; Mauffette-Leenders, L.; Erskine, J. (2001). Writing cases. (2nd. ed.). London, Ontario: Ivey Publishing.

MEFI. (2011). Modelo Educativo para el Fortalecimiento Integral. Mexico:UADY

Muller, M., Sánchez, E. (2004). Fundamentos de la administración de inventarios, Grupo Editorial Norma

Molina, V. (1995). Administración de Almacenes y control de inventarios. Ediciones FBcales ISEF, S.A.

Medina, G., Ayala, F., Mendiola, C. & Martínez, F. (1999). El método de aprendizaje basado en problemas en la carrera de Medicina. Manual del alumno. Monterrey, N.L.: ITESM-División de Ciencias de la Salud, EMIS.

Powell, P. (1997). Project group learning – Who is afraid of project-led education? Lecture given at the Universidade do Minho, Seminar on "Quality of Education in Engineering Courses", Guimarães, Portugal.

Seifert, E.H., Simmons, D. (1997). Learning centered schools using a problem-based approach. NASSP Bulletin, 81 (587), 90-97.

Tobin, K., Tippins, D.J., Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In GABEL, D.L. (Ed.) Handbook of research on science teaching and learning. A project of the National Science Teachers Association. New York: Macmillan.

El Proyecto como Articulador del Campo Teórico-Práctico en la Enseñanza de la Ingeniería

Luis Elio Caporossi

Departamento de Ingeniería Civil Facultad Regional Bahía Blanca. Universidad Tecnológica Nacional. 11 de Abril 461, Bahía Blanca.

Email: caporossiluis@speedy com.ar; estudio.caporossi@gmail.com

Abstract

Este trabajo resume la experiencia en proyecto desarrollada en la cátedra Ingeniería Civil Uno de la Universidad Tecnológica Nacional de Bahía Blanca desde el año 1994 a la fecha y las reflexiones conceptuales sobre la enseñanza de la ingeniería derivadas de esta larga y fructífera trayectoria.

Ubicada en el primer año de la curricula, el desafío principal es introducir a la enseñanza de la ingeniería a alumnos de primer año sin preparación especial. La materia propone innovar en la tradicional relación teoría –práctica enfocando la solución de problemas de ingeniería como soporte de los procesos de enseñanza- aprendizaje.

Se entiende al Proyecto en tanto núcleo esencial de la práctica profesional, que requiere de un abordaje especifico. Al proyectar se accede a un espacio integrativo y relacional combinando ideas, redes conceptuales y conocimientos instrumentales. Requiere a su vez, de conocimientos dentro del conjunto de ciencias que permitan predicciones con relación al problema tratado. La práctica proyectual reordena el campo de los valores, medios y los fines y permite evaluar la pertinencia de los primeros en relación a los segundos.

Se parte de la consideración que existe un núcleo o tríada que ha consolidado históricamente el abordaje disciplinar de la ingeniería civil y es el conformado por la articulación de tres ejes conceptuales: un eje matemático geométrico (el espacio); un eje físico (la materia) y otro tecnológico. (El hombre). Lo espacial, así, es la categoría común que relaciona íntimamente a la geometría, con la física, con la tecnología. Para cada uno de los ejes se utiliza una metodología específica que le permite al alumno abordar los distintos contenidos teóricos en el propio proceso de proyecto. Se presentara una reseña de la producción de diseño realizada por los alumnos sobre proyectos

Palabras clave: Profesionalización temprana – enseñanza de la ingeniería – practica proyectual

1 Introducción

1.1 Los datos de situación.

Nuestros abuelos no esperaban ver los primeros autos y aviones y los vieron - Nuestros padres no sospecharon la posible existencia de algo parecido a la energía nuclear. A nosotros nos sorprendió la llegada del el hombre a la luna. Nuestros hijos vieron cómo la informática inició un proceso con notables consecuencias. La aceleración en el ritmo de los cambios tecnológicos fue acompañado por la manifiesta incapacidad en prever tanto su aparición como sus consecuencias sociales, culturales y políticas.

Hace solo tres generaciones en el planeta había 3.000 millones de habitantes menos.

Un estudiante universitario permanece en la Universidad entre siete y diez años de su vida. Un alumno que ingresa hoy se jubila en 2070.

1.2 Teoría implícita.

El actual armado (diseño) curricular de los planes de estudio se sustenta en la teoría implícita de que, el solo cursado y aprobado del conjunto de las materias, produce el estado de profesionalidad que ocurre, por supuesto fuera de los límites del espacio formativo. Durante todo ese tiempo los estudiantes no superan el rol de alumnos y sus relaciones con los cuerpos docentes se realizan bajo ese estatus, y las carreras de Ingenierías, a las que refiere este trabajo, no escapa a dicha situación.

Mas allá de las oportunidades puntuales que ofrecen las pasantías y las prácticas profesionales supervisadas (PPS) el salto de alumno a profesional es abrupto, en lo que hace a una maduración gradual de sus capacidades básicas. A su vez, en muchos casos las actividades señaladas solo cubren prácticas administrativas o similares.

1- El taller

En los sistemas de profesionalización tardía la adquisición de este saber por parte del estudiante se realiza en un proceso fragmentado, secuenciado por la aprobación de materias yuxtapuestas que son transitadas desde la restricción del "oficio de alumno" y no desde el concepto "profesionales en formación".

Este proceso reúne varias características.

1) Se dificulta tanto la evaluación externa (heteroevaluación) como la autoevaluación de los procesos de enseñanza y aprendizaje fuera de los marcos establecidos de aprobación de materias curriculares aisladas.

La capacidad de aprender a aprender y reflexionar sobre dicho proceso por parte del alumno requiere previamente explicitar las metas pretendidas para cada etapa de la carrera. Pero estas metas de capacidades son inexistentes en rangos intermedios que superen la entidad de una materia aislada. A su vez las diversas estrategias elaboradas por los alumnos para la aprobación de las asignaturas tienden paradójicamente a dificultar su comprensión de los roles profesionales reales al acostumbrarse a estudiar los medios instrumentales separados de sus fines, a analizar los componentes aislándolos de un funcionamiento global dado, a conocer modelos abstractos sin vincularlos a realidades concretas, separando los porqué de los para qué. En definitiva, la ausencia de un eje integrador continuo los confinan en el papel de receptores pasivos de unos saberes que por parciales y fragmentados lo alejan de la posibilidad de interpretar lo real.

2) El valor eventual de excelencia del oficio profesional, en realidad un valor situado sólo puede comprenderse y apreciarse en tanto valor, si se lo relaciona a un contexto histórico social, cultural y económico determinado, en un territorio dado. La historia de las profesiones, es en realidad la historia de la evolución de un oficio en relación a esos contextos.

La ausencia de un marco universitario de reflexión crítica sobre esta problemática, deja vacante este importante espacio a las demandas siempre puntuales del mercado, si bien necesarias insuficientes dado su carácter recortado, coyuntural y de programada obsolescencia.

Es notable en la carrera para alumnos que han cursado ya el sesenta por ciento de la misma la total ignorancia sobre la existencia de ingenieros notables, pasados o presentes, nacionales o internacionales.

Este aislamiento de los alumnos al formarse en este vacío de valores disciplinares reducen la dimensión profesional a una tecnicatura con débiles impactos culturales y sociales.

3) La evaluación, materia por materia, no cubre el análisis del desarrollo y construcción del "oficio profesional" a lo largo de la carrera, y por lo tanto, se carece de capacidad de monitoreo del proceso completo. De igual modo se carece desde lo cognitivo, de una red de conceptos integrados.

1.3 Profesionalización temprana

Este enfoque presupone definir un marco teórico explícito sobre la profesionalidad. Las propuestas de un eje integrador como estructurador del plan parten desde la base, y, así como la profesionalidad nunca alcanza un máximo, tampoco nunca es cero.

La consideración del alumno como un profesional en formación continua genera la necesidad de una perspectiva temporal del ciclo completo que ordene metas y capacidades intermedias en el plazo de la propuesta formativa.

Estas metas deberían poder ser planteadas en escalas y coberturas de las incumbencias profesionales, en niveles de complejidad creciente acompañando un acercamiento asintótico a una capacidad de ejercicio real.

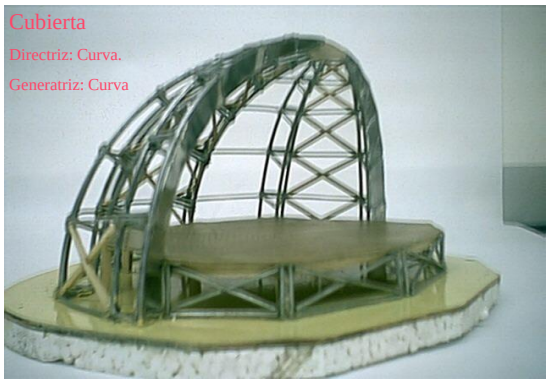
Algunos de los principios de este planteo hay que destacar:

a) la profesión debe comprenderse como un conjunto específico de saberes, capacidades procedimentales y actitudes conjugados para la resolución de problemas de su incumbencia,
b) la triada saber –saber hacer –ser, al conformar el núcleo básico que capacita la realización de actividades profesionales también ordena el marco de valoración de la misma, y
c) el saber profesional es un saber específico y definido, que comprende e integra pero a la vez se diferencia de los variados saberes auxiliares necesarios para su ejercicio. Posee como toda practica humana de un marco teórico propio.

A su vez, existe una definida demanda social externa a la universidad que sabe qué exigir de los profesionales, y la misma es la que no puede defraudarse. Esta debería articular dos ópticas, la cortoplacista del mercado, con una mirada territorial y nacional a mediano y largo plazo. (hay que redactar más claro si las dos miradas son "corto y largo plazo").

La especificidad del saber profesional sólo se demuestra e incorpora en la oportunidad de su ejercicio concreto. Es en la evaluación de estas experiencias que el sujeto tiene la posibilidad de autoanalizar su desempeño.

Lo específico profesional en un sentido amplio consiste en la capacidad de tomar decisiones fácticas, en el marco de un trabajo colectivo, para la solución de problemas abiertos en situaciones concretas.



2- Escenario para espacio público

Esta capacidad presupone algunas condiciones previas:

La capacidad de pre-dicción de ciertos resultados en relación a las decisiones tomadas, que es fruto de la correcta utilización de saberes abstractos universales en contextos particulares y concretos. Un profesional posee una capacidad de diagnóstico permanente, que incluye y enfoca al mismo tiempo el proceso de trabajo que implementa. Tiene sensibilidad para producir y comunicar marcos sintéticos ordenadores de estos procesos. Son precisamente estas síntesis diagnósticas previas las que desencadenan procesos no lineales de análisis críticos, que al poner a prueba la coherencia de las síntesis iniciales, y al refutarlas, confirmarlas o reformularlas le permiten arribar a soluciones consistentes.

Es esta compleja capacidad la que está invisibilizada en las concepciones didácticas implícitas de los sistemas tradicionales para las cuales las relaciones entre análisis–síntesis, problema- solución ocurren en una caja negra o se naturalizan como inevitables.

Dicha capacidad diagnóstica debería desarrollarse desde el inicio de su formación profesional ya que la misma requiere permanentemente diferenciar a la par que relacionar las abstractas regularidades científicas con las condiciones concretas que plantean los problemas reales. La visualización de ese cruce es un pre requisito de alcanzar una verdadera educación en la profesión.

Desde este punto de vista, tanto la creatividad como la capacidad de innovación son inherentes a este proceso a menos que encorsetemos la complejidad de lo real en la manipulación repetitiva de modelos congelados o a subvaloremos los saberes y procedimientos científicos y técnicos.

2 El proyecto como articulador del campo teórico-práctico en la enseñanza de la ingeniería

"Se puede acumular toda la información disponible sobre un problema, pero sin embargo, aun cuando uno esta en posición de toda esa información, con relación al problema mismo, uno esta a la misma distancia inicial " (C.W. Churchman).

2.1 El proyecto de ingeniería como articulador teórico práctico

Ingeniería Civil I es una cátedra integradora de la carrera del mismo nombre de la Facultad Regional Bahía Blanca de la Universidad Tecnológica Nacional donde se intenta aproximar la enseñanza de la profesión a alumnos de primer año sin preparación especial reordenando los campos teórico y prácticos.

Este reordenamiento ubica en el centro del aprendizaje a procesos de solución de problemas como soporte de la adquisición y demanda de conocimientos enfocando problemáticas y contextos reales.

Autores como Davies señalan que se concibe la actividad práctica como la demostración a posteriori de un aspecto teórico previo, sino que ambas se correlacionan en una práctica homóloga a la del profesional.

Al proyectar accedemos naturalmente a un espacio integrativo y relacional combinando ideas en estado de gestación, diversas redes conceptuales y procedimientos instrumentales para describir, identificar, dimensionar, y, al fin, construir. En este proceso ningún tópico teórico permanece aislado y desde el inicio, el relevamiento, identificación y análisis, es inseparable de los objetivos que lo provocan.

Desde el Confedi (Consejo Federal de Decanos de carreras de Ingeniería) se establece que el diseño y el desarrollo de proyectos constituye una competencia genérica desde el inicio de la formación hasta el propio ejercicio profesional.

El proyecto, por su índole particular y abierta, siempre desborda el carácter de respuesta recortada a una temática prefijada con que suele presentarse. Los modus y géneros disciplinares en que se divide tradicionalmente la realidad, en este proceso encuentra sus bordes y solapes. Se intenta entonces articular las categorías de comprensión, identificación, discriminación, generalización y síntesis, mediante su utilización funcional, tras objetivos determinados.

2.2 Los grandes ejes conceptuales

Al proyectar requerimos del conjunto de ciencias del hombre y de la naturaleza su aporte de conocimientos y predicciones útiles con relación al tema tratado. Existe un núcleo histórico, a partir del cual se desarrolla el proyecto de ingeniería, y es el conformado por la articulación de tres grandes territorios conceptuales: el geométrico- matemático el físico-químico y el tecnológico.

Una olvidada categoría común a estos tres ejes es el espacio.

Esta tríada ha consolidado históricamente un abordaje disciplinar sobre la realidad propia e intransferible, que hace a su más fuerte identidad profesional. Es esta mirada experta desde este particular baricentro disciplinar que se vuelve insustituible en equipos multidisciplinares.

Cierto comportamiento físico prueba, para cierta tecnología, si la geometría propuesta es adecuada. O cierta geometría mejora los recursos tecnológicos de un tipo estructural. Y también, alguna tecnología aplicada a ciertos materiales originan determinada geometría y así sucesivamente.

De este modo, esquemas abstractos reclaman carnadura, materialidad, y los materiales reclaman a su vez ser estructurados por claros dispositivos estáticos y construidos por tecnologías racionales y sustentables.

Al respecto, desde lo didáctico es importante señalar que la formación de una mirada predispuesta a interpretar la realidad desde el punto de vista de la ingeniería puede y debe ser una actitud previa a una formalización acabada de los saberes involucrados.

En el inicio, es necesario entonces construir y desarrollar actitudes en el alumno, desde lo cognitivo relacional, que favorezcan la integración de los conceptos involucrados en el núcleo básico disciplinar.

3- Escenario

2.3 La modelización descriptiva del problema

4- Escenario

A partir de una demanda real, se efectúa un relevamiento del entorno y espacio donde se desarrollara la obra. La consigna de construir la propuesta requerirá del alumno la necesidad de investigar y procesar información de las múltiples temáticas relacionadas con la misma. Para cumplimentar dichos objetivos se introduce el concepto de modelización, a partir de nociones básicas de geometría descriptiva.

Henri Poincaré afirma que la geometría euclidiana es la más conveniente para describir el mundo físico en cierto rango de escalas, simplemente porque es congruente con él.

La geometría introduce los conceptos de espacio, magnitud (geometría métrica) semejanza, proporción, escala. Habilita en lo procedimental a la realización de croquis, dibujo técnico, uso de Monge y confección de maquetas.

En lo actitudinal tiende a desarrollar una percepción disciplinar de la realidad que genere rigor de trabajo y pensamiento y sensibilidad a la percepción del espacio, escala y proporciones.

Al trabajar sobre circunstancias reales, la modelización confronta las percepciones sensoriales de los alumnos con los sistemas abstractos de representación espacial. Al usar la mano adiestramos el ojo y la mente poniendo en juego nuestra capacidad de entender y actuar sobre la realidad.

La especialidad de un problema real tiene escalas apropiadas de abordaje, y su conocimiento y manejo es inseparable de la identificación de conceptos y problemas involucrados en cada una de ellas por lo que la constitución de saberes específicos conlleva la delimitación de rangos de escala

Así, el dibujo es, no solo un medio pasivo de representación, sino, además una vía de conocimiento irremplazable de alto valor formativo. Entre plano y construcción rige un orden más consubstancial y mutuamente generativo que entre música y partitura. Los procedimientos abatimientos, rotaciones,

desarrollos e intersecciones que ocurren en la mente, suceden luego en el papel y más tarde en el espacio real de la obra.

Al vincularse la modelización grafica con el proceso de proyecto se identifican etapas con requerimientos diferenciados en primer lugar la etapa de relevamiento, a la que sigue la de síntesis, en el que se efectuarán propuestas de solución. En el transcurso de la primera, el alumno es llevado a experimentar por si mismo semejanzas y analogías entre forma real percibida y forma representada, para lo cual es imprescindible que el relevamiento grafico se efectúe modelizando situaciones reales a las que se pueda acceder con comodidad.

La confrontación permanente entre realidad y representación, en todos los niveles y escalas que puedan plantearse es la base de la creación de la confianza del alumno en el manejo de las diversas herramientas que integran el lenguaje gráfico.

Confianza indispensable en la etapa de síntesis donde la representación aporta la posibilidad de visualizar la ideación en curso permitiendo progresivamente objetivar lo que solo existe en un plano imaginario.

En un punto, la coherencia del proceso de proyecto requiere del conocimiento y racionalidad en el empleo de uso de las escalas y sistemas de representación disponibles. En este sentido la modelización es tomada en un sentido amplio, abarcando e identificando a los múltiples destinatarios posibles (en primer lugar, el propio proyectista, hasta los ejecutores reales del proyecto).

La identificación del destinatario de la comunicación y las necesidades de representación para cada etapa del diseño pone en valor al conjunto de los sistemas de representación disponibles desde el croquis a mano alzada, la fotografía, y la realización de maquetas. Este último medio es alentado a ser utilizado no solo en su rol habitual de verificación.

2.4 La modelización física y tecnológica.

Siendo el espacio la categoría común a la tríada se trata de enfocar las interrelaciones entre Generación geométrica, Situación Física y Situación Tecnológica.

Espacio, materia y forma construida son las dimensiones cognitivas básicas a partir del cual se desarrolla primero el análisis de obras concretas, luego la ideación y proyecto sobre temas reales. En otros términos se intenta abordar Resistencia y Estática desde una concepción integrativa no recortada entre materia y espacio, geometría y álgebra.

Con relación a los contenidos los trabajos a efectuar, sean de análisis, relevamiento e investigación como de síntesis son acompañados desde la cátedra con la introducción de conceptos teóricos básicos para ser utilizados instrumentalmente durante el proceso de trabajo.

El material de cátedra preparado (independientemente de lo que requiera de apoyo cada proceso de trabajo) son tres comunicaciones denominadas respectivamente El Diccionario, Clasificación de Superficies y Breve reseña de Tipos Estructurales.

El Diccionario colecciona las principales nociones a emplear referidos a Resistencia de Materiales, Estática y Elasticidad. El sentido es facilitar la adquisición y uso de un lenguaje apropiado.

5- Escenario

La Clasificación de superficies, es una clasificación de superficies y sólidos desde el punto de vista de su generación geométrica.

Se abordan sistemáticamente los diferentes tipos de superficies regladas y no regladas, de traslación o rotación, planas o de simple o doble curvatura, considerando, en el caso de su posible uso estructural, en simultaneo a sus características geométricas, su funcionamiento físico y tecnológico, apoyándose en el análisis de obras reales.

Así por ejemplo Generatrices y Directrices son considerados tanto como elementos geométricos, como estructurales, tecnológicos y constructivos.

Una superficie plana se genera por traslado de una generatriz recta sobre una directriz también recta que fija su posición en el espacio.

Estos elementos son homólogos a vigas y correas que de acuerdo a la luz salvada y al estado de carga deforman por flexión y generan determinadas reacciones.

Si directrices y generatrices son filiformes tenemos una membrana, un tejido.

Si las directrices son Vigas o Reticulados, las generatrices correas.

Si ambas son permutables o equivalentes tenemos un emparrillado una placa o una estero estructura.

La clasificación servirá de matriz para el estudio puntual de obras reales.

La Breve reseña de los tipos estructurales es una introducción a los tipos edificatorios utilizados desde Egipto a la Revolución Industrial identificando geometría, materiales y tecnología empleada.

2.5 La metodología

La profesionalización temprana se busca desarrollar a partir de la actividad proyectual, la que, si bien en ingeniería constituye una práctica central cuya comprensión es necesaria, aun para realizar tareas de apoyo a la misma, su especificidad, el constituir una dimensión primaria de todo hacer, no siempre es tomada en cuenta en toda su complejidad.

Así tópicos como las características no lineales del proceso de proyecto, la articulación entre conocimientos generales y situaciones particulares en problemas abiertos, o el rol del proyectista y sus valores personales no siempre están debidamente valorados.

La cátedra para responder al proceso de trabajo propuesto se organiza integrando a ingenieros y arquitectos en grupos de ayudantes. Los alumnos a su vez se organizan en equipos no mayores a tres. La evaluación de la producción es colectiva y continua. A partir de una prueba diagnostico inicial se arman los equipos que se organizan intentando que cada equipo exprese la heterogeneidad propia de la cohorte.

En el transcurso del año lectivo se efectuarán tres trabajos cuya temática se determina anualmente.

Los trabajos tienen como objetivo resolver situaciones problemáticas reales de la región.

En los tres trabajos prácticos se llevan a cabo las siguientes acciones:

1. Relevamiento del entorno, identificación de los problemas relevantes desde el punto de vista de enfocar una solución al tema planteado. Este relevamiento se efectuará mediante representaciones gráficas a escala y croquis acompañados de informes.
2. Propuesta- Descripción de la situación estructural y constructiva, identificación de cargas y posibles deformaciones Modelos gráficos.
   Relevamiento de materiales y tecnología empleados. Informes.
3. Verificación cuantitativa de aspectos puntuales de la propuesta. Descripción del modo constructivo.

La cátedra intercala clases teóricas de apoyo, con material elaborado por la misma, bibliografía y medios audiovisuales.

La cátedra trata paulatinamente que los contratos didácticos que se establecen durante los procesos de trabajo se ordenen según reglas explicitas previamente acordadas. Estas reglas introducen un marco general que facilita tanto la evaluación externa como la posibilidad de autoevaluación Un ejemplo de regla externa es realizar un modelo grafico de una estructura existente explicitando los criterios de semejanza a utilizar.

Otras reglas son cumplir por ejemplo con normas de predimensionado, exigencias funcionales o con determinadas características de los materiales. Acordadas las reglas tanto alumnos como ayudantes deben cumplimentarlas.

La experiencia es que al trasladar explícitamente la solución del problema planteado al alumno en general se logra una paulatina toma de responsabilidad por parte del mismo. Luego del proceso de relevamiento y discusión grupal se dedica una clase a que cada alumno proponga su solución propia al tema planteado. Estas soluciones son evaluadas por el conjunto de la cátedra tratando de descartar solo aquellas que ,a juicio de la misma , tengan imposibilidad manifiesta de desarrollo – Curiosamente solo un pequeño porcentaje de los trabajos (siempre menos del 5 por ciento) no cumplimenta . A partir de allí se trata de desarrollar la idea sucintamente planteada hasta la realización de los planos ejecutivos y los modelos tridimensionales no virtuales.

Siendo las ideas sobre las que se basan los proyectos, propias de cada alumno y el desarrollo del mismo una tarea individual, se entiende la variedad de respuestas obtenidas. En la evaluación, precisamente, un aspecto valorizado es la actitud de compromiso personal del alumno para verificar, desarrollar y construir sus propias ideas y enfoques preliminares. El conjunto de los trabajos individuales es recuperado colectivamente en diversas escalas de trabajo y evaluación desde los equipos, al grupo y al taller todo.

6- Pasarela peatonal.

3 Conclusiones

En relación al marco teórico planteado por la propuesta de profesionalización temprana , entendemos que el mismo demuestra consistencia como enfoque formativo.

El taller ha permitido verificar que, a partir de alumnos sin capacidad alguna de representación o experiencias previas de proyecto pueden lograrse, en dos cuatrimestres, resultados consistentes, como lo demuestra la exposición final de trabajos de la totalidad del taller donde se exponen las maquetas y documentaciones graficas de los proyectos realizados.

Nuestra experiencia en materias integradoras de Primer Año y Cuarto Año (Diseño Arquitectónico I) nos indica que ha pesar que alumnos de primer año carecen en general de conocimientos espaciales , es posible con ellos desarrollar procesos de trabajo donde su sentido común o su pensamiento lógico tienen todavía posibilidades de utilización .Inversamente en el nivel de cuarto año la sobreabundancia de información fragmentada anula notablemente la capacidad diagnostica y decisional.

Bibliografía

Catalano, Eduardo La constante Diálogos sobre Estructura y Espacio. Ediciones Cambrige Arquitectural Press 2005.
Maldonado, Tomás Técnica y cultura Editorial Gili, Barcelona 1978.
Nervi, Pier Luigi Obras Completas. Editorial Gili, Barcelona 1963.
Sandelands, Eric y Davies, David (2002). Organizaciones que aprenden y formación virtual. Barcelona, Gedisa.
Colerus, Egmont Desde el punto a la cuarta dimensión, una geometría para todos. Editorial Labor 1948.
Frampton, Kenneth Estudio sobre Cultura Técnica, Edición de Jhon Cava, 1995.

Propuesta para asumir los lineamientos institucionales y los retos que debe afrontar la Educación en Pregrado

Esp. Adolfo León Arenas Landínez, Mag. Kelly Johana Gómez Jiménez

Universidad Industrial de Santander

Email: aleon@uis.edu.co, kellyjohanagomez@gmail.com

Abstract

This paper presents: an approach to take the institutional guidelines and the challenges facing on undergraduate Education, an experience of a public University in Colombia who design its own management academic system with the purpose of training professionals according with the global standards in higher education. This proposal involves the revision of the curriculum frameworks of the programs, reflecting around teaching practices and generation of monitoring processes of quality.

The paper present briefly the trends that set the emergence of the proposal, explaining what the system is all about and present the results gotten with the two academic Engineering programs in communication with stakeholders.

Keywords: Standards in higher education, quality assurance, Stakeholders, Engineering programs, Management academic system.

1 Introduction

Propuesta para asumir los lineamientos institucionales y los retos que debe afrontar la Educación en pregrado, específicamente la Educación en Ingenierías, es una iniciativa universitaria que surge por el interés de promover proyectos para la reflexión y el mejoramiento de la formación de profesionales. Esta propuesta atiende a los retos que ha asumido la Universidad Industrial de Santander (UIS) como política institucional en los últimos años y a las tendencias contemporáneas en educación Superior.

En el marco de esta propuesta institucional se diseña un proceso de evaluación y dinamización de la formación que se compone de tres momentos básicos: 1. La reflexión de las estructuras curriculares de los programas académicos 2. La incorporación de nuevas prácticas pedagógicas 3. El diseño de procesos de seguimiento y monitorización de los procesos de formación en los programas de Ingeniería. A lo largo del texto se presentará con mayor detalle la propuesta y avances de su implementación por programas de Ingeniería Eléctrica y electrónica.

2 Surgimiento de la propuesta

Asumir procesos de mejora continúa y abordar temas relacionados con el aseguramiento de la calidad de la Educación hace parte de las agendas de las instituciones educativas hoy, de hecho forma parte de las tendencias de Educación Superior definidas por la UNESCO (Gazzola, 2008), este reto ha desatado la propagación de organismos y sistemas evaluativos en Educación Superior alrededor del mundo, situación a la que Colombia no es ajena, pues el tema del mejoramiento de la calidad de la Educación aparece explícito en la política educativa del Plan Decenal de Educación 2006–2016.

En esta dirección las políticas institucionales de la Universidad Industrial de Santander expresan el interés por plantear, desarrollar y evaluar acciones conducentes al logro de niveles de excelencia en todos sus procesos académicos, es así como cobra sentido diseñar esta propuesta, la cual tiene en cuenta los sistemas y organismos de evaluación y acreditación de la Educación Superior que existen para verificar los niveles de calidad, pertinencia y eficacia de programas de formación profesional.

Son múltiples los organismos de inspección, control y vigilancia, sistemas de acreditación educativa que "operan sobre el mejoramiento de la Educación Superior y sobre la garantía que se da a la sociedad de que el programa o institución *acreditado* es de calidad" (Revelo, 2002), se traen a colación algunos organismos gubernamentales encaminados hacia el aseguramiento de la calidad educativa

País	Organismos gubernamentales
Colombia	Consejo Nacional de Acreditación, Sistema Nacional de Educación Superior y Comisión Nacional Intersectorial para el Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior

Chile	Consejo Superior de Educación y Comisión Nacional de Acreditación de Pregrado
Argentina	Comisión Nacional de Evaluación y Acreditación Universitaria
Uruguay	Departamento de Educación Superior
Ecuador	Sistema Nacional de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior
España	Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación
Costa Rica	Consejo Nacional de Acreditación de la Educación Superior

Figure 14: Paises VS organismos de evaluaciónn y acreditación

A nivel no gubernamental también aparecen diversas iniciativas, algunas de las que se han tenido en cuenta para el diseño de esta propuesta son: Acreditation board for Engenieering and Technology; Metodología Concebir, Diseñar, Implementar, Operar y Sistema Regional de Acreditación de Ingenierías en el gran Caribe.

Una vez analizados los modelos que subyacen a los organismos de evaluación y acreditación se destacaron las características centrales de los mismos y por tanto los principios básicos de los sistemas de evaluación, mejora continua y legitimación académica de programas de formación profesional:

- Los procesos de mejoramiento requieren de la participación amplia de los actores sociales, incluyendo estamentos académicos, representantes de la gestión pública y privada de la Educación, asociaciones disciplinarias, profesionales y gremiales (Gazzola, 2008), esto implica una comunicación fluida con los constituyentes de los programas académicos (Conexión Empresa-Universidad) dentro de los cuales se destacan dos tipos:

  * Los constituyentes externos: Sector productivo, gremios, entes gubernamentales

  * Los constituyentes Internos: egresados, profesores, directivos.

- La búsqueda de la calidad implica desarrollar procesos sistemáticos, intencionados y sistematizados de autoevaluación, revisión y reflexión de las estructuras curriculares, los procesos de enseñanza y de aprendizaje.
- Los procesos de aseguramiento de la calidad le apuntan al monitoreo permanente, al seguimiento sistemático, a la evaluación estratégica de los programas en busca de llevarlos a niveles más altos de impacto social, académico y productivo.
- Cada programa académico es responsable de generar mecanismos propios para evaluar la pertinencia e impacto y promover mejoras en los programas académicos desde una perspectiva educativa, "es necesario ajustar el Sistema de la Educación Superior a las necesidades de un desarrollo sostenible y no solamente propiciar normas de crecimiento inercial para favorecer la cobertura sin una incidencia clara en la calidad" (Informe de la Educación Superior en Iberoamérica, 2006)
- Los procesos estratégicos de evaluación y mejora deben responder a intereses y necesidades propias de las instituciones y no únicamente a requisitos externos, "velar porque los criterios definidos para la Universidad se apliquen con entera independencia de intereses o presiones ajenos. La independencia de las agencias y de sus evaluadores respecto de influencias políticas, institucionales o corporativas es un elemento central de su credibilidad" (Gazzola, 2008)
- Los procesos de aseguramiento de la calidad deben apuntarle a la internacionalización de la Educación, es decir a la armonización y compatibilidad de currículos y competencias profesionales.

Las características mencionadas fueron relevantes para el diseño de la propuesta institucional, así mismo se tuvieron en cuenta los lineamientos y políticas de la Universidad, en donde se expresa que:

- La Universidad Industrial de Santander es una organización que busca formar personas de alta calidad ética, política y profesional, generar y adecuar conocimientos, conservar y reinterpretar la cultura y participar de forma activa en el liderazgo de procesos de cambio para el progreso y mejora de la calidad de vida de la comunidad (Misión Universidad).

- La Institución se compromete con el mejoramiento de la calidad de vida, la competitividad Internacional y el crecimiento económico. La Universidad busca fortalecer una cultura de gestión de alta calidad de los procesos misionales, estratégicos y de apoyo (visión de la Universidad)
- La formación es uno de los procesos misionales de la Universidad y dentro de ella aparece la gestión de la calidad académica, como parte de los procesos de evaluación, aquellos encargados del control y la evaluación de la calidad de los procesos. (Mapa de procesos de la Universidad)
- En las políticas y lineamientos institucionales se identifican intenciones claras que le apuntan a consolidar las dinámicas de gestión y mejoramiento continuo de los programas y procesos académicos en la Universidad.

Como se mencionó dentro de las características centrales de los sistemas de mejoramiento y teniendo en cuenta los intereses particulares de la Universidad, es relevante que la institución genere sus propias dinámicas de evaluación y prácticas estratégicas a favor de la cultura del mejoramiento continuo. Al respecto menciona Pérez (2004) que "ya no basta con la instalación de políticas de aseguramiento de la calidad, sino que su eficacia resulta clave en la sociedad del conocimiento" cada institución tiene el reto de revisar ¿cómo afronta cada institución sus propias realidades respondiendo a las exigencias de la sociedad actual y a las tendencias que se imponen en el campo de la Educación Superior, en este caso de Educación en Ingenierías?

3 Formulación de la propuesta

La discusión y análisis que incitan las tendencias contemporáneas en Educación Superior y los compromisos de la Universidad en torno al mejoramiento de la calidad de los procesos académicos gestan el diseño de la propuesta de gestión académica, cuyas características centrales son:

- Consolidar un sistema de seguimiento y evaluación del proceso de formación en la Institución
- Renovar las estructuras curriculares de los programa académicos
- Atender a estándares Internacionales y Nacionales.
- Articular los fines formativos de la academia con las demandas de los constituyentes
- Posibilitar el análisis y marcar directrices para la toma de decisiones en materia de planificación curricular y prácticas de formación al interior de la institución.

En este sentido, la propuesta centra su atención en: la planificación curricular de los programas académicos, las prácticas pedagógicas, la evaluación y el seguimiento de los procesos académicos.

La planificación curricular es una etapa de revisión, optimización y organización de las estructuras curriculares. En esta etapa se reflexiona acerca de las estructuras y alcances del programa en su estado actual, además se proyectan y actualizan los perfiles profesionales a la luz de la información suministrada por los constituyentes.

Una vez reflexionado y planificado el currículo, se da paso a la **extrapolación de lo definido curricularmente a situaciones de aprendizaje**, proceso que implica estudiar los mecanismos más apropiados para orientar los aprendizaje y para hacer seguimiento y evaluación a los mismos, repensar el rol del docente y del estudiante en las actividades del aula, los enfoques pedagógicos, métodos didácticos que median el aprendizaje y la evaluación.

Es necesario que en la institución de manera permanente se estudien cuáles son las metodologías y enfoques más apropiados para orientar los procesos educativos, de acuerdo a las características de las profesiones, se ha propuesto incorporar con fuerza a la práctica pedagógica enfoques como, aprendizaje basado en problemas (problem based learning), aprendizaje basado en proyectos (Project based learning), aprendizaje colaborativo (learning together).Consolidación de acciones de seguimiento, evaluación y mejora continúa del proceso de formación: Desarrollar mecanismos en pro de la gestión académica y el aseguramiento de la calidad. Teniendo en cuenta que uno de los aspectos más relevantes en los sistemas de evaluación y seguimiento por la calidad es la comunicación con los constituyentes, esta propuesta le da gran peso a este aspecto. ABET considera a los constituyentes como las personas u organizaciones que conocen y tienen experiencia en el área profesional por la que se está indagando, ellos ofrecen información respecto al tipo de profesional que necesita la sociedad en un área específica (Ingeniería Eléctrica y Electrónica), los retos y necesidades que debe asumir un profesional en sus áreas de desempeño.

Por último se promueve la consolidación **de acciones de seguimiento, evaluación y mejora continúa a interior de los programas**: en esta etapa se busca desarrollar mecanismos a favor de alimentar indicadores de seguimiento y calidad a nivel institucional y prácticas de revisión y dinamización permanente de los procesos. Teniendo en cuenta que uno de los aspectos más relevantes en los sistemas de evaluación y seguimiento por la calidad es la comunicación con los constituyentes, esta propuesta le da gran peso a este aspecto.

4 Puesta en marcha: programa de Ingenierías

En medio de esta propuesta institucional, docentes, directivos y profesionales de apoyo de la Universidad y de la E3T (Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones) han avanzando en la implementación de la propuesta, especialmente han avanzado en la planificación curricular y en la reflexión con los colectivos docentes para la generación de nuevas prácticas de aprendizaje-enseñanza. Algunos de los progresos de la E3T han sido:

- Reflexionar acerca del estado actual del programa: revisión y discusión del Proyecto Educativo del Programa, de los últimos informes de autoevaluación, de la estructura conceptual del saber
- Visita a constituyentes externos, miembros del sector productivo, gremios y universidades de diferentes ciudades del país relacionadas con los campos de desempeño de las ingenierías Eléctrica y Electrónica. En estas visitas se ha obtenido información relevante en torno a las necesidades y requerimientos actuales de los Ingenieros en estas dos especialidades profesionales.
- Comunicación con egresados, profesores, directivos (constituyentes internos) en torno a los retos y desafíos de los ingenieros en la sociedad del siglo XXI y la pertinencia e impacto de la formación del ingeniero UIS en el entorno regional, nacional e internacional.
- Revisión y estudio de los lineamientos que caracterizan organismos, asociaciones y pruebas estandarizadas en el campo de la Ingeniería para valorar las competencias que el país y el mundo esperan de un ingeniero electricista y de un ingeniero electrónico.
- Reflexión con los colectivos docentes acerca de los cambios que las nuevas estructuras curriculares producen en las prácticas de aula, trabajo a través de metodologías como el aprendizaje basado en proyectos y aprendizaje basado en problemas.

Se presentan detalles de lo que se halló en la comunicación con los constituyentes.

En el entorno de la Ingeniería Eléctrica en el país se visitaron empresas ubicadas en diferentes zonas de Colombia, algunas de ellas fueron: Codensa, EPM, cbec, Empresa de Energía de Pereira, Disproel, ISAGEN, ISA, ESSA, termobarranquilla, UPME, Ingenio Providencia S.A, electrocontrol, xm, Schneider Electric, Siemens.

Por otra parte, en torno al programa de Ingeniería Electrónica se visitaron empresas tales como: Ecopetrol, agencia nacional del espectro, Universidad Autónoma de Oriente, ERICSSON, San Vicente fundación hospitalaria, COLINVERSIONES, Universidad del Valle, ACT TELEMÁTICA, FESTO, AVANTEL, ROHDE Y SCHWARZ, ETB, ABB.

En el siguiente cuadro se resume la información que se obtuvo gracias a las visitas a los constituyentes. En cada caso se expone la respuesta de cada constituyente y el número de veces en que coincidieron en la respuesta.

Tópico consultado	Ingeniería Eléctrica Respuesta de los constituyentes/número de coincidencias	Ingeniería Electrónica Respuesta de los constituyentes /número de coincidencias	Consideraciones generales a partir de la consulta a los constituyentes:
¿Cuáles son los retos que a nivel de formación de ingenieros Electricistas y electrónicos deben asumirse hoy?	Formación disciplinar 17 Formación humanística 16 Formación en otros campos del saber del conocimiento 17 Conexión empresa universidad 13	Formación disciplinar 16 Formación humanística 16 Formación en otros campos del saber del conocimiento 15 Conexión empresa universidad 11	Los constituyentes anotan que la formación disciplinar, humanística e interdisciplinar es relevante en la formación del Ingeniero Electricista y electrónico. Así mismo consideran que debe existir un lazo mucho más estrecho entre la Universidad y la empresa.
¿Qué debe poder hacer un ingeniero recién graduado de su programa de pregrado?	Competencias administrativas 12 Idioma 10 Producción intelectual 5 Emprendimiento 4 Nuevas tecnologías de desarrollo 3	Competencias administrativas 12 Idioma 9 Producción intelectual 2 Emprendimiento 8 Nuevas tecnologías de desarrollo 7	Las competencias administrativas son el punto más importantes que los constituyentes consideraron debe poseer un ingeniero electricista y electrónico recién graduado, así mismo aparecieron otros elementos como el manejo de otro idioma, la producción intelectual, la capacidad de emprendimiento, etc.
¿Qué atributos o competencias no disciplinares considera debe tener un ingeniero recién graduado para desempeñarse eficientemente?	Trabajo en equipo 14 Liderazgo 13 Comunicación y expresión 9 Valores 8	Trabajo en equipo 10 Liderazgo 14 Comunicación y expresión 5 Valores 5	En orden de importancia, para desempeñarse eficientemente un ingeniero debe demostrar capacidad de trabajo en equipo, liderazgo, habilidades comunicativas, idoneidad.
¿Cuáles son los principales campos de actuación de los profesionales de la Ingeniería Eléctrica y electrónica?	Regulación del sector eléctrico 8 Mantenimiento de sistemas de energía eléctrica 1 Sistemas de potencia 11 Mercados de energía 6 Instalaciones y equipos 4 Formación complementaria 10 Formación transversal 4	Telecomunicaciones 11 Automatización y control 12 Bioingeniería 5 Gestión de proyectos de calidad 3 Programación 3 Diseño 2 Mantenimiento 2 Otras 1	La información aquí suministrada nos permite valorar las demandas actuales de cada Ingeniería, desde la perspectiva de los constituyentes.
¿Qué normativa (leyes, decretos, resoluciones) deben tenerse en cuenta para el ejercicio de la ingeniería y debe considerarse en la formación de pregrado.	Regulación de la seguridad 13 Regulación del mercado 4 Es importante conocer que existen las normas 3 Conformidad de productos 8	Saber que existen las normas 5 Ley (1341) 3 ISO 2 ISA 2 IEEE 2 Otras 1	Se encontró que hay mucha más claridad en los marcos legislativos de la Ingeniería Eléctrica que de la Ingeniería electrónica y se destaca la relevancia de la normatividad como soporte de la actuación de los profesionales en Ingeniería.
¿Qué programas de postgrado son los más requeridos por los ingenieros electricistas y electrónicos para desempeñarse	Regulación del sector eléctrico 5 Mantenimiento de sistemas de carga eléctrica 3 Sistemas de potencia eléctrica 10 Automatización y control 8	Administrativos 8 Automatización y control 5 Telecomunicaciones 4 Electro medicina 3 Otros 1	Como institución de Educación Superior se interesa por evaluar en que áreas se debe fortalecer o profundizar la formación en estas Ingenierías y al respecto los constituyentes dieron sus

efectivamente en su sector?	Telecomunicaciones 4 Administración 8 Otras 1		opiniones.
. ¿Cuáles son los principales desafíos que asumen los ingenieros en el exterior?	Idioma 7 Nuevas tecnologías 2 Normas internacionales 4 Homologación del titulo 1	Idioma 6 Nuevas tecnologías 2 Normas internacionales 2 Homologación del titulo 3 Cultura 1 Discriminación 1	En cuanto a los retos de los ingenieros eléctricos en el exterior se destacó el idioma, seguido de las normas institucionales, nuevas tecnologías y por último el de la homologación del título. Para los ingenieros electricistas se destacó igualmente el del idioma, homologación del título, normas institucionales, nuevas tecnologías y por último la cultura y la discriminación.
¿Cuál debe ser el papel de un ingeniero recién graduado frente a la generación de conocimiento y el avance de la Ciencia y la Tecnología?	Liderazgo 2 Competencias criticas 8 Soporte y apoyo 5	Liderazgo 5 Competencias criticas 7 Soporte y apoyo 2	Ya antes los constituyentes habían expuesto que consideraban importante que los profesionales recién graduados desarrollaran habilidades en torno a la propiedad intelectual, aspecto que se reafirma en este punto, pues consideran que el profesional recién graduado debe comprometerse con el estudio y transformación del conocimiento en su área y para ello debe desarrollar competencias de liderazgo, crítica, soporte y apoyo… "La UNESCO lo ha señalado muchas veces: "Las instituciones de Educación Superior deberán diferir en las maneras y grados en que combinen la enseñanza, la formación y la investigación, transfieran innovaciones y reflexiones innovadoras en aplicaciones a la sociedad, así como en las maneras en que estimulen a los estudiantes para estudiar, para buscar conocimiento" (Informe de Educación Superior en Iberoamérica, 2006)
¿Cuáles de las siguientes áreas de ejercicio de la Ingeniería respectiva son las que mayor oferta laboral tienen?	Generación 9 Transmisión 7 Distribución 13 Comercialización 10 Regulación 7 Operación 8 Instalaciones eléctricas 11	Automatización y control 13 Instrumentación biomédica 6 Instrumentación industrial 6 Diseño de dispositivos electrónicos 3 Telecomunicaciones 13	De esta manera corroboramos cuáles son las principales necesidades del sector productivo frente a los campos de Ingeniería que están siendo consultados.

Figure 2: Resumen de las respuesta de los Constituyentes de los programas de Ingenieria Eléctrica y Electrónica

La información suministrada por los constituyentes permitió al colectivo docente contrastar qué tanto las practicas actuales responden a las demandas del sector productivo, pero además permitió identificar las fortalezas de la formación que ofrecen a los ingenieros, el nivel de reconocimiento de sus egresados en el entorno nacional, así como los asuntos por mejorar.

5 Conclusiones

- Trabajar en pro del mejoramiento académico no significa cumplir con estándares y criterios prestablecidos, sino impulsar la reflexión permanente de la comunidad educativa en torno a la práctica de sus procesos de formación.
- Los modelos y sistemas de evaluación se concentran mucho en los recursos y tiempos, pero poco en el proceso de formación y menos aún en las prácticas pedagógicas, asunto que ha sido interesante revisar y transformar gracias a la generación de espacios de discusión colectiva acerca del currículo, la práctica pedagógica, la evaluación, la educación en Ingenierías.
- La generación de mecanismos de evaluación y revisión al interior de las instituciones promueve una cultura del mejoramiento continuo que supera la cultura de la acreditación.
- La Universidad Industrial de Santander es una de las más reconocidas Universidad estatales de Colombia, la formación de ingenieros es una de sus mayores fortalezas, sin embargo trabaja siguiendo la premisa de no hace falta estar mal para estar mejor, filosofía propia de la cultura del mejoramiento continuo.
- Los constituyentes alimentan las acciones y proyecciones de un programa y fortalecen la relación sine qua non entre Universidad-Sociedad.

Recomendaciones

Es compromiso de las facultades de Ingeniería proponer acciones para optimizar la formación de Ingenieros y con ello reflexionar permanentemente en torno a asuntos como: las estructuras curriculares de los programas de Ingenierías, la incorporación de prácticas pedagógicas novedosas para la formación de Ingenieros, entre otros asuntos relacionados con pensar la Educación en este campo disciplinar.

Referencias

ABET, Criteria for accrediting engineering programs. Effective for evaluation during the 2010-2011 accreditation cycle, 2009, ABET: Washington.

Gazzola A. Didrikson A (2008). Tendencias de la Educación Superior en América Latina y el Caribe. Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe. Venezuela.

LACCEI (2011) Latin American and Caribean Corsotium of Engineering Institution. *Propuesta para asumir los lineamientos institucionales y los retos que debe afrontar la Educación en Pregrado*. 9th Latin American and caribbean conference for engineering and technology. Medellín. Pag. 9.

Orozco L, Peréz M, Varelo A. (2006) Informe de la Educación Superior en Iberoamérica. Colombia. Centro Interuniversitario de Desarrollo-CINDA. Pág., 79

Pérez, M. (2004). Aseguramiento de la Calidad de la Educación Superior en América Latina: ¿vamos por el camino correcto? Calidad de la Educación, pp. 273-285. Santiago: CSE. pág., 273, 274, 277.

Revelo J. (2002) *Sistemas y organismos de Evaluación y Acreditación de la Educación Superior en Iberoamérica, reto de garantía y fomento de la calidad.* Consejo Nacional de Acreditación-CNA. Colombia. pág. 4

UIS. (22 de Octubre de 1996). Consejo Académico. Acuerdo N° 182.

UIS. (2007). Documento Institucional. Plan de desarrollo institucional 2008-2018. Bucaramanga. www.uis.edu.co

USI (2007). Manual de Gestión Integrado. Procesos de la Universidad Industrial de Santander. Dirección Institucional. Bucaramanga. Pág. 20

General Information and Services

Conference Venue

All conference sessions will be held at the Campus Marquês de Paranaguá, of the Faculty of Exact Sciences and Technology of the Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC/SP.

The address is:
Rua Marquês de Paranaguá, 111
Bairro da Consolação
São Paulo – SP
Brasil.

Symposium Registration and Sessions

Registration will be open 26st July at 8:30, in the Symposium Venue.

Symposium Dinner

The Symposium Dinner will be held at the Restaurant Via Castelli on Thursday, July 26, at 20:00. More information about Restaurant Via Castelli is available at http://www.viacastelli.com.br

Address:
Rua Martinico Prado, 341
Higienópolis – São Paulo - Brazil
Phone: +55 11 3662 2999

Guest Program

Guests may also attend the Symposium Dinner. Tickets are available at the registration desk. Contact the PAEE secretariat or members of the organizing committee for more detailed information. Guest Dinner Cost: R$ 85,00 (35 Euros).

Internet

Wireless internet access is available in the Symposium venue. Contact organizing committee in order to get password. Computers and multimedia projectors will be available during presentation sessions.

Symposium Secretariat

Campus Marquês de Paranaguá,
Faculty of Exact Sciences and Technology of the Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC/SP
Rua Marquês de Paranaguá, 111
Bairro da Consolação
São Paulo – SP
Brasil.

Email: fcet@pucsp.br
Phone: +55 11 3124 7222
Fax: +55 11 3124 7202
Url: http://pucsp.br

List of Authors

Name	E-mail	Institution	Country
Adriana Ancona	adriana.ancona@uady.mx	Universidad Autónoma de Yucatán	México
Adriana Fischer	afischerpirotta@gmail.com	Catholic University of Pelotas	Brazil
Adriano Oliveira Pires	oliveira.pires@gmail.com	Universidade do Estado de Santa Catarina	Brazil
Adson F. da Rocha	adson@unb.br	Universidade de Brasília - Campus Gama	Brazil
Alexandre Luís Gasparin	algaspa1@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Alexandre Viecelli	avieceli@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Alexsander Tressino de Carvalho	tressino@lsi.usp.br	USP - Faculdade de Tecnologia de Santo André	Brazil
Amaranta Hayata de Azevedo	amarantahayata@gmail.com	Universidade de Brasília	Brazil
Amaranta Hayata de Azevedo	amarantahayata@gmail.com	Universidade de Brasília	Brazil
Ana Carolina Kalume Maranhão	ckalume@gmail.com	Universidade de Brasília	Brazil
Ana Lúcia Manrique	manrique@pucsp.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Ana M.C.Grisa	amcgrisa@globo.com	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Ana Maria Silveira Turrioni	amsturrioni@hotmail.com	Universidade Federal de Itajubá	Brazil
Anabela C. Alves	anabela@dps.uminho.pt	University of Minho	Portugal
Anabela Pereira Tereso	anabelat@dps.uminho.pt	University of Minho	Portugal
André Amarante	andre.fatec@gmail.com	Universidade Estadual Paulista	Brazil
André Bittencourt Leal	leal.ab@gmail.com	Universidade do Estado de Santa Catarina	Brazil
Andréa Pereira Mendonça	andreapmendonca@ifam.edu.br	Instituto Federal do Amazonas	Brazil
Ângela Vieira	psicologaangelavieira@gmail.com	Departamento de pós-graduação da Uninorte/ Laureate	Brazil
Anna Friesel	afr@ihk.dk	Copenhagen University College of Engineering	Denmark
Armando Antônio Maria Laganá	lagana@lsi.usp.br	Escola Politécnica, Universidade de São Paulo / Faculdade de Tecnologia de Santo André	Brazil
Áulus Carvalho Diniz	aulusdiniz@aluno.unb.br	Universidade de Brasília - Campus Gama	Brazil
Bárbara Cristina Oliveira de Campos	bcoc1980@gmail.com	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Bruno Martin de Alcântara Dias	alcantara.dias@hotmail.com	Escola Politécnica, Universidade de São Paulo / Faculdade de Tecnologia de Santo André	Brazil
Bruno Martin de Alcântara Dias	alcantara.dias@hotmail.com	University of São Paulo	Brazil
Bruno Moreira de Oliveira	bmo422@gmail.com	Universidade de Brasília	Brazil
Bruno Silva Pereira	brunoice06_spp@hotmail.com	USP – Faculdade de Tecnologia de Santo André	Brazil
Carla da Costa Guimarães	cguimaraes@pucsp.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Carla Eliana Todero Ritter	cetodero@gmail.com	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Carlos Eduardo M. Rodrigues	fisicadu@gmail.com	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Carlos Maurício Sacchelli	carlos.sacchelli@gmail.com	Universidade Federal de Santa Catarina	Brazil
Carlos Ocampo-López	carlos.ocampo@upb.edu.co	Universidad Pontificia Bolivariana	Colombia
Christian Joezer Meirinho	cviolino@gmail.com	Universidade do Estado de Santa Catarina	Brazil
Cristiane Rodrigues C. Tavolaro	cris@pucsp.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Cristiane Soares Ramos	CristianeSRamos@unb.br	Universidade de Brasília	Brazil
Cristiano Vasconcellos Ferreira	cristianovferreira@joinville.ufsc.br	Universidade Federal de Santa Catarina	Brazil
Cristina Zukowsky-Tavares Carvalho	cristina.tavares@unasp.edu.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Cynthia Thamires da Silva	cynthiathamires@hotmail.com	Faculdade de Tecnologia de Santo André	Brazil
Daniel de Araújo Almeida	daa_14@yahoo.com.br	Universidade de Brasília	Brazil
Daniel Toss;	dtoss@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Daniela Favaro Garrossini	daniela.garrossini@gmail.com	Universidade de Brasília	Brazil
Danilo Pereira Pinto	danilo.pinto@ufjf.edu.br	Universidade Federal de Juiz de Fora	Brazil
Dário Moura	dbmoura@me.com	Universidade Federal de Minas Gerais	Brazil
Davi B. C. da Silva	davi.silva@tucurui.ufpa.br	Universidade Federal do Pará	Brazil
Demétrio Elie Baracat	demetrio.baracat@maua.br	Instituto Mauá de Tecnologia	Brazil
Diana Mesquita	diana@dps.uminho.pt	University of Minho	Portugal
Dianne Magalhaes Viana	diannemv@unb.br	Universidade de Brasília	Brazil
Diego Piazza	dpiazza1@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Dinis Carvalho	dinis@dps.uminho.pt	University of Minho	Portugal
Diogo Campos	diogomsc@gmail.com	University of Minho	Portugal
Diorge de S. Lima	diorge.lima@tucurui.ufpa.br	Universidade Federal do Pará	Brazil
Diorge Zambra	dabzambra@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Dora Werneck de Almeida Menezes	dorawerneck@hotmail.com	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil

Name	E-mail	Institution	Country
Edgard Costa Oliveira	ecosta@unb.br	Universidade de Brasília	Brazil
Edson Caoru Kitani	edson.fatec@yahoo.com.br	Escola Politécnica, Universidade de São Paulo / Faculdade de Tecnologia de Santo André	Brazil
Eduardo F. Mortimer	mortimer@ufmg.br	Universidade Federal de Minas Gerais	Brazil
Elize Keller-Franco	elize.franco@unasp.edu.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Ely Antonio Tadeu Dirani	dirani@pucsp.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Eneida P. Santos	eneidapsv@yahoo.com.br	Universidade Federal de Minas Gerais	Brazil
Enrique Ares	enrares@uvigo.es	University of Vigo	Spain
Esp. Adolfo León Arenas Landínez	aleon@uis.edu.co	Universidad Industrial de Santander	Colombia
Fabiane Almeida	fabiane.ecologia@gmail.com	Departamento de pós-graduação da Uninorte/ Laureate	Brazil
Fabio Castrillón-Hernández	fabio.castrillon@upb.edu.co	Universidad Pontificia Bolivariana	Brazil
Fabio Delatore	f.delatore@terra.com.br	Faculdade de Tecnologia de Santo André	Brazil
Fábio Esteves da Silva	fabesteves@yahoo.com.br	Universidade Estadual Paulista	Brazil
Fábio Macedo Mendes	fabiomendes@unb.br	Universidade de Brasília - Campus Gama	Brazil
Felipe Serafim Albadaladejo	serafim@lsi.usp.br	Escola Politécnica, Universidade de São Paulo / Faculdade de Tecnologia de Santo André	Brazil
Fernanda B. Silva	fernanda.belizario@gmail.com	University of São Paulo	Brazil
Fernando H. Sabbatini	fernando.sabbatini@poli.usp.br	University of São Paulo	Brazil
Filipe Henrique S. Santos	filipe.santos@cts-tec.com.br	Universidade de Brasília	Brazil
Francisco Catelli	fcatelli@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Francisco José Gomes	chico.gomes@ufjf.edu.br	Universidade Federal de Juiz de Fora	Brazil
Francisco Mauro Witkowski	francisco.witkowiski@maua.br	Instituto Mauá de Tecnologia	Brazil
Francisco Moreira	fmoreira@dps.uminho.pt	University of Minho	Portugal
Galeno José de Sena	gsena@feg.unesp.br	Universidade Estadual Paulista	Brazil
Galesandro Henrique Capovilla	gale@sj.unisal.br	Centro Universitário Salesiano de São Paulo	Brazil
Geoflávia Guilarducci de Alvarenga	geoflavia@unb.br	Universidade de Brasília	Brazil
Gilberto Mireles	gilberto.mireles@uady.mx	Universidad Autónoma de Yucatán	México
Givanildo Garlet	ggarlet@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Guilherme Holsbach Costa	ghcosta@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Gustavo Carlos Knabben	gustavoknabben@gmail.com	Universidade do Estado de Santa Catarina	Brazil
Hortência N. dos Santos	hortencia.santos@tucurui.ufpa.br	Universidade Federal do Pará	Brazil
Humberto Abdalla Junior	abdalla@ene.unb.br	Universidade de Brasília	Brazil
Isolda Gianni de Lima	iglima@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Itziar Goicoechea	igoicoechea@uvigo.es	University of Vigo	Spain
Ivete Ana Schmitz Booth	iasbooth@gmail.com	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Jaime A. Ramirez	jramirez@ufmg.br	Universidade Federal de Minas Gerais	Brazil
Jaime Lorenzo	jaimelorenzo@uvigo.es	University of Vigo	Spain
Jefferson A. da Rocha	jefferson.rocha@aluno.unb.br	Universidade de Brasília - Campus Gama	Brazil
Joanir Kalnin	jlkalnin@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
João Batista Turrioni	joabatu@gmail.com	Universidade Federal de Itajubá	Brazil
João Carlos Félix Souza	jocafs@unb.br	Universidade de Brasília	Brazil
João M. Fernandes	jmf@di.uminho.pt	University of Minho	Portugal
John Paul Hempel Lima	jpmlima@pucsp.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Jonathan Lopes Florêncio	reddy.lopes@gmail.com	Universidade do Estado de Santa Catarina	Brazil
José A. Martins	jamartin@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
José N. Almeida Jr.	jneresjr@gmail.com	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Juliano Rodrigues Gimenez	juliano.gimenez@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Kalil Martins Mota	kakalil@aluno.unb.br	Universidade de Brasília - Campus Gama	Brazil
Kledson Alves	kledson.alv3s@gmail.com	Universidade do Estado de Santa Catarina	Brazil
Laurete Zanol Sauer	lzsauer@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Leandro Santos Monteiro	leandro@monteiro.eti.br	Universidade do Estado de Santa Catarina	Brazil
Leidy Rendón-Castrillón	leidy.rendon@upb.edu.co	Universidad Pontificia Bolivariana	Colombia
Leonardo Mesquita	mesquita@feg.unesp.br	Universidade Estadual Paulista	Brazil
Liliane A. Pontes	liliane.pontes@gmail.com	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Luciana Muller Somavilla	lmsomavi@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Luciani Tatsch Piemolini-Barreto	ltpbarre@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Luis Elio Caporossi	estudio.caporossi@gmail.com	Universidad Tecnológica Nacional	Argentina
Luis Fernando Ramos Molinaro	molinaro@nmi.unb.br	Universidade de Brasília	Brazil
Luiz Carlos de Campos	lccampos@pucsp.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Vicente Ferrer P. Aleixo	ferrer@ufpa.br	Universidade Federal do Pará	Brazil
Wellington da S. Fonseca	fonseca@ufpa.br	Universidade Federal do Pará	Brazil
Mag. Kelly Johana Gómez Jiménez	kellyjohanagomez@gmail.com	Universidad Industrial de Santander	Colombia

Name	E-mail	Institution	Country
Marcelo A. Vilhena	marcelovilhena@aluno.unb.br	Universidade de Brasília	Brazil
Márcia Longen Zindel	marcialz@unb.br	Universidade de Brasília	Brazil
Marco Aurélio Alvarenga Monteiro	marco.aurelio@feg.unesp.br	Universidade Estadual Paulista	Brazil
Marco Kling	marco.kling@gmail.com	Universidade de Brasília	Brazil
Marcos Antonio de Carvalho Guedes	maguedes@lsi.usp.br	Escola Politécnica, Universidade de São Paulo	Brazil
Marcos de Miranda Paranhos	paranhosm@ig.com.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Marcos Tarciso Masetto	mmasetto@gmail.com	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Marcos Vinícius de Melo Orrico	marcos.orrico@gmail.com	Universidade de Brasília	Brazil
Margarita Ramírez-Carmona	margarita.ramirez@upb.edu.co	Universidad Pontificia Bolivariana	Brazil
Maria Alice Reis Pacheco	marpache@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Maria Assunção Flores	aflores@ie.uminho.pt	University of Minho	Portugal
Maria Bernadete Junkes	bernadetejunkes@gmail.com	Federal University of Rondônia	Brazil
Maria Cecília França de Paula Santos Zanardi	cecília@feg.unesp.br	Universidade Estadual Paulista	Brazil
María Felipa Cañas Cano	maria.canas@.udep.pe	Universidad de Piura/Campus Lima	Brazil
María Fenollera	mfenollera@uvigo.es	University of Vigo	Spain
Maria João Barros	mbarros@uac.pt	Secção Regional dos Açores da Ordem dos Engenheiros	Portugal
Maria Margarida Machado Pires	margaridap@uac.pt	University of Azores	Portugal
Maria Otilia José Montessanti Mathias	momathias@pucsp.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Marisa A. Cavalcante	marisac@pucsp.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Marisa Almeida Cavalcante	marisac@pucsp.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Marisa Franzoni	marisa@sj.unisal.br	Centro Universitário Salesiano de São Paulo	Brazil
Marli Camassola	mcamassola@gmail.com	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Martha Maria Prata - Linhares	martha.prata@gmail.com	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Mauren T. Pize	mtpize@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Mercia M. S. B. de Barros	mercia.barros@poli.usp.br	University of São Paulo	Brazil
Mira Trebar	mira.trebar@fri.uni-lj.si	University of Ljubljana	Slovenia
Miriam Chan	cpavon@uady.mx	Universidad Autónoma de Yucatán	México
Natascha van Hattum-Janssen	nvanhattum@ie.uminho.pt	University of Minho	Portugal
Neide de Aquino Noffs	nnoffs@terra.com.br	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Neide Pessin	npessin@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Odilon Giovannini	ogiovannini@gmail.com	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Olegário Borges Jr.	olegarioborges@gmail.com	Departamento de pós-graduação da Uninorte/ Laureate	Brazil
Oriane M. Neto	oriane@dee.ufmg.br	Universidade Federal de Minas Gerais	Brazil
Paulo Sérgio Lima Pereira Afonso	psafonso@dps.uminho.pt	University of Minho	Portugal
Rafael Amaral Shayani	shayani@unb.br	Universidade de Brasília	Brazil
Ricardo C. Takahashi	taka@mat.ufmg.br	Universidade Federal de Minas Gerais	Brazil
Ricardo Moura	ricardomoura@desenvolver-consultoria.com	Departamento de pós-graduação da Uninorte/ Laureate	Brazil
Ricardo R. Fragelli	fragelli@unb.br	Universidade de Brasília - Campus Gama	Brazil
Rodrigo Cutri	rodrigo.cutri@maua.br	Instituto Mauá de Tecnologia	Brazil
Rodrigo Panosso Zeilmann	rpzeilma@ucs.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Roger Luis Brito Zamparette	rogerzamparetti@gmail.com	Universidade do Estado de Santa Catarina	Brazil
Rogério José Câmara	sosreversos@gmail.com	Universidade de Brasília	Brazil
Ronny Knoch Gieseler	ronnygk@gmail.com	Universidade do Estado de Santa Catarina	Brazil
Rosmary N. Brandalise	rnbranda@terra.com.br	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Rui M. Lima	rml@dps.uminho.pt,	University of Minho	Portugal
Samara P. da Silva	samara.pereira@tucurui.ufpa.br	Universidade Federal do Pará	Brazil
Sandra Fernandes	sandra@fpce.uc.pt	University of Coimbra	Portugal
Simone Borges S. Monteiro	simoneborges@unb.br	Universidade de Brasília	Brazil
Sonia M. Gómez Puente	s.m.gomez.puente@tue.nl	Eindhoven University of Technology	Netherlands
Thiago Schulze+,	thiagoschulze@hotmail.com	Pontifical Catholic University of Sao Paulo	Brazil
Valquíria Villas-Boas	vvillasboas@yahoo.com	Universidade de Caxias do Sul	Brazil
Valteir Romão	valteir@gmail.com	Departamento de pós-graduação da Uninorte/ Laureate	Brazil
Vicente I. Becerra Sablón	vsablon@sj.unisal.br	Centro Universitário Salesiano de São Paulo	Brazil
Vinícius de C. Rispoli	vrispoli@unb.br	Universidade de Brasília - Campus Gama	Brazil
Viviane Vasconcellos Ferreira Grubisic	viviane@joinville.ufsc.br	Universidade Federal de Santa Catarina	Brazil
Yesid Vélez-Salazar	yesid.velez@upb.edu.co	Universidad Pontificia Bolivariana	Colombia
Zaida Jova Aguila	zaida@sj.unisal.br	Centro Universitário Salesiano de São Paulo	Brazil