



UFBA

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

FERNANDO PARENTE LIRA CAVALCANTE

**Aprendizado com Base em Problemas:
Motivando e Qualificando
Alunos e Professores nos Cursos de Engenharia**



**SALVADOR
2014**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

MESTRADO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL

FERNANDO PARENTE LIRA CAVALCANTE

**APRENDIZADO COM BASE EM PROBLEMAS:
MOTIVANDO E QUALIFICANDO ALUNOS E PROFESSORES
NOS CURSOS DE ENGENHARIA**

SALVADOR

MAIO 2014

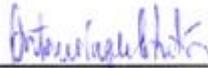
Aprendizado com Base em Problemas: Motivando e Qualificando Alunos e Professores nos Cursos de Engenharia

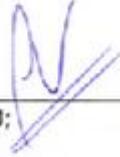
Fernando Parente Lira Cavalcante

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA INDUSTRIAL.

Aprovada¹ por:

Prof. Marcelo Embiruçu de Souza 
Doutor em Engenharia Química pela UFRJ, Brasil, 1998;

Prof. Antônio Virgílio Bittencourt Bastos 
Doutor em Psicologia pela UnB, Brasil, 1994;

Prof. José Célio Silveira Andrade 
Doutor em Administração pela UFBA, Brasil, 2000;

Profa. Ana Paula Cabral Seixas Costa 
Doutora em Engenharia de Produção pela UFPE, Brasil, 2003.

SALVADOR, BA - BRASIL

MARÇO DE 2014

¹ De acordo com o Regimento do Programa, o conjunto de orientadores tem direito a um único voto na banca de avaliação.

C377 Cavalcante, Fernando Parente Lira

Aprendizado com base em problemas: motivando e qualificando alunos e professores nos cursos de engenharia. / Fernando Parente Lira Cavalcante. - Salvador, 2014.

152 f.: il. color.

Orientador: Prof. Marcelo Embiruçu

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2014.

1. Engenharia. 2. Educação. 3. Ensino-aprendizagem. 4. Evasão universitária. 5. PBL. I. Embiruçu, Marcelo. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDD: 620.00711

Agradecimentos

A Cristina, minha esposa, pelo suporte, paciência e estímulo para conclusão da pesquisa;

Aos meus filhos Daniel e Marcelo, pela motivação para chegar a bom termo nessa empreitada;

Às minhas irmãs Ana e Isabel, uma permanente torcida 'à distância' para manter o ritmo dos trabalhos;

A Juliana, pela preciosa colaboração no levantamento e processamento de dados estatísticos, e suporte para elaboração de material de apoio;

À equipe do Cofic, em especial a Ana Virgínia e a Neiza, pela ajuda na obtenção de informações junto às empresas do Pólo Industrial de Camaçari;

Aos professores da UFBA, pela atenção em contribuir com minha pesquisa, e em especial ao prof. Cristiano Fontes pela oportunidade de trocar ideias e transmitir sua experiência no ensino e aprendizagem nas engenharias;

À professora Caroline Crosthwaite, da Universidade de Queensland, Austrália, pela rica e espontânea contribuição bibliográfica proporcionada;

Ao prof. Marcelo Embiruçu, meu orientador, pela amizade e pelo estímulo e confiança na construção desta contribuição para a prática do ensino e aprendizagem nas engenharias do país.

Resumo da Dissertação apresentada ao PEI/UFBA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

Aprendizado com Base em Problemas: Motivando e Qualificando Alunos e Professores nos Cursos de Engenharia

Fernando Parente Lira Cavalcante

Março/2014

Orientador: Marcelo Embiruçu

Programa: Engenharia Industrial

O grau e a qualidade do crescimento econômico de um país assim como sua capacidade de inovação e desenvolvimento tecnológico guardam uma estreita relação com a qualidade e quantidade dos seus engenheiros. O Brasil não tem se destacado neste setor, mesmo se caracterizando como um país de proporção quase continental e com uma população da ordem de 200 milhões de habitantes, apresentando um PIB nominal que o coloca entre as dez maiores economias do mundo nos últimos 20 anos, dispondo de variadas fontes de recursos naturais para geração de matéria-prima e de energia, e contando com um ambiente sócio-político-econômico que vem favorecendo seu desenvolvimento.

A classificação dos últimos anos das 100 melhores universidades no campo da engenharia e tecnologia, conforme o *Times Higher Education World University Rankings*, não inclui qualquer instituição brasileira. O índice FIESP de Competitividade das Nações coloca o Brasil na 37ª posição em 2012, dentre 43 países avaliados, e o índice de 0,24 patentes de residentes no país/ 10.000 habitantes é bastante reduzido quando comparado ao valor 6,5 para o mesmo indicador medido entre os países de competitividade elevada.

Por sua dimensão e importância, principalmente para seus habitantes, o país precisa criar uma base sólida para manter seu crescimento econômico e social através de um desenvolvimento tecnológico sustentável. Se inovação e tecnologia são inseparáveis da engenharia, é necessário formar novos engenheiros com qualificação compatível para a geração de ideias e sua transformação em novos processos, novos produtos, novas tecnologias.

A existência de mais de 600 IES no Brasil, com uma oferta em torno de 2.800 cursos de engenharia e um ingresso anual (2011) da ordem de 195.000 novos alunos, parece indicar que não há propriamente uma limitação quantitativa no número de faculdades existentes e de alunos matriculados para formar novos engenheiros no país. Por outro lado, um número aproximado de 45.000 concluintes nas engenharias em 2012 e uma taxa média anual de evasão de alunos das engenharias da ordem de 45% para cursos de universidades públicas

permitem supor que uma melhoria na qualidade e eficiência do ensino nos cursos de engenharia poderá trazer maior qualificação aos engenheiros graduados e melhorar a taxa anual de conclusão dos cursos de engenharia.

Neste sentido este trabalho procura mostrar que a experiência acumulada em métodos de ensino ativo e colaborativo, em especial a pedagogia Aprendizado com Base em Problemas (PBL), tem se mostrado um caminho eficaz de ensino-aprendizagem nas engenharias para estimular e fixar os alunos até o fim da graduação, possibilitar o estreitamento da colaboração universidade-empresa e conferir uma razoável qualificação técnico-comportamental aos alunos ao longo de sua formação. Pesquisas conduzidas no ambiente de cursos de engenharia de Salvador e de empresas do Pólo Industrial de Camaçari-Ba, e dados da introdução do PBL em cursos de engenharia de universidades no Brasil, procuram mostrar que há um campo favorável à ampliação da prática do PBL como forma de elevar a qualificação dos novos engenheiros e reduzir as taxas de evasão nas engenharias do país.

Abstract of Dissertation presented to PEI/EP/UFBA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

Problem Based Learning: Motivating and Qualifying Students and Faculty in Engineering Courses

Fernando Parente Lira Cavalcante

March/2014

Advisor: Marcelo Embiruçu

Programme: Industrial Engineering

The extent and excellence of economic growth as well as the innovation and technological development capacity of a given country keep a close relation with the amount and qualification of its engineers. Brazil does not rank in a good position in this area, although it stands as a continental size country with a population of almost 200 million people, has a GDP which ranks the country among the ten strongest economies in the world for the last 20 years, relies on a wide range of natural resources are available favoring raw materials exploration and energy production, and presents a fairly reliable social, economic and political scenery to support its development.

The 100 best ranking universities in the engineering and technology field published by Times Higher Education World Rankings does not include any Brazilian institution among them. The Competitiveness of Nations index from the Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) ranks Brazil in the 37th position among the 43 countries assessed. The Brazilian ratio of 0,24 patents per 10.000 inhabitants strikes as too low when compared to a 6.5 ratio for the same parameter taken among highly developed countries.

The challenges from the global competition demand a persistent and sustainable technological development effort in the country to meet the required economic and social growth which in turn rests on knowledge and professional performance solid ballast. Since innovation and technology cannot prosper apart from engineering, new well qualified engineering graduates are necessary to produce concepts and to transform them in new processes, new products, new technologies.

A number of 600 universities or more offering around 2.800 engineering courses that take 195.000 new students yearly (2011 data) seems to demonstrate that there is no quantitative restraint on the number of existing undergraduate engineering programs and enrolled students so that the required number of new engineers can graduate in Brazil. On the other hand, an approximate number of 45.000 graduates in engineering (2012 data) and an yearly

engineering student dropout rate around 50% (in public colleges) in the last decade make it possible to imagine that an improvement in quality and efficiency in the engineering education may increase engineer graduates capability and strongly reduce dropout rates in engineering.

This study aims to demonstrate that the experience collected through active and collaborative instruction methods, especially Problem Based Learning (PBL) pedagogy, have proved a very useful teaching-learning route to motivate and retain engineering students in their programs until graduation, to narrow cooperation between companies and university, and to add professional generic skills to the traditional curriculum content. Data obtained through inquiries applied to engineering course faculties at EPUFBA-Salvador and companies in the Pólo Industrial de Camaçari-Ba, as well as recent information on the introduction of PBL methodology in engineering courses in Brazil, attempt to offer evidence that there are favorable conditions for PBL to be applied in order to stimulate engineering students to graduate as they improve their professional skills, bearing to a decrease in dropout rates.

Sumário

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO I. Introdução..... | 1 |
| I.1. Motivação..... | 3 |
| I.2. Objetivo..... | 4 |
| I.3 Metodologia..... | 5 |
| I.4. Organização da Dissertação..... | 6 |
| CAPÍTULO II. A Evolução no Crescimento das Engenharias..... | 8 |
| CAPÍTULO III. A Evasão nas Engenharias..... | 17 |
| III.1. As Causas da Evasão no Ensino Superior..... | 20 |
| CAPÍTULO IV. O Ensino-Aprendizagem Ativo (<i>Active Learning</i>)..... | 26 |
| CAPÍTULO V. Aprendizado com Base em Problemas - PBL..... | 33 |
| V.1. Características do PBL..... | 34 |
| V.2. Porque Adotar o PBL e Cuidados a Serem Observados na sua Implantação..... | 36 |
| CAPÍTULO VI. Experiências com o PBL no Exterior..... | 40 |
| VI.1. Universidade de Aalborg - Dinamarca..... | 41 |
| VI.2. Universidade de Queensland - Austrália..... | 42 |
| VI.3. Queen Mary - Universidade de Londres - Reino Unido..... | 45 |
| VI.4. Franklin W. Olin College of Engineering - Estados Unidos..... | 46 |
| CAPÍTULO VII. Experiências no Brasil com Ensino Ativo e o PBL..... | 48 |
| VII.1. O Programa de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) ... | 49 |
| VII.2. O Curso de Engenharia Biomédica da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP)..... | 50 |
| VII.3. O Curso de Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul (UCS)..... | 51 |
| VII.4. O Curso de Engenharia da Computação da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)..... | 52 |
| VII.5. O Curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília (UnB)..... | 53 |
| VII.6. O Curso de Engenharia de Sistemas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)..... | 53 |
| VII.7. O Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) 54 | |

| | |
|---|----|
| VII.8. A Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade Estadual de São Paulo (USP)..... | 56 |
| CAPÍTULO VIII. A EPUFBA e as Empresas da Região Metropolitana de Salvador (RMS): uma Oportunidade para a Aplicação do PBL? | 57 |
| VIII.1. Pesquisa I: Os Cursos de Engenharia da EPUFBA e o PBL | 59 |
| VIII.1.1. Primeira Parte | 60 |
| VIII.1.2. Segunda Parte | 62 |
| VIII.2. Pesquisa II: As Empresas do Pólo de Camaçari e seu Relacionamento com os Cursos de Engenharia | 64 |
| VIII.3. Discussão..... | 68 |
| CAPÍTULO IX. Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros..... | 70 |
| IX.1. Considerações Finais | 71 |
| IX.2. Possibilidades de Desdobramentos | 73 |
| IX.3. Conclusões | 74 |
| REFERÊNCIAS..... | 76 |
| APÊNDICE A. Artigo Apresentado no COBENGE 2013 - XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - 23 a 26/Octubro/2013 - Gramado/RS | 85 |
| A.1. Introdução..... | 87 |
| A.2. A Evasão nas Engenharias no Brasil | 87 |
| A.3. Mudança nos Cursos de Graduação em Engenharia | 88 |
| A.4. A Sala de Aula dos Cursos de Engenharia: Propostas Pedagógicas | 89 |
| A.5. Aprendizado com Base em Problemas (PBL): a Mudança com Sucesso..... | 90 |
| A.5.1. Universidade de McMaster - Canadá..... | 90 |
| A.5.2. Universidade de Aalborg – Dinamarca | 91 |
| A.5.3. Universidade de Queensland - Austrália..... | 91 |
| A.5.4. Experiências em Universidades no Brasil..... | 91 |
| A.6. Resultados do Ensino a Partir do PBL | 92 |
| A.7. Discussão e Recomendações | 94 |
| A.8. Considerações Finais..... | 96 |
| Agradecimentos | 96 |

| | |
|--|-----|
| Referências Bibliográficas | 96 |
| APÊNDICE B. Artigo Apresentado no ENEGEP 2013 - XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - 08 a 11/Outubro/2013 - Salvador/BA..... | 100 |
| B.1. Introdução..... | 102 |
| B.2. Aprendizado com Base em Problemas - PBL..... | 102 |
| B.3. Considerações | 103 |
| B.3.1. Ingresso e Permanência dos Alunos nos Cursos de Engenharia | 103 |
| B.3.2. Interação Empresa → Academia..... | 107 |
| B.3.3. Interação Academia → Empresa..... | 108 |
| B.4. Discussão..... | 110 |
| B.5. Conclusão | 111 |
| Referências..... | 111 |
| APÊNDICE C. Carta-Consulta com Questionário Enviada aos Professores da EPUFBA..... | 114 |
| APÊNDICE D. Resultados da Pesquisa junto aos Professores das Engenharias da EPUFBA... 120 | |
| D.1. Percepção e Conhecimento Geral do Quadro Docente da EPUFBA sobre a Prática do PBL | 121 |
| D.2. Avaliação Qualitativa quanto ao Grau de Impacto de Determinados Fatores na Introdução da Metodologia PBL nos Cursos da EPUFBA | 123 |
| D.2.1. Impacto sobre o Papel e a Condição de Trabalho dos Professores..... | 123 |
| D.2.2. Impacto sobre a Organização e Estrutura da Instituição EPUFBA..... | 125 |
| D.2.3. Impacto sobre Cooperação Empresas-Cursos de Engenharia da EPUFBA | 126 |
| APÊNDICE E. Carta e Questionário Enviados às Empresas do Pólo Industrial de Camaçari .. | 129 |
| APÊNDICE F. Relação das Empresas Pesquisadas no Pólo Industrial de Camaçari | 137 |
| APÊNDICE G. Resultados da Pesquisa junto às Empresas do Pólo Industrial de Camaçari.... | 140 |
| APÊNDICE H. Cursos de Engenharia e IES em Salvador e Municípios Próximos | 150 |

Lista de Figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Crescimento de IES com oferta de cursos de engenharia - Brasil 1950/2012 | 9 |
| Figura 2. Crescimento do número de cursos de engenharia de IES - Brasil 1950/2012 | 9 |
| Figura 3. Evolução percentual do Pessoal Ocupado (Engenheiros e Total do Ensino Superior) , Concluintes (Engenharia e Total do Ensino Superior) <i>versus</i> PIB real [a preços de 2012: 2000=100] | 12 |
| Figura 4. PIB <i>per capita</i> em 2008 (em US\$ de 2012) <i>versus</i> percentagem de recursos humanos em ciência e tecnologia no total de empregados [2007-2008] | 15 |
| Figura 5. Taxas médias de evasão em cursos de engenharia públicos - Brasil - 2000-2011.... | 20 |
| Figura 6. Metodologia para solução de problemas organizada por projetos em Aalborg | 41 |
| Figura 7. Modelo pedagógico adotado no PCC - Universidade de Queensland - Austrália | 43 |
| Figura 8. Engenharia Química (programa PCC - Queensland): disciplinas e semestres | 44 |
| Figura 9. O Domo da Rocha - modelagem em Maple pela Engenharia Civil da UTFPR | 55 |
| Figura 10. Evasão nas Engenharias - Escola Politécnica da UFBA - 2002/2011 | 59 |
| Figura 11. Taxas médias de evasão em cursos de engenharia no Brasil /1998-2011..... | 88 |
| Figura 12. Relação nº de candidatos/nº de vagas em cursos de engenharia/ 2001-2011 | 104 |
| Figura 13. Relação nº de candidatos/nº de vagas em cursos de medicina/ 2001-2011..... | 105 |
| Figura 14. Valores médios de evasão total em cursos de engenharia no Brasil/ 2000-2011 | 106 |
| Figura 15. Valores médios de evasão total em cursos de medicina no Brasil / 2000-2011... | 106 |
| Figura 16. Conhecimento sobre a metodologia de ensino conhecida por Aprendizado com Base em Problemas [em inglês PBL - <i>Problem Based Learning</i>] aplicada no ensino das engenharias | 121 |
| Figura 17. Presença ou participação em eventos - congressos, seminários, mesas-redondas, debates - sobre o tema Aprendizado com Base Problemas, no Brasil ou no exterior | 121 |
| Figura 18. Crença de que o PBL pode ser uma experiência válida e positiva a ser experimentada na EP-UFBA..... | 122 |
| Figura 19. Participação em estudos ou avaliações sobre a oportunidade ou condição de aplicação do método PBL em cursos de engenharia na EP-UFBA | 122 |
| Figura 20. Envolvimento com atividades/projetos a partir do Aprendizado com Base em Problemas desenvolvidos em cursos de engenharia da EP-UFBA, de outras universidades do Brasil ou em universidades do exterior..... | 123 |

| | |
|--|-----|
| Figura 21. Disponibilidade de tempo para professores se capacitarem na metodologia PBL (direita); e Motivação na EP-UFBA para se iniciar uma modificação dessa natureza e dimensão (esquerda)..... | 124 |
| Figura 22. Motivação dos professores para alterarem suas práticas de ensino (esquerda); e Alocação de tempo do professor para atuação como tutor em projetos PBL (direita) | 124 |
| Figura 23. Dificuldades na adaptação das grades curriculares para incorporar o PBL..... | 125 |
| Figura 24. Reconhecimento na organização EP-UFBA do esforço dedicado ao PBL (direita); e Avaliação dos docentes nos focos “pós-graduação” e “publicação de artigos” | 125 |
| Figura 25. Inadequação do projeto pedagógico da EP-UFBA para absorção da metodologia PBL (esquerda); e Compatibilidade da organização e estrutura da EP-UFBA com o PBL (direita)..... | 126 |
| Figura 26. Dificuldade nos departamentos para novo foco em conteúdos e projetos multidisciplinares..... | 126 |
| Figura 27. Disposição e interesse das empresas/indústrias em participar de projetos na graduação (esquerda); e Interesse das empresas/indústrias em contribuir com a formação dos novos engenheiros (direita)..... | 127 |
| Figura 28. Dificuldade de profissionais das empresas participarem de programações e palestras na EP-UFBA (esquerda); e Disponibilidade dos professores em interagirem com as empresas da região (direita)..... | 127 |
| Figura 29. Interesse dos professores em compartilhar projetos com as empresas | 128 |
| Figura 30. Engenheiros contratados por empresas ou unidades de negócio nos últimos 05 anos que se graduaram em cursos de engenharia de universidades baianas..... | 141 |
| Figura 31. Engenheiros que empresas ou unidades de negócio contrataram em média, por ano, nos últimos 05 anos | 141 |
| Figura 32. Projetos que empresas ou unidades de negócio desenvolveram em média, por ano, nos últimos 05 anos em parceria com escolas de engenharia de universidades de Salvador ou RMS que envolvam professores de engenharia..... | 142 |
| Figura 33. Projetos que empresas ou unidades de negócio desenvolveram em média, por ano, nos últimos 05 anos em parceria com escolas de engenharia de universidades de Salvador ou RMS que envolvam conjuntamente professores de engenharia e alunos dos cursos de graduação..... | 142 |

- Figura 34.** Projetos que empresas ou unidades de negócio desenvolveram em média, por ano, nos últimos 05 anos em parceria com escolas de engenharia de universidades de Salvador ou RMS que envolvam conjuntamente professores de engenharia e alunos dos cursos de pós-graduação 143
- Figura 35.** Projetos desenvolvidos nos últimos 05 anos, em parceria com os cursos de pós-graduação em engenharia das universidades baianas, que integram atividades conduzidas pelos respectivos Grupos de Pesquisa do CNPq dos quais participam os professores-pesquisadores dessas instituições 143
- Figura 36.** Capacitação dos engenheiros contratados nos últimos 5 anos por empresas ou unidades de negócio atendem às expectativas quanto ao conhecimento desejado e às habilidades requeridas por elas para um eficiente desempenho do trabalho 144
- Figura 37.** Engenheiros experientes das empresas ou unidades de negócio incluem no seu plano de trabalho a participação em palestras, seminários, cursos, mesas-redondas ou atividades correlatas junto aos alunos dos cursos de engenharia nas universidades baianas 144
- Figura 38.** Professores dos cursos de engenharia das universidades locais desenvolvem atividades como seminários, aulas, minicursos, consultorias ou eventos correlatos junto às áreas de engenharia de empresas ou unidades de negócio 145
- Figura 39.** Percentual de engenheiros com mestrado dentre os engenheiros que atuam nas empresas ou unidades de negócio 145
- Figura 40.** Percentual de engenheiros com doutorado dentre os engenheiros que atuam nas empresas ou unidades de negócio 146
- Figura 41.** Partilha de laboratórios de pesquisa de empresas ou unidades de negócio com projetos e atividades experimentais envolvendo alunos e professores de cursos de engenharia 146
- Figura 42.** Projetos e pesquisas desenvolvidos por empresas ou unidades de negócio junto com os cursos de engenharia de universidades da Bahia financiados/apoiados pela FINEP, FAPESB, CNPq, CAPES ou outra instituição de financiamento similar 147
- Figura 43.** Empresa ou unidades de negócio recebem anualmente estagiários de engenharia para cumprir períodos de 6 meses ou 1 ano de atividades práticas na sua organização 147

- Figura 44.** Empresa ou unidades de negócios recebem anualmente *trainees* de engenharia após a conclusão do curso para cumprir períodos de 1 a 2 anos de atividades na sua organização 148
- Figura 45.** Captação de engenheiros-*trainees* nas empresas ou unidades de negócio é feita prioritariamente dentre os egressos dos cursos de engenharia de universidades da Bahia 148
- Figura 46.** Aproveitamento dos engenheiros-*trainees* para os quadros de profissionais de empresas ou unidades de negócio, durante ou após a conclusão do período de atividades no programa 149
- Figura 47.** Categorias de engenheiros mais requisitadas em contratações pelas empresa ou unidades de negócio nos últimos 5 anos..... 149

Lista de Tabelas

| | |
|---|-----|
| Tabela 1. Evolução de IES e cursos de engenharia: 1950-2001-2012..... | 10 |
| Tabela 2. PIB, população, IES e cursos de engenharia no Brasil: 1950, 1996, 2012 | 11 |
| Tabela 3. Engenharias e demais cursos superiores no Brasil: evolução 2001-2011..... | 14 |
| Tabela 4. Demonstrativo Geral - resultados do relatório da CEEE - 1984/1 a 1994/2 | 24 |
| Tabela 5. Notas para engenheiros atuantes no país (setor produtivo) | 28 |
| Tabela 6. Permanência nas Engenharias – Universidade da Florida – 93/94 | 92 |
| Tabela 7. Novo currículo do 1º ano de engenharia <i>versus</i> permanência dos alunos..... | 93 |
| Tabela 8. Desempenho no curso - notas altas e baixas – UCL/UK 2002/2010 | 94 |
| Tabela 9. Cursos de engenharia em IES localizadas em Salvador..... | 151 |
| Tabela 10. Cursos de engenharia em IES localizadas em municípios próximos a Salvador... | 152 |

Lista de Siglas e Abreviaturas

| | |
|-------------|--|
| ABENGE | - Associação Brasileira de Ensino em Engenharia |
| ABRUEM | - Associação Brasileira dos Reitores das Universidades Estaduais e Municipais |
| ANDIFES | - Associação Nacional dos Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior |
| ASEE | - <i>American Society of Engineering Education</i> |
| CAPES | - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior |
| CEEE | - Comissão Especial para Estudo da Evasão [instituída pela SESu/MEC] |
| CEFET/PR | - Centro Federal de Educação Tecnológica /Paraná |
| CIMATEC | - Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia |
| CNI | - Confederação Nacional da Indústria |
| CNPq | - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico |
| COBENGE | - Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia |
| COFIC | - Comitê de Fomento Industrial de Camaçari |
| D. PEDRO II | - Faculdade Dom Pedro II de Tecnologia |
| ECSEL | - <i>Engineering Coalition of Schools for Excellence in Education and Leadership</i> |
| EMBRAER | - Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A. |
| EMBRAPA | - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| ENEGEP | - Encontro Nacional de Engenharia de Produção |
| EPUFBA | - Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia |
| Estácio | - Centro Universitário Estácio da Bahia |
| FAMEC | - Faculdade Metropolitana de Camaçari |
| FAN | - Faculdade Nobre |
| FAT | - Faculdade Anísio Teixeira |
| FIESP | - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo |
| FINEP | - Financiadora de Estudos e Projetos |

| | |
|----------|--|
| FOSS | - <i>Free and Open-Source Software</i> |
| FTC | - Faculdade de Tecnologia e Ciências |
| FSS | - Faculdade Santíssimo Sacramento |
| ICEE | - <i>International Conference on Energy & Environment</i> |
| IEL | - Instituto Euvaldo Lodi |
| IES | - Instituições de Ensino Superior |
| IFBA | - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia da Bahia |
| INEP | - Instituto Nacional de Estudo e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira |
| IPES | - Instituições Públicas de Ensino Superior |
| MEC | - Ministério da Educação |
| MIC | - Ministério da Indústria e Comércio |
| NAE | - <i>National Academy of Engineering</i> |
| NSF | - <i>National Science Foundation</i> |
| OEA | - Organização dos Estados Americanos |
| PAIUB | - Programa de Avaliação Institucional das Universidades Brasileiras |
| PBL | - <i>Problem Based Learning</i> (Aprendizado com Base em Problemas) |
| PDTI | - Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial |
| PjBL | - <i>Project Based Learning</i> (Aprendizado com Base em Projetos) |
| PRODENGE | - Programa de Desenvolvimento das Engenharias |
| REENGE | - Programa Nacional de Reengenharia do Ensino da Engenharia |
| REUNI | - Programa de Apoio ao Plano de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais |
| RMS | - Região Metropolitana de Salvador |
| SDI | - Secretaria Especial de Desenvolvimento Industrial do MIC |
| SENAI | - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial |
| SESu | - Secretaria Educação Superior |
| UA | - Universidade do Amazonas |
| UCSal | - Universidade Católica do Salvador |

| | | |
|----------|---|--|
| UDESC | - | Universidade do Estado de Santa Catarina |
| UEFS | - | Universidade Estadual de Feira de Santana |
| UERJ | - | Universidade do Estado do Rio de Janeiro |
| UFAL | - | Universidade Federal de Alagoas |
| UFBA | - | Universidade Federal da Bahia |
| UFC | - | Universidade Federal do Ceará |
| UFCG | - | Universidade Federal de Campina Grande |
| UFJF | - | Universidade Federal de Juiz de Fora |
| UFMA | - | Universidade Federal do Maranhão |
| UFMG | - | Universidade Federal de Minas Gerais |
| UFPA | - | Universidade Federal do Pará |
| UFPE | - | Universidade Federal de Pernambuco |
| UFPI | - | Universidade Federal do Piauí |
| UFPR | - | Universidade Federal do Paraná |
| UFRB | - | Universidade Federal do Recôncavo da Bahia |
| UFRJ | - | Universidade Federal do Rio de Janeiro |
| FRGS | - | Universidade Federal do Rio Grande do Sul |
| UFRN | - | Universidade Federal do Rio Grande do Norte |
| UFS | - | Universidade Federal de Sergipe |
| UFSC | - | Universidade Federal de Santa Catarina |
| UFSCar | - | Universidade Federal de São Carlos |
| UFU | - | Universidade Federal de Uberlândia |
| UFV | - | Universidade Federal de Viçosa |
| UnB | - | Universidade de Brasília |
| UNEB | - | Universidade do Estado da Bahia |
| UNESCO | - | Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura |
| UNESP | - | Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho |
| UNIBAHIA | - | Faculdades Integradas Ipitanga |

| | | |
|----------|---|--|
| UNICAMP | - | Universidade Estadual de Campinas |
| UNIFACS | - | Universidade Salvador |
| UNIFESP | - | Universidade Federal de São Paulo |
| UNIJORGE | - | Centro Universitário Jorge Amado |
| UNIRB | - | Faculdade Regional da Bahia |
| UNIME | - | União Metropolitana de Educação e Cultura |
| UNIVAP | - | Universidade do Vale do Paraíba |
| UTFPR | - | Universidade Tecnológica Federal do Paraná |

Lista de Publicações

- CAVALCANTE, F. P. L.; EMBIRUÇU, M., “Aprendizado com Base em Problemas: Como Entusiasmar os Alunos e Reduzir a Evasão nos Cursos de Graduação em Engenharia”, COBENGE 2013 - XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 23 a 26/outubro, Gramado-RS, (2013a).
- CAVALCANTE, F. P. L.; EMBIRUÇU, M., “Ensino-aprendizagem nas Engenharias: Uma Proposta para Formar mais e melhores Engenheiros no País”, ENEGEP 2013 - XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 08 a 11/outubro, Salvador-BA, (2013b).

CAPÍTULO I. Introdução

I. Introdução

As escolas de engenharia no Brasil e no mundo têm experimentado dificuldades para a formação de novos engenheiros com a qualidade que o desenvolvimento da sociedade e o avanço da inovação tecnológica requerem.

No Brasil, taxas de evasão da ordem de 50% nas engenharias e uma relação relativamente baixa de candidatos/vagas nos processos seletivos para estes cursos evidenciam a existência de problemas a serem resolvidos. As dificuldades têm início desde a preparação dos alunos no nível médio, onde se pode identificar razoável despreparo dos professores, em especial nas disciplinas das áreas de ciências exatas, onde contribui ainda a falta de laboratórios, bibliotecas, computadores e aplicativos, passando por conteúdos curriculares e métodos de ensino inadequados ou desatualizados. Os problemas e dificuldades seguem ao longo da graduação, como foi identificado no trabalho da Comissão Especial para Estudo da Evasão criada pelo MEC em 1995, que ao explicar as elevadas taxas de evasão no ensino superior acabou por apontar também os principais fatores que dificultam atender a própria qualidade e eficiência do ensino nas engenharias e em outros cursos superiores no país [CEEE, 1997]. E se estendem até às organizações e empresas produtoras de bens e serviços, que se mantêm à distância e ainda têm dificuldades de participar e contribuir com a formação profissional dos novos engenheiros.

Entidades como a CNI - Confederação Nacional das Indústrias, atentas de um lado à qualificação do aprendizado nas engenharias e por outro lado buscando capacitação compatível para resolver os desafios que os novos profissionais deverão enfrentar, confirmam a necessidade de mudanças adequadas e bem direcionadas no processo de ensino-aprendizagem nas engenharias para que mais e melhores engenheiros assumam sua missão com capacitação e responsabilidade técnica e habilidades comportamentais [INOVA, 2006].

As Diretrizes Nacionais para os Cursos de Graduação em Engenharia [MEC, 2002] estabeleceram premissas a serem atendidas quanto ao perfil desejado para o engenheiro, cujo atendimento não tem se mostrado de fácil aplicação a partir da organização, da estrutura e das grades curriculares hoje vigentes nas escolas de engenharia no país. Tal dificuldade decorre em parte da elevada carga teórica que compõe os projetos pedagógicos, associada à reduzida interação do aprendizado das disciplinas com os problemas reais no campo das engenharias, em especial ainda durante os anos iniciais dos cursos de graduação.

Um fator que tem contribuído para a dificuldade na permanência dos alunos até o final da graduação nas engenharias está relacionado à revolução tecnológica no campo da comunicação, que permeia hoje inúmeras atividades e profissões nas sociedades. A velocidade que tem sido imprimida nas últimas décadas, tanto na diversidade como na capacidade de ferramentas, de sistemas eletrônicos de comunicação e no fluxo de informações e dados via celulares, computadores, *notebooks* e *tablets*, tem levado a mudanças comportamentais e de postura por parte dos alunos com reflexo sobre a concentração, a atenção e o envolvimento requeridos e necessários na sala de aula. Tal efeito se faz sentir tanto no uso dispersivo destes recursos por parte dos alunos durante as aulas e nos estudos, como pela necessidade de utilização por parte dos professores de métodos pedagógicos inovadores e estimulantes de ensino-aprendizagem para provocar o envolvimento e motivação do aluno. Sem dúvida o

ambiente na sala de aula tem caminhado para tornar-se bastante distinto daquele em que predominavam as aulas expositivas até pouco tempo atrás, embora o ambiente de aulas expositivas ainda permaneça em muitas escolas. Buscar o efetivo empenho e compromisso do aluno desde o início do curso, assim como dedicação e preparo compatível do professor, com o processo de aprendizagem passa a ser fundamental.

A busca de alternativas para superar o quadro de dificuldades na preparação dos novos engenheiros no país levou à identificação de experiências de sucesso adotadas em países no exterior e que começam também a ser adotadas no Brasil. Trata-se de práticas ativas e colaborativas de ensino-aprendizagem que permitem incorporar uma nova dinâmica nas aulas, uma relação aluno-professor mais saudável e interativa, um conteúdo mais consistente na qualidade dos cursos e na formação dos alunos e maiores oportunidades de interação com empresas e organizações da sociedade, levando, por consequência, a estimular a fixação dos alunos nos cursos até o fim da graduação.

Os exemplos locais e no exterior de resultados positivos e motivadores obtidos através do ensino-aprendizagem ativo-colaborativo e da prática do PBL levaram à seguinte pergunta: “a proximidade da região de Salvador e municípios vizinhos - que reúne em conjunto pelo menos 20 IES com 82 cursos de engenharia em 18 diferentes campos de formação - com a maior concentração de empresas do país, atuando em mais de uma dúzia de campos distintos de produção e serviços em um único pólo industrial como o situado no município de Camaçari, poderia levar a um campo fértil para a modernização do ensino das engenharias na região?”.

O presente trabalho busca mostrar indicadores de evasão dos cursos de engenharia no Brasil, correlacionar este fenômeno a fatores críticos no ambiente dos cursos de engenharia e investigar e sugerir roteiros inovadores de ensino-aprendizagem. Uma vez incorporadas aos projetos pedagógicos, novas metodologias poderão permitir a superação das dificuldades existentes ao trazer maior motivação, participação e melhor desempenho dos estudantes. De modo complementar, poderão aproximar as empresas dos cursos de engenharia, o que poderá contribuir para uma maior qualificação em um número crescente de engenheiros formados no país.

I.1. Motivação

Da mesma forma que ocorreu nos países de maior desenvolvimento no mundo, o crescimento econômico e social no Brasil - que se pretende seja também sustentável - precisará contar com um quadro competente e em número adequado de engenheiros para atender às diversas áreas em que sua atuação é fundamental, dentre elas fabricação, transportes, infraestrutura e geração de energia, assim como proteção ambiental, produção de alimentos e o desenvolvimento de novos materiais, produtos e serviços via inovação tecnológica.

O texto introdutório que propõe as Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Graduação em Engenharia, constante no parecer CNE/CES 1.362/2001, escrito então há 13 anos, apesar de se manifestar com uma rara simplicidade, clareza, fundamentação e objetividade nas suas colocações, permanece pouco observado até os dias de hoje [MEC, 2001]:

“O desafio que se apresenta no ensino de engenharia no Brasil é um cenário mundial que demanda uso intensivo da ciência e tecnologia e exige profissionais altamente qualificados. O próprio conceito de qualificação profissional vem se alterando, com a presença cada vez maior de componentes associadas às capacidades de coordenar informações, interagir com pessoas, interpretar de maneira dinâmica a realidade. 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. Não se adequar a esse cenário procurando formar profissionais com tal perfil significa atraso no processo de desenvolvimento. As IES no Brasil têm procurado, através de reformas periódicas de seus currículos, equacionar esses problemas. Entretanto essas reformas não têm sido inteiramente bem sucedidas, dentre outras razões, por privilegiarem a acumulação de conteúdos como garantia para a formação de um bom profissional. As tendências atuais vêm indicando na direção de cursos de graduação com estruturas flexíveis, permitindo que o futuro profissional a ser formado tenha opções de áreas de conhecimento e atuação, articulação permanente com o campo de atuação do profissional, base filosófica com enfoque na competência, abordagem pedagógica centrada no aluno, ênfase na síntese e na transdisciplinaridade, preocupação com a valorização do ser humano e preservação do meio ambiente, integração social e política do profissional, possibilidade de articulação direta com a pós-graduação e forte vinculação entre teoria e prática.”

O presente trabalho nasceu, assim, da busca de alternativas ao alcance da universidade para atender os requisitos desejáveis na formação do engenheiro do século XXI, tendo como premissa a criação de um ambiente estimulante e participativo nos cursos de engenharia, que leve à redução da elevada taxa de evasão dos alunos de engenharia do país - nesta última década mantida em valores em torno de 50%, evasão esta que aponta para uma aparente baixa eficiência no resultado da educação nas engenharias no Brasil.

Dentro deste quadro, propiciar condições para trazer maior motivação ao aprendizado e elevar a permanência no curso dos alunos que cursam as engenharias até sua graduação, ao mesmo tempo utilizando o conhecimento, a experiência e os desafios acumulados nas empresas e organizações que praticam a engenharia no processo de formação dos novos engenheiros, compõem o núcleo que motiva este trabalho.

I.2. Objetivo

A observação do contexto em que tem evoluído a formação de engenheiros no país, a necessidade de profissionais qualificados que permitam um crescimento continuado e o

processo de captação de profissionais pelas organizações que precisam contar com esses profissionais levaram à formulação de algumas questões:

- ✓ Como atrair mais candidatos à formação em engenharia?
- ✓ Como tornar o aluno mais responsável por sua formação?
- ✓ Como reduzir a desistência dos alunos ao longo do curso?
- ✓ Como tornar o estudo nas engenharias mais estimulante e identificado com a futura profissão?
- ✓ Como aproximar empresas e organizações-clientes dos cursos de engenharia?

A partir dessas questões o presente trabalho tem então por finalidade:

- O levantamento de indicadores sobre a evasão de alunos de engenharia no Brasil;
- A identificação de fundamentos pedagógicos que sustentem metodologias eficazes de ensino-aprendizagem no campo das engenharias;
- A identificação de experiências bem sucedidas na formação eficiente de engenheiros e na redução da evasão nos cursos de engenharia;
- Uma pesquisa junto a professores da EPUFBA sobre seu conhecimento a respeito de novas metodologias de ensino-aprendizagem;
- Uma pesquisa junto a empresas do Pólo Industrial de Camaçari quanto às condições de captação de novos engenheiros e à prática de trabalhos colaborativos junto a cursos de engenharia;
- A apresentação de proposições que permitam um melhor resultado no ensino das engenharias e na formação dos novos profissionais.

Esse trabalho visa, portanto, um estudo-diagnóstico e a elaboração de proposições para obtenção de melhores resultados no ensino das engenharias no país - em especial quanto à qualificação de um elevado percentual dos alunos que se graduam anualmente nos cursos de engenharia – e uma conseqüente queda das taxas de evasão observadas.

I.3 Metodologia

A investigação contemplou o levantamento de indicadores sobre a evasão de alunos de engenharia ao longo da graduação nos cursos mais relevantes das regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil. Em paralelo buscou descrever experiências no cenário mundial e conhecer a sustentação pedagógica de possíveis soluções já aplicadas com sucesso para a eliminação ou atenuação da perda de alunos ao longo da graduação nas engenharias e a elevação do percentual de alunos graduados ao final dos cursos.

Como forma de testar oportunidades para aplicação das metodologias identificadas que venham a propiciar um melhor desempenho dos cursos, avaliações foram conduzidas através

da aplicação de questionários visando duas pesquisas qualitativas. Uma pesquisa envolveu 160 professores dos cursos de engenharia da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (EPUFBA) para levantamento de afinidades e conhecimento prévio de alternativas identificadas para novas metodologias de ensino-aprendizagem. Outra pesquisa foi conduzida junto a 65 empresas do Pólo Industrial de Camaçari, cujo campo de atuação envolve praticamente todas as áreas investigadas de formação em engenharia na EPUFBA, para buscar conhecer as condições de captação de profissionais das engenharias e qual a prática destas organizações em trabalhos colaborativos universidade-empresa durante a graduação.

A partir do diagnóstico, das informações recolhidas, da revisão bibliográfica e das alternativas de formas de ensino identificadas, proposições são apresentadas visando uma melhoria da eficácia na formação dos profissionais de engenharia nas universidades do país, como subsídio para a elaboração de currículos e projetos pedagógicos mais eficazes que levem a uma redução na evasão.

I.4. Organização da Dissertação

Esse trabalho de dissertação está construído em torno de nove capítulos complementados por dois artigos apresentados em eventos que ocorreram no Brasil em 2013.

O primeiro capítulo coloca as motivações que levaram à pesquisa e apresenta os objetivos pretendidos através das proposições apresentadas.

Os capítulos II e III discorrem sobre o crescimento no número de IES e de cursos de engenharia no Brasil na última década, assim como sobre a evolução e as causas do fenômeno da evasão nas engenharias no país.

Os capítulos IV e V apresentam a fundamentação teórica da pedagogia do ensino ativo e colaborativo e da metodologia Aprendizagem com Base em Problemas (PBL, *Problem-Based Learning*) que têm sido aplicadas em diversas formações, inclusive nas engenharias, tanto no país como no exterior.

Os capítulos VI e VII trazem exemplos de experiências em cursos de engenharia de universidades no exterior e no Brasil que aplicam o PBL em maior ou menor extensão.

Os questionários aplicados e os resultados das pesquisas realizadas junto aos professores dos cursos de engenharia da Escola Politécnica da UFBA e encaminhadas às empresas que atuam no Pólo Industrial de Camaçari, respectivamente campos de formação e de trabalho de profissionais de engenharia na Região Metropolitana da Grande Salvador, são descritos no Capítulo VIII.

Considerações gerais sobre as abordagens do trabalho, as conclusões sobre o que foi elaborado e recomendações sugeridas sobre novas pesquisas e desdobramentos para ampliar o conhecimento sobre ensino-aprendizagem a partir do PBL estão apresentadas no Capítulo IX.

Os estudos e pesquisas realizados ao longo do trabalho levaram à preparação de dois artigos técnicos e a sua apresentação pelo autor desta dissertação em dois eventos realizados no Brasil em 2013. O primeiro deles, mostrado no Apêndice A, se intitula 'Aprendizado com Base

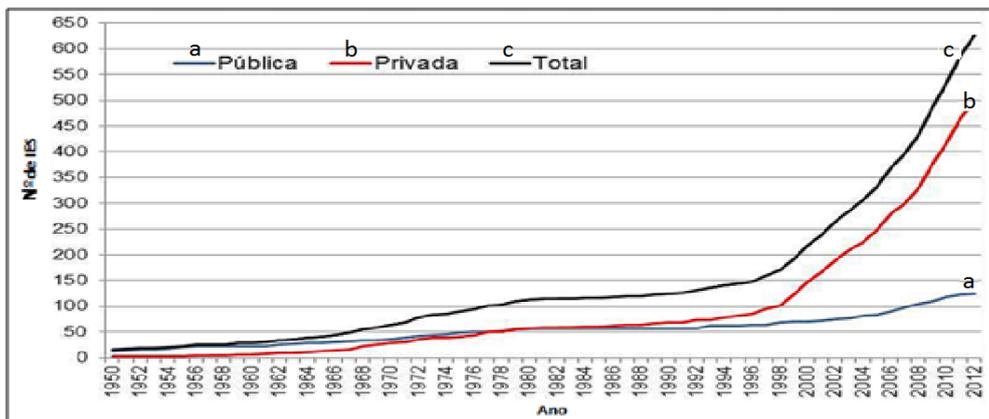
em Problemas: Como Entusiasmar os Alunos e Reduzir a Evasão nos Cursos de Graduação em Engenharia' e foi apresentado no COBENGE 2013 - XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, realizado de 23 a 26 de setembro de 2013 em Gramado/RS. O segundo artigo, com o título 'Ensino-aprendizagem nas Engenharias: Uma Proposta para Formar mais e melhores Engenheiros no País', está mostrado no Apêndice B, tendo sido o artigo apresentado no ENEGEP 2013 - XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, realizado de 08 a 11 de outubro de 2013 em Salvador/BA.

CAPÍTULO II. A Evolução no Crescimento das Engenharias

II. A Evolução no Crescimento das Engenharias

O sistema de ensino em engenharia no Brasil passou por um impressionante crescimento nos últimos quinze anos, com a implantação de novas IES, como mostra a **Figura 1**.

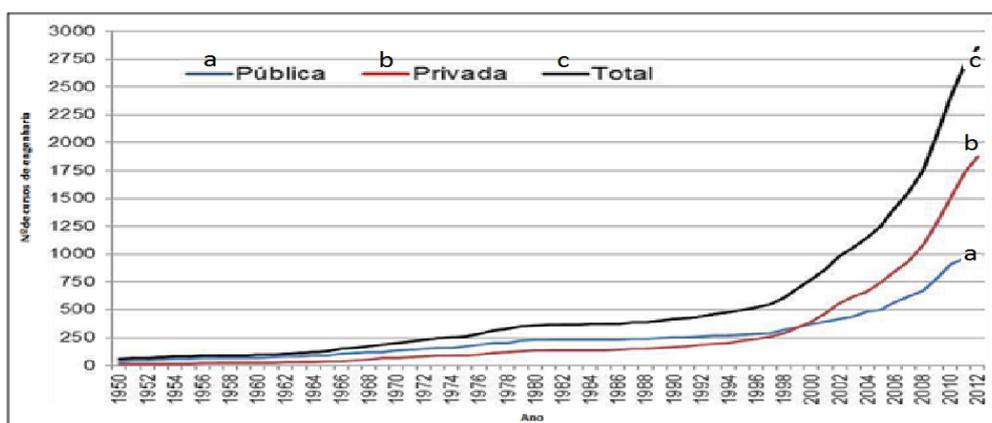
Figura 1. Crescimento de IES com oferta de cursos de engenharia - Brasil 1950/2012



Fonte: OLIVEIRA [2013].

Com maior intensidade ainda se deu a criação de novos cursos de engenharia nas universidades do país, como mostra a **Figura 2**, segundo trabalho publicado recentemente a partir de dados publicados pelo MEC [OLIVEIRA *et al.*, 2013].

Figura 2. Crescimento do número de cursos de engenharia de IES - Brasil 1950/2012



Fonte: OLIVEIRA [2013].

Assim, se foi lento e gradativo o crescimento do número de IES com oferta de cursos de engenharia ao longo de 45 anos entre 1950, com apenas 16 universidades, até 2001, com 275

instituições, houve um aumento significativo nos últimos 10 anos que levou ao patamar de mais de 640 IES oferecendo cursos de engenharia no país em 2011. Ao longo deste mesmo período o número de cursos de engenharia evoluiu de 62 cursos em 1950 para 769 cursos em 2001, tendo este número atingido uma marca superior a 2.500 cursos em 2011. A **Tabela 1** detalha esta evolução e um importante ponto de inflexão no crescimento deste período. Em 2013 a soma dos cursos de engenharia em instituições públicas e privadas atingiu 3.045 cursos.

Tabela 1. Evolução de IES e cursos de engenharia: 1950-2001-2012

| Ano | Centros de Ensino | Públicos | Privados | Total |
|-------------|--------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| 1950 | IES | 13 | 3 | 16 |
| | Cursos | 47 | 15 | 62 |
| 2001 | IES | 75 | 200 | 275 |
| | Cursos | 384 | 385 | 769 |
| 2011 | IES | 127 | 516 | 643 |
| | Cursos | 939 | 1.601 | 2.540 |

Fonte: OLIVEIRA [2013].

Ao se avaliar esta evolução em um período mais recente, entre 1996 e 2012, pode-se constatar que houve uma multiplicação por um fator de 4,0 no aumento de IES que oferecem cursos de engenharia e por um fator de 5,5 no número de cursos de engenharia oferecidos por estas instituições no Brasil, enquanto que o Produto Interno Bruto - PIB - e a população nacional foram multiplicados, respectivamente, por 5,9 e 1,23 neste mesmo período. A **Tabela 2** resume estes dados.

Tabela 2. PIB, população, IES e cursos de engenharia no Brasil: 1950, 1996, 2012

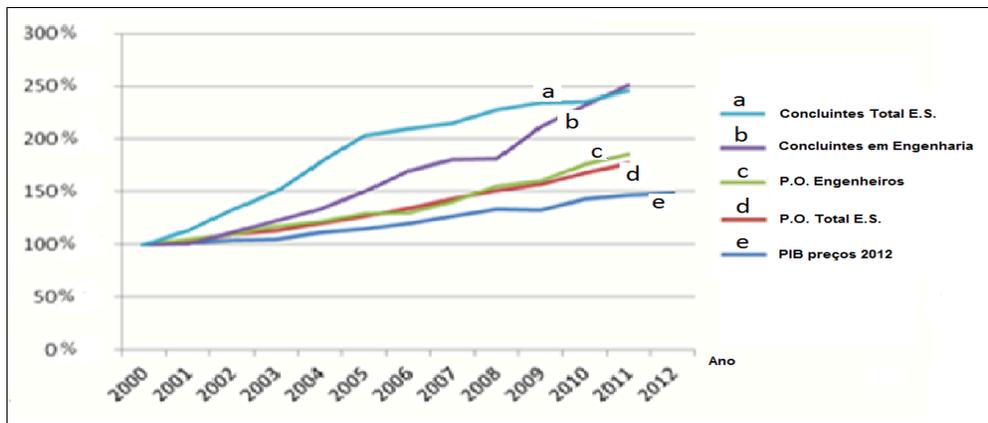
| Ano | PIB Brasil [1] [R\$ bilhão] | População Brasil [2] [mil habitantes] | PIB/habitante [R\$/habit.] | IES c/ Engenharia [3] | Cursos de Engenharia [4] |
|-------------------|--------------------------------|--|----------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 1950 | --- | 51.944 | ---- | 16 | 62 |
| 1996 | 705 | 157.070 | 4 488 | 150 | 500 |
| 2012 | 4.143 | 193.947 | 21.361 | 600 | 2.750 |
| Relação 2012/1996 | 5,9 | 1,23 | 4,76 | 4,0 | 5,5 |

Fonte: Elaboração do autor a partir de: **IBGE [2013]** (PIB Brasil [1] e População Brasil [2]); e **OLIVEIRA [2013]** (IES c/ Engenharia [3] e Cursos de Engenharia [4]).

Esse quadro permite inferir que, a partir dos números e relações apresentados, a quantidade de IES e de cursos de engenharia oferecidos por estas instituições no Brasil parece ter sido suficiente para atender, pelo menos de modo quantitativo, à demanda por profissionais de engenharia decorrente do crescimento populacional e da elevação do Produto Interno Bruto que o país foi capaz de produzir.

Esta constatação é reforçada pela visão, ainda para dentro do país ao longo dos dez últimos anos, da evolução do PIB nacional comparada à formação e colocação de engenheiros no mercado, como mostrado na **Figura 3**. Pode-se observar que a oferta quantitativa de novos engenheiros cresceu sistematicamente no período, a taxas bem superiores ao ritmo da elevação do PIB que o país conseguiu gerar. Enquanto o PIB real cresceu em torno de 3,4% em média ao ano, a quantidade de alunos formados em engenharia avançou a uma taxa média de 8,7% ao ano [**SALERNO et al., 2013**].

Figura 3. Evolução percentual do Pessoal Ocupado (Engenheiros e Total do Ensino Superior) , Concluintes (Engenharia e Total do Ensino Superior) versus PIB real [a preços de 2012: 2000=100]



Fonte: **SALERNO et al. [2013]**.

O processo de formação de engenheiros no Brasil tem contado com a participação de pensadores brasileiros que contribuem com sua visão e experiência em programas e fóruns de debate, buscando incorporar melhorias e modernizar o ensino das engenharias no país, em especial na graduação. Dentre os esforços mais relevantes devem ser mencionados **[FORMIGA e CARMO, 2010]**:

- REENGE-PRODENGE: o Programa Nacional de Reengenharia do Ensino em Engenharia (REENGE), componente do Programa de Desenvolvimento das Engenharias (PRODENGE) implantado em 1995, se constituiu em um esforço conjunto do governo federal através da Secretaria de Educação Superior (SESU) do Ministério da Educação (MEC), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), de Escolas de Engenharia do país e da Associação Brasileira para a Educação em Engenharia (ABENGE). Procurou melhor agregar às áreas de trabalho as interfaces com a Física, Matemática, Ciências e Informática como áreas de suporte à educação em engenharia, e buscou formar uma comunidade de professores e pesquisadores dedicados, com uma visão moderna, à educação em engenharia;
- ICEE-98: a *International Conference on Engineering Education* (ICEE), realizada na PUC-Rio em Janeiro em 1998, trouxe ao Brasil experiências e práticas internacionais sobre mudanças conduzidas e avanços obtidos em instituições de ensino superior em engenharia de diversos países;
- Congressos COBENGE: realizados há 37 anos, desde 1973, pela ABENGE, vêm promovendo discussões em torno de diagnósticos e proposições para adoção das melhores práticas nos processos de ensino-aprendizagem das engenharias no país;
- Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia: a resolução CNE/CES 11/2002 **[MEC, 2002]** aprovada pelo Conselho Nacional de Educação

estabeleceu diretrizes curriculares baseadas em discussões da comunidade acadêmica a partir de trabalhos desenvolvidos pela ABENGE e debatidos nos COBENGEs;

- EftA - *Engineering for the Americas*: o encontro Engenharia para as Américas (EftA), realizado com o suporte da Organização dos Estados Americanos (OEA) e organizado por pesquisadores do meio acadêmico de todo o continente americano, promoveu um debate sobre o perfil desejável que o engenheiro deveria ter para garantir a competitividade necessária dentro do processo de globalização e de um esforço integrador da região;
- IASEE-2003: realizado no *campus* da UNIVAP (Universidade do Vale da Paraíba), o *Ibero American Summit on Engineering Education* trabalhou a criação de uma rede de instituições internacionais no continente americano voltada a pensar um novo perfil na formação do profissional de engenharia em função das mudanças sociais e econômicas por que passa o mundo;
- iNOVA Engenharia: com a colaboração de quarenta parceiros da indústria, do governo e da universidade, e por iniciativa da CNI, SENAI e IEL, com apoio da FINEP, o Programa iNOVA faz diagnósticos e discute desde 2006 propostas para modernizar o ensino nas engenharias no país;
- 5º GCEE-2006: proposições apresentadas pelo Programa iNOVA foram levadas ao 5º Colóquio Global sobre Educação em Engenharia (5º CGEE - *Fifth Global Colloquium on Engineering Education*), que aconteceu no Rio de Janeiro em 2006, onde se debateu o papel no “Novo Engenheiro” no desenvolvimento social da região;
- WEC-2008: a 3ª Convenção Mundial de Engenheiros (WEC - *World Engineering Convention*), realizada em Brasília em 2008, teve como tema “Engenharia: Inovação com Responsabilidade Social” e contou com a participação de representantes da UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) e da OEA. Teve o grande mérito de tratar dos desafios das engenharias neste começo de século, sob os temas Engenharia sem Fronteiras, Ética e Responsabilidade Social, Inovação sem Degradação, Tecnologia da Informação com Inclusão e Tecnologias Avançadas.

Não obstante esforços e debates que vêm sendo conduzidos, se do ponto de vista quantitativo parece não haver problema, alguns indicadores apontam prováveis limitações quanto à qualificação dos profissionais formados em engenharia no Brasil. Os dados da **Tabela 3** apresentam informação que traz correlação com a eficiência na formação de profissionais de engenharia no Brasil. Em uma análise comparativa da evolução das engenharias entre 2001 e 2011, enquanto no conjunto dos cursos superiores (com exceção da engenharia) o número de cursos cresceu em 141,7%, o número de candidatos em 115,2%, o número de alunos ingressantes nos cursos em 62,7% e o número de alunos concluintes em 145,6%, as engenharias cresceram no mesmo período 229,3% na quantidade de cursos, 279,9% no número de candidatos, 232,7% no número de ingressos, mas apenas 152,1% na quantidade de concluintes. O valor, relativamente aos demais cursos superiores, bastante baixo no crescimento do número de concluintes nas engenharias, tendo ocorrido um crescimento relativo tão superior de cursos, vagas, ingressos e matrículas frente a este conjunto dos demais cursos superiores, parece ser um indicativo de que se deve investigar melhor o processo de ensino nas engenharias. É aceitável que a constatação quanto à evasão permaneça válida

mesmo ao se levar em conta que vagas abertas no presente produzirão egressos 5 a 6 anos no futuro, havendo, portanto, uma defasagem de tempo a ser considerada ao se comparar ingressos e concluintes.

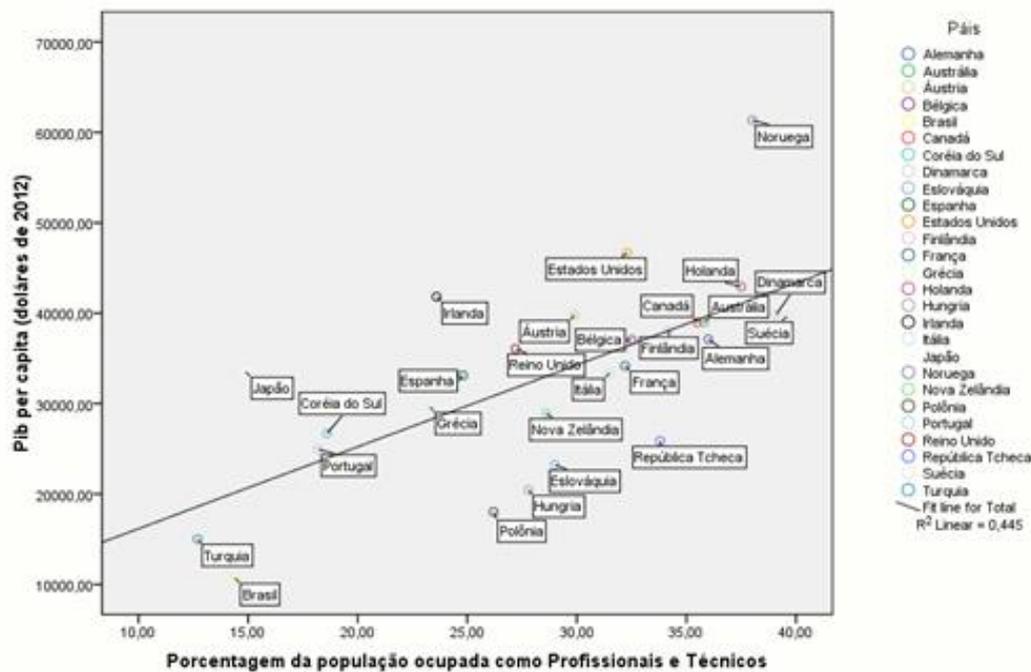
Tabela 3. Engenharias e demais cursos superiores no Brasil: evolução 2001-2011

| Curso | Ano | Cursos | Candidatos | Vagas | Cand./Vaga | Ingressos | Matrículas | Concluintes |
|--------------------------|-------------|--------------|--------------|---------------|------------|--------------|--------------|--------------|
| Demais Cursos Superiores | 2001 | 11.384 | 3.961.188 | 1.326.233 | 2,99 | 978.103 | 2.833.519 | 352.305 |
| | 2011 | 26.837 | 8.030.325 | 2.928.010 | 2,74 | 1.491.907 | 5.150.305 | 865.161 |
| | % cresc. | 141,7 | 115,2 | 129,2 | | 62,7 | 89,6 | 145,6 |
| Engenharia | 2001 | 771 | 299.073 | 82.259 | 3,64 | 58.587 | 197.235 | 17.924 |
| | 2011 | 2.539 | 1.136.262 | 300.661 | 3,78 | 194.947 | 596.457 | 45.187 |
| | % cresc. | 229,3 | 279,9 | 265,51 | | 232,7 | 202,4 | 152,1 |

Fonte: OLIVEIRA [2013].

Uma medida da qualidade do ensino-aprendizagem em engenharia no Brasil pode ser encontrada na **Figura 4**, que correlaciona o PIB *per capita* com o percentual da população ocupada em profissões do campo das ciências e tecnologias em diferentes países. Apesar de não ser uma avaliação específica para profissionais da área de engenharia - ela inclui físicos, matemáticos, engenheiros, cientistas da vida e profissionais da saúde, profissionais de ensino e outros profissionais associados a este campo, a curva obtida estabelece uma razoável correlação entre PIB *per capita*, desenvolvimento tecnológico e recursos humanos que atuam em ciência e tecnologia, onde os engenheiros têm um relevante papel [SALERNO *et al*, 2013].

Figura 4. PIB *per capita* em 2008 (em US\$ de 2012) versus percentagem de recursos humanos em ciência e tecnologia no total de empregados [2007-2008]



Fonte: **SALERNO [2013]**.

Assim, se a quantidade de engenheiros que tem se graduado anualmente no Brasil se apresenta compatível com o crescimento do PIB no país, como já foi mostrado, a comparação entre o PIB *per capita* e o percentual de recursos humanos atuantes em ciência e tecnologia parece indicar que a realização dos profissionais de engenharia ocupados e que atuam no Brasil não tem sido capaz de colocá-lo no mesmo patamar dos países de melhor desempenho econômico e de desenvolvimento tecnológico como Canadá, Reino Unido, Estados Unidos e Coreia do Sul, por exemplo, e sequer próximo de países com desempenho mais discreto como Nova Zelândia, Portugal e Grécia. As colocações do vice-presidente emérito da Universidade do Tennessee no ICEE'98, realizado no Rio de Janeiro, se referindo ao ensino de engenharia nos Estados Unidos, ainda permanecem universais e atuais **[PRADOS, 1998]**:

“À medida que este século (XX) se aproxima do fim, o ambiente para a prática da engenharia se altera dramática e irreversivelmente, impelida pela mudança do foco na defesa para a competição comercial como o principal condutor das ocupações em engenharia, pelo impacto da explosão da tecnologia da informação na educação e na aplicação do saber, pela globalização tanto da manufatura como dos serviços de entrega de produtos, e os imperativos da proteção ambiental e do desenvolvimento sustentável. Poucos deverão discordar que a ênfase na ciência da engenharia produziu engenheiros formados com fortes habilidades técnicas. Contudo, estes graduados não estão, nem de longe,

tão bem preparados em outras habilidades necessárias ao sucesso na prática da engenharia nos dias de hoje e no desenvolvimento e administração das tecnologias inovadoras.”

CAPÍTULO III. A Evasão nas Engenharias

III. A Evasão nas Engenharias

A evasão de estudantes nos cursos de nível superior é uma questão bastante séria e complexa, atinge alunos no Brasil e em muitos outros países e vem sendo objeto de inúmeros estudos e diagnósticos. Desperdício de tempo e recursos financeiros dos alunos, professores e instituições de ensino, subutilização do elevado investimento feito em infraestrutura educacional, dificuldade para o atendimento da demanda por bons profissionais que a sociedade precisa para seu desenvolvimento e, em especial no campo das engenharias, limitações para realizar com qualidade atividades de construção, produção, pesquisa e inovação em novas tecnologias são alguns dos efeitos negativos e indesejáveis causados pelo abandono dos cursos.

A preocupação está presente no Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) instituído pelo governo federal brasileiro **[BRASIL, 2007]**, que já no seu início decretava:

“Art. 1º Fica instituído o Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais - REUNI com o objetivo de criar condições para a ampliação do acesso e permanência na educação superior, no nível de graduação, pelo melhor aproveitamento da estrutura física e de recursos humanos existentes nas universidades federais.

§ 1º O Programa tem como meta global a elevação gradual da taxa de conclusão média dos cursos de graduação presenciais para noventa por cento e da relação de alunos de graduação em cursos presenciais por professor para dezoito, ao final de cinco anos, a contar do início de cada plano.”

O cruzamento de dados sobre candidatos, ingressos de alunos e alunos concluintes em diversos cursos de engenharia no país permite observar uma recorrente e elevada taxa de evasão de alunos nas engenharias. O Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), autarquia vinculada ao MEC, avalia e publica anualmente dados recolhidos de todas as universidades do país sobre sua organização e os resultados do ensino superior no Brasil. Com o fim de avaliar a evasão dos alunos nos cursos de engenharia levantou-se, com base nos registros apresentados nas Informações Estatísticas - Microdados do Censo da Educação Superior **[INEP, 2013]**, o comportamento dos alunos ingressos e dos egressos na graduação de cursos de engenharias selecionados, ao longo do período 2000-2011.

Foram adotados como referência os cursos consolidados há mais de dez anos na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia - engenharia civil, mecânica, química, elétrica, ambiental e de minas, representativos também do conjunto de cursos de engenharia dentre os de grande procura de candidatos nas universidades do país. Com o fim de conferir abrangência

geográfica e concentração populacional representativas, além de permitir levantar dados mais detalhados para a região Nordeste, foram selecionadas universidades públicas federais dos nove estados nordestinos - UFMA, UFPI, UFC, UFRN, UFCG, UFPE, UFAL, UFS e UFBA, de cinco Universidades do Sudeste, sendo quatro federais - UFRJ, UFMG, UFV/MG e UFSCar, e uma estadual - UNICAMP/SP, e de três universidades públicas federais do Sul - UFPR, UFSC e UFRGS.

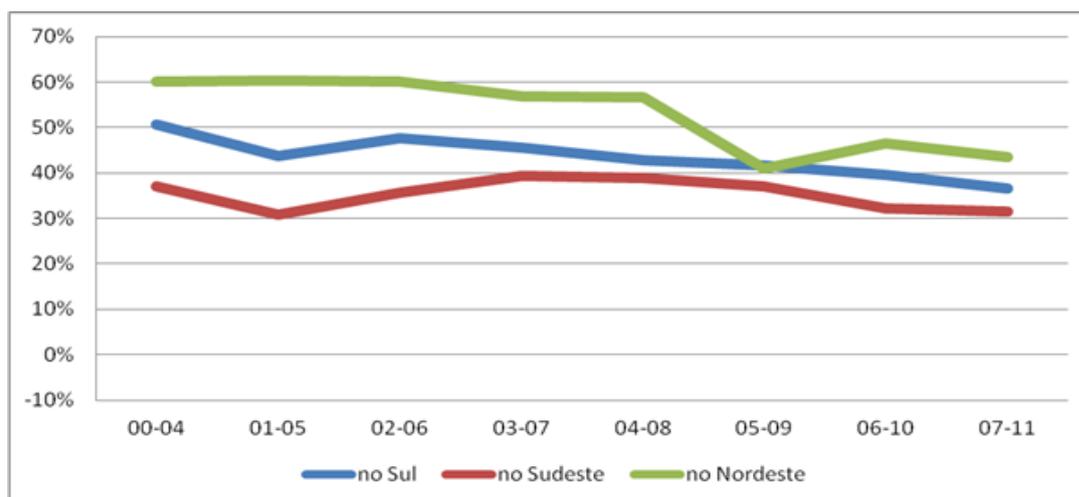
O cálculo rigoroso e preciso da taxa de evasão só é possível com a avaliação da trajetória individual de cada aluno, desde seu ingresso em um dado curso até sua saída da instituição de ensino, conforme estudos já realizados [BESTERFIELD-SACRE, 1997]. Isto porque são inúmeras as circunstâncias que levam à saída do aluno durante a graduação, desde a simples desistência inicial do curso escolhido ou ao longo do curso, por várias causas distintas, passando por desligamento por reprovação, saída para outro curso superior, e saída para outro curso de engenharia na mesma instituição ou em outra universidade, dentre outros motivos.

Como o objetivo do presente trabalho não requer a exatidão do dado, mas uma visão ampla do comportamento do fenômeno ao longo de onze anos, optou-se por adotar o cálculo da evasão total (ET) como a diferença entre o total de alunos que ingressou em um dado curso em um determinado ano (AM1) e o total de alunos que se graduou x anos depois (AG x), onde x é o tempo regulamentar médio, no caso das engenharias cinco anos (AG5), dividida por AM1. A quase totalidade dos alunos que se formou em um período superior a cinco anos é também computada nas graduações de cada ano subsequente no período considerado, compensando assim a restrição imposta ao se limitar o prazo de cinco anos para a graduação.

Assim, a evasão anual de alunos ao longo de um curso de graduação em engenharia, parâmetro selecionado como indicador da atratividade e eficiência do curso, foi definida como:

$$ET = (AM1 - AG5) / (AM1)$$

A **Figura 5** abaixo representa a evolução das taxas médias de evasão dos seis cursos de engenharia nas universidades pesquisadas, entre 2000 e 2011, nas três regiões selecionadas.

Figura 5. Taxas médias de evasão em cursos de engenharia públicos - Brasil - 2000-2011

Fonte: INEP [2013]. Elaboração pelo autor.

Os valores obtidos apontam uma taxa média de evasão em universidades públicas do país ligeiramente decrescente, da ordem de 30-45% em 2011, consideradas as seis categorias de cursos de engenharia já citadas. No setor privado esta taxa de evasão ultrapassa os 60% [OLIVEIRA, 2013]. Esta é sem dúvida uma perda elevada de alunos que pode apontar para uma baixa eficiência no processo de ensino nas engenharias no país. Tal ineficiência leva a consequências negativas e indesejáveis como o desperdício de recursos financeiros e materiais nas universidades, do tempo dos professores e dos alunos, e em última instância resulta em uma reduzida utilização da capacidade já instalada nas instituições de ensino voltadas à formação de novos engenheiros no país [CORDEIRO *et al.*, 2013]. Onde então nasce a evasão e quais as causas que estão por trás dela?

III.1. As Causas da Evasão no Ensino Superior

A evasão de estudantes no ensino superior é um fenômeno complexo, comum às universidades de vários continentes no mundo contemporâneo [CEEE, 1997]: “Ao mesmo tempo, os diferentes estudos realizados têm demonstrado não só a universalidade do fenômeno como a relativa homogeneidade de seu comportamento em determinadas áreas do saber, apesar das diferenças entre as instituições de ensino e das peculiaridades sócio-econômico-culturais de cada país”.

Estudos com diferentes focos e preocupações têm sido conduzidos no Brasil em torno do fenômeno da evasão de alunos das universidades, buscando entender suas causas, identificar as consequências do problema e propor soluções para sua atenuação [RIOS *et al.*, 2001; SOUZA, 2008; BRAGA, 2003; PEREIRA *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2012; REIS *et al.*, 2012]. Grande parte dos trabalhos se concentra nos dois primeiros aspectos - causas e efeitos - e dentre as causas por trás da evasão uma extensa relação de aspectos pessoais, da instituição de ensino e conjunturais é usualmente descrita. É possível observar ainda nestes

trabalhos que os órgãos pedagógicos de universidades e cursos de engenharia no Brasil, de um modo geral, não contam com programas estruturados para avaliação e redução da evasão e, por conseguinte, não dispõem de bancos de dados previamente orientados para dar suporte a este tipo de estudo. O foco principal das instituições neste campo se volta com maior frequência para a atração de novos estudantes, ficando em plano inferior a permanência dos alunos já matriculados nos cursos.

Dentre as várias pesquisas existentes, ainda que de caráter preliminar e sujeita a complementações como reforçam seus próprios autores, uma merece destaque por apresentar características inovadoras. Trata-se do trabalho conduzido pela Comissão Especial de Estudos sobre a Evasão (CEEE) em Instituições Públicas de Ensino Superior (IPES), constituída pelas portarias da SESu/MEC de 13 e 17/03/1995 (DOU de 18 e 21/03/1995). Esse estudo teve abrangência nacional e um sistema de coleta e tratamento de dados a partir de um modelo metodológico que conferiu uniformidade aos processos de investigação adotados assim como densidade aos seus achados. O trabalho analisou os cursos de graduação de 53 IPES federais e estaduais, correspondendo na época a 67,1% das IPES nacionais, o que equivalia ainda a 89,7% das Universidades Federais do país. Um dos principais méritos deste trabalho foi levantar subsídios para orientar políticas institucionais e governamentais de maior eficácia voltadas à melhoria do sistema de ensino-aprendizagem nos cursos de graduação, além de estimular estudos complementares de âmbito local e nacional por outros grupos de trabalho [CEEE, 1997]. As atividades da Comissão Especial tiveram início em maio de 1995 e se desdobraram até julho/1996, sendo o relatório final emitido em outubro/1997.

A CEEE foi composta inicialmente por treze professores representantes da UFPE (presidente), CEFET/PR, UEFS, SESu/MEC, UnB, ESAM, UNICAMP, UFMG, UNESP, UFPA, UFRGS, UNIFESP e UERJ, tendo como foco estudar em profundidade o tema da evasão no ensino superior no Brasil. Ao longo do seu trabalho modificações foram necessárias por questões pessoais dos participantes, e a integralização do estudo e seu relatório final foram elaborados por uma equipe diferente da inicial, com professores ligados às Pró-reitorias da UFRGS, que presidiu o grupo, CEFET/PR, UA, UnB, UFMG, UFPA, UNICAMP, UFMG, UNESP, UFPE, UFU, UFRJ, UDESC e UERJ. Importantes associações nacionais interessadas no diagnóstico e em suas recomendações, como a ANDIFES, a ABRUEM e o Fórum Nacional de Pró-Reitores de Graduação, subscreveram este relatório.

Os objetivos específicos do estudo foram assim definidos pela CEEE:

1. Tornar claro o conceito de evasão, a partir das suas dimensões evasão de curso, da instituição e do ensino superior;
2. Definir e aplicar uma metodologia capaz de tornar homogênea a coleta e o tratamento dos dados levantados;
3. Apontar as causas internas e externas da evasão, inclusive suas características por curso e região do país;
4. Propor medidas voltadas à redução das taxas de evasão nas IESP.

Fatores contribuintes para o fenômeno da evasão, sempre sujeitos a pesquisas complementares conduzidas cientificamente, foram levantados com base em estudos consultados durante os trabalhos da Comissão [UFRGS, 1991; RAMOS, 1995; BUENO, 1993; RISTOFF, 1995] e na experiência e vivência institucional de professores e pró-reitores que dela participaram. Eles foram classificados em questões de três ordens: as que se relacionam a fatores pessoais ligados ao próprio aluno; aquelas relacionadas à instituição de ensino; e as que guardam relação com fatores sócio-cultural-econômicos externos; estes dois últimos, por sua vez, impactando, naturalmente, as escolhas pessoais.

Dentre as características associadas às questões pessoais do estudante levantadas no estudo, foram relacionados os fatores relativos à habilidade de estudar, à personalidade do aluno, à formação escolar anterior, à escolha precoce da profissão, às dificuldades de adaptação à vida universitária, às incompatibilidades entre a vida acadêmica e as exigências do ambiente do trabalho, à desmotivação do aluno com o curso escolhido em segunda e terceira opções, às dificuldades na relação ensino-aprendizagem, que levam a reprovações constantes e à baixa frequência às aulas, à desinformação a respeito da natureza dos cursos, e à descoberta de novas áreas de interesse que direcionam o aluno para outro vestibular. A Comissão concluiu, em síntese, que as causas principais de natureza pessoal do estudante decorriam, principalmente, da sua situação socioeconômica, da opção por mudança de curso ou de carreira, do desencanto com o curso escolhido, do pouco preparo para enfrentar o nível de dificuldade exigido por alguns cursos e da desinformação do aluno quanto à profissão escolhida inicialmente.

Dentre os aspectos externos às instituições que mais levavam à evasão se destacaram aqueles relativos ao mercado de trabalho - vagas e salários oferecidos, ao reconhecimento social da carreira escolhida, à qualidade das escolas de 1º e 2º grau frequentadas, às questões vinculadas a conjunturas econômicas específicas, à desvalorização da profissão - como por exemplo a situação das licenciaturas - , às dificuldades financeiras do estudante, às dificuldades da universidade conseguir se atualizar frente aos avanços tecnológicos, econômicos e sociais do tempo atual, e à ausência de políticas governamentais consistentes e continuadas, voltadas ao ensino da graduação.

E como terceiro aspecto, permitindo agora um maior foco sobre os objetivos do presente trabalho, foram identificados os fatores internos relacionados às instituições que podem levar à evasão:

- aqueles peculiares a questões acadêmicas como currículos desatualizados, alongados, com rígida cadeia de pré-requisitos, além de falta de clareza sobre o próprio projeto pedagógico do curso;
- questões didático-pedagógicas, como, por exemplo, critérios impróprios de avaliação do desempenho discente;
- os associados à falta de formação pedagógica ou desinteresse do docente;
- os vinculados à ausência ou ao pequeno número de programas institucionais para suporte do estudante, como Iniciação Científica, Monitoria, Programas PET, etc.;
- os decorrentes da cultura institucional de desvalorização da docência na graduação;

- aqueles resultantes da estrutura insuficiente de apoio ao ensino de graduação, laboratórios de ensino, laboratórios de informática, etc.;
- os relacionados à inexistência de um sistema público nacional que viabilize a racionalização da utilização das vagas, afastando a possibilidade da matrícula em duas universidades.

O resumo dos resultados obtidos no trabalho da CEEE está mostrado na **Tabela 4**.

Tabela 4. Demonstrativo Geral - resultados do relatório da CEEE - 1984/1 a 1994/2

| Áreas | Nº de Cursos | Nº de Ingressantes [Ni] | Nº de Diplomados [Nd] | Nº de Retidos [Nr] | Nº de Evadidos | % de Diplomação | % de Retenção | % Evasão |
|------------------------------|--------------|-------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|-----------------|---------------|--------------|
| Ciências da Saúde | 20 | 33.095 | 23.466 | 2.162 | 7.467 | 70,90 | 6,53 | 22,56 |
| Ciências Agrárias | 13 | 14.616 | 9.453 | 739 | 4.424 | 64,68 | 5,06 | 30,27 |
| Média + Desvio Padrão | | | | | | 62,25 | | |
| Ciências Sociais Aplicadas | 36 | 46.321 | 23.392 | 5.544 | 17.385 | 50,50 | 11,97 | 37,53 |
| Média | | | | | | 48,34 | | |
| Engenharias | 18 | 22.856 | 10.936 | 1.866 | 10.054 | 47,85 | 8,16 | 43,99 |
| Ciências Humanas | 34 | 35.810 | 15.799 | 3.538 | 16.473 | 44,12 | 9,88 | 46,00 |
| Ciências Biológicas | 8 | 5.281 | 2.237 | 657 | 2.387 | 42,36 | 12,44 | 45,20 |
| Linguística, Letras e Artes | 60 | 20.579 | 7.941 | 2.366 | 10.272 | 38,59 | 11,50 | 49,91 |
| Média - Desvio Padrão | | | | | | 34,43 | | |
| Ciências Exatas e da Terra | 26 | 20.309 | 5.630 | 2.696 | 11.983 | 27,72 | 13,27 | 59,00 |
| Total Geral | | 198.867 | 98.864 | 19.568 | 80.445 | | | |

Fonte: CEEE [1997]; Nota: % Evasão = $[(Ni-Nd-Nr)/Ni] \cdot 100$.

Por fim, dentre os fatores internos às instituições descritos, três importantes contextos destacados por essa Comissão podem provocar de forma mais intensa o abandono do curso pelos estudantes. O primeiro deles aponta para currículos inadequados de cursos de graduação - por vezes extensos, estratificados, rígidos, conservadores e desatualizados - que podem frustrar a expectativa do aluno por uma formação moderna, atualizada, vinculada às demandas da sociedade e do mercado, e que agregue conhecimentos de áreas associadas ao seu curso. Esta condição, por sua vez, pode ser agravada se a ela se somam questões de natureza didático-pedagógica decorrentes de forte dependência de metodologias tradicionais de ensino baseadas na mera transmissão e repetição de conhecimentos, ou sujeitas à atuação de docentes sem o compromisso com o ensino da graduação e com projetos de atualização dos conteúdos necessários à formação acadêmica e profissional dos alunos. O terceiro cenário envolve a cultura desenvolvida no Brasil de supervalorização da pesquisa e da pós-graduação, em detrimento da qualidade dos professores e do ensino na graduação. Esta prática teria levado, por exemplo, a que algumas universidades deixassem de ter programas para reciclar estudantes com dificuldades de rendimento em disciplinas fundamentais dos seus cursos.

A evasão é, portanto, sintoma de uma série de causas de múltiplas e interconectadas origens, o que torna complexa a sua solução. Por outro lado, a simples identificação dos aspectos que a produzem permite montar estratégias e ações que, tomadas de forma apropriada, poderão minimizar o problema e levá-lo a patamares mais aceitáveis pela sociedade. O presente estudo busca assim identificar e abordar caminhos possíveis e ao alcance das instituições superiores de ensino que as levem a incorporar formas eficazes para combater a evasão via soluções internas na sua organização, estrutura e programa pedagógico.

Haveria então experiências que permitam atuar diretamente sobre as causas da evasão ligadas às instituições de ensino, no Brasil ou no exterior, com bons resultados apresentados e passíveis de serem multiplicados?

CAPÍTULO IV. O Ensino-Aprendizagem Ativo (*Active Learning*)

IV. O Ensino-Aprendizagem Ativo (*Active Learning*)

De acordo com **FELDER e SILVERMAN [1998]**:

“Desconformidades existem entre os estilos usuais de aprendizado dos alunos de engenharia e os estilos tradicionais de ensino dos professores de engenharia. Por consequência, os estudantes se tornam entediados e desatentos na sala de aula, se saem mal nas provas, se tornam desanimados com o curso, com o currículo e consigo próprios, e em alguns casos mudam de curso ou deixam a escola. Professores, confrontados com notas baixas nas provas, turmas indiferentes ou mesmo hostis, baixa frequência ou abandono das aulas, sabem que alguma coisa não vai bem; eles se tornam então excessivamente críticos dos seus alunos (tornando as coisas piores ainda) ou começam a se perguntar se eles escolheram a profissão correta. Mais sério ainda, a sociedade perde engenheiros potencialmente excelentes.”

Elevadas taxas de evasão nos cursos de engenharia representam perdas significativas para o país e para as instituições de ensino, se constituindo em um desperdício relevante de tempo, dedicação e horas de ensino para estudantes e professores. A busca de soluções se torna, portanto, oportuna e necessária.

Debates conduzidos em *workshops* do Congresso Brasileiro de Ensino em Engenharia realizado em Blumenau identificaram três importantes questões estruturais com forte contribuição para a evasão nas engenharias **[COBENGE, 2011]**. A primeira delas apontou a necessidade de que medidas no âmbito do governo federal sejam tomadas no sentido de reforçar a importância do papel da engenharia e dos engenheiros nos programas de Ciência, Tecnologia e Inovação conduzidos no país, devendo tais ações serem incluídas no planejamento de longo prazo e nas estratégias governamentais, permitindo maior suporte aos esforços combinados do CNPq e da CAPES. Como segundo ponto, a necessidade de maior aproximação entre a indústria e as universidades, de modo a combinarem suas experiências e capacitações no sentido de maior contribuição para a melhoria no ensino das engenharias. Em terceiro lugar, a necessidade das universidades adotarem novas abordagens para tornar o ensino nas engenharias mais estimulante e participativo, a partir de ambientes de ensino-aprendizagem mais eficazes.

De fato, estudo conduzido pela CNI/SENAI/IEL, que envolveu uma extensa pesquisa junto a 120 grandes empresas nacionais **[INOVA, 2006]**, trouxe evidências que reforçam estes aspectos. Uma primeira constatação foi o quase completo desconhecimento por parte das empresas dos programas de governo voltados ao apoio à pesquisa e à inovação, assim como dos incentivos públicos para fixação de doutores nas empresas. Em outro exemplo, apenas o representante de uma empresa (da área química), dentre a totalidade das empresas pesquisadas, informou conhecer o Programa de Desenvolvimento Tecnológico Industrial (PDTI), instituído por portaria da SDI/MIC desde novembro/1988. Esse mesmo trabalho mostrou que apenas 19% das empresas consultadas - e vale ressaltar que o estudo tratou apenas das grandes empresas

nacionais líderes dos principais setores - mantinham algum tipo de convênio para projetos conjuntos com universidades, e que apenas 3% da amostra total estabeleceram convênios com a academia relacionados à educação continuada. Por outro lado, foi detectada entre a maioria delas uma posição geral favorável quanto ao fato da formação em engenharia poder ser impulsionada a partir da aproximação entre as empresas e a academia. Há naturalmente algumas exceções neste cenário de poucas parcerias da área acadêmica com o setor produtivo, em especial em atividades voltadas à inovação tecnológica, podendo ser citadas como exemplos a EMBRAPA, a Petrobrás, a EMBRAER e a Braskem. A **Tabela 5** apresenta um indicativo da visão das empresas investigadas no estudo INOVA/CNI quanto à percepção do grau de capacitação dos engenheiros que atuam no setor produtivo no Brasil frente a vários aspectos do ambiente de trabalho.

Tabela 5. Notas para engenheiros atuantes no país (setor produtivo)

| Capacidades | Médias |
|--|---------------|
| Engenheiros de modo geral | 7,3 |
| Adaptar-se às mudanças do mercado | 7,7 |
| Adaptar-se às demandas específicas das empresas | 7,7 |
| Solucionar problemas no contexto das empresas | 7,7 |
| Diagnosticar problemas de engenharia | 7,7 |
| Aplicar técnicas de engenharia | 7,7 |
| Consciência da responsabilidade ética | 7,5 |
| Base teórica (matemática, ciências e engenharia) | 7,4 |
| Criar processos que satisfaçam às empresas | 7,3 |
| Gestão de processos | 7,2 |
| Espírito empreendedor | 7,1 |
| Trabalhar com grupos multidisciplinares | 7,0 |
| Conceber projetos de pesquisa nas empresas | 7,0 |
| Habilidade gerencial | 6,9 |
| Liderança | 6,8 |
| Conhecimento em áreas correlatas | 6,8 |
| Comunicar-se de modo eficaz | 6,7 |

Fonte: INOVA [2006].

Este quadro reflete a opinião das empresas-líder consultadas pelo Inova, de que do ponto de vista do conhecimento técnico os engenheiros brasileiros têm qualidade superior a de outros países em desenvolvimento e mesmo próxima, em alguns setores, a dos profissionais de países mais desenvolvidos, ao menos em setores como construção civil, mineração e higiene e limpeza, assim como em algumas subáreas da engenharia mecânica [Inova, 2006]. Desta forma, os engenheiros receberam as melhores pontuações nas capacidades de maior conteúdo técnico e aplicado das engenharias. As notas mais baixas se situaram nas dimensões que envolvem liderança, gerenciamento, concepção de projetos de interesse das empresas, conhecimento de áreas correlatas à engenharia, espírito empreendedor e habilidade de comunicação, exatamente, segundo o mesmo estudo, as habilidades que apresentam maior demanda por parte do mercado de trabalho.

Estabelecer formas mais eficazes e motivadoras para o aprendizado nas engenharias foi objeto de estudo de pesquisador da universidade de Syracuse/EUA, que constatou que as universidades precisam reconhecer que a raiz das causas da evasão não reside apenas nos seus alunos e nas situações com que eles se defrontam, mas também nos próprios atributos do ambiente educacional [TINTO, 2003]. O autor complementa, afirmando que, para agir de forma sincera na promoção da permanência dos alunos nos cursos, as universidades deveriam iniciar alterações nas suas próprias estruturas e práticas de ensino para melhor atender às necessidades do seu corpo de estudantes, indivíduos em permanente processo de mudança.

A introdução de novas práticas de ensino nos métodos de instrução usuais que levem os alunos a se sentirem mais envolvidos, participantes e motivados no processo de aprendizagem tem sido proposta por diversos estudiosos. De modo específico, técnicas de ensino construtivista, focadas no aprendizado ativo e no ensino indutivo, foram propostas e experimentadas em várias universidades americanas e em outros continentes [PRINCE e FELDER, 2006]. A prática do aprendizado cooperativo e do estabelecimento de objetivos educacionais, assim como de habilidades profissionais como a comunicação, o trabalho em equipe e o gerenciamento de projetos, permite enriquecer o conteúdo do que será apreendido durante a graduação.

Nesta linha, um professor americano com mais de vinte anos de pesquisa sobre o desenvolvimento de estudantes coloca que o sucesso do aluno em um curso de engenharia é função da intensidade do seu engajamento nos estudos ao longo de todos os anos da graduação [ASTIN, 1999]. Sua “Teoria do Envolvimento” caracteriza esta condição como aquela em que o aluno dedica de forma sistemática considerável energia aos estudos, convive de forma habitual com atividades no *campus* da universidade, participa ativamente de organizações estudantis e interage frequentemente com membros do corpo docente da escola e com os demais colegas do curso. Ou seja, de forma simples e objetiva, “envolvimento” tem relação com a intensidade de esforço que o estudante dedica à sua experiência acadêmica. O conceito desenvolvido em torno do envolvimento do aluno com o curso não minimiza a importância das questões motivacionais que estarão sempre presentes, mas enfatiza os aspectos comportamentais do que e como fazer e agir, que são críticos para determinar o envolvimento do aluno com o curso. Não podendo ser rotulados naquela ocasião como uma teoria formal, por carecer de evidência empírica, cinco postulados básicos por ele colocados

permitem entender o ambiente educacional que mais facilita o engajamento do aluno no curso:

1. O envolvimento se refere ao investimento do aluno em energia física e psicológica em vários objetivos ao longo do aprendizado;
2. O envolvimento acontece de forma contínua, i.e., diferentes alunos manifestam diferentes graus de envolvimento em um mesmo objetivo, e um mesmo aluno manifesta diferentes graus de envolvimento em diferentes objetivos em momentos distintos;
3. O envolvimento contempla aspectos quantitativos e qualitativos: por exemplo, o número de horas dedicadas ao estudo, ou a forma, o cuidado e a atenção do estudante nas leituras e estudos feitos;
4. A quantidade de aprendizado do estudante e seu desenvolvimento pessoal, associados a qualquer programa educacional, são diretamente proporcionais à qualidade e à quantidade do envolvimento do aluno naquele programa;
5. A efetividade de qualquer política ou prática educacional está diretamente relacionada à capacidade de uma dada política ou prática elevarem o envolvimento do estudante.

As duas últimas proposições configuram os dois postulados educacionais-chave, por indicarem caminhos para o projeto de programas educacionais mais eficazes e, por conseguinte, promotores da fixação dos alunos na instituição ao longo de toda a graduação.

Ao lançar um olhar para dentro da sala de aula, e avaliando como evolui a presença dos estudantes nos cursos de engenharia de escolas americanas e europeias, **FELDER [2006]** concluiu que aulas tradicionais expositivas foram suficientes para atender a parcela de alunos de melhor condição social e econômica que frequentou aquelas escolas ao longo dos séculos e até quase recentemente. Em décadas mais próximas os professores passaram a ter dificuldades crescentes para educar parcelas cada vez maiores da população, que trazem uma preparação de base ampla e diversificada. Não tem sido mais suficiente apenas o suporte de aulas tradicionais expositivas, via a apresentação de fatos básicos, fórmulas e algoritmos para solução de problemas e cobrança do aprendizado via testes sobre o conhecimento adquirido. Uma das consequências foi o incremento da taxa de evasão nas engenharias em escolas americanas para faixas em torno de 50% ou mais de alunos que sistematicamente deixavam os cursos **[FELDER, 2006]**.

A partir de diversos estudos já realizados **[FELDER et al., 2000; BRANSFORD et al., 2004; WOODS et al., 2000]** aceita-se de um modo geral que há diferentes estilos de aprendizagem, i.e., variadas formas através das quais estudantes apreendem, processam e fixam a informação recebida, levando, por consequência, a uma maior ou menor condição para o sucesso individual na absorção de conhecimento. A compreensão de como acontecem estes processos pode ser uma primeira etapa para planejar métodos de ensino que permitam acomodar as necessidades de aprendizado de todos os estudantes da turma. Nesse contexto três abordagens educativas foram definidas e propostas **[FELDER e BRENT, 2004]**:

- O “Aprendizado Ativo”: busca com que os membros de uma turma executem atividades que levem os alunos a se engajarem de forma efetiva com o material que está sendo ensinado;
- O “Aprendizado Cooperativo”: coloca os alunos a trabalhar em grupos sob condições que estimulam o desenvolvimento de habilidades para conduzir o trabalho em equipe, preservando a responsabilidade individual no cumprimento de toda a tarefa;
- O “Aprendizado com Base em Problemas” (e abordagens similares como o “Aprendizado com Base em Projetos”): transmite o material de ensino apenas depois que uma necessidade de aquisição de conhecimento tenha sido estabelecida, no contexto de uma questão ou problema complexo, o que aumentará a probabilidade dos alunos absorverem e manterem o conhecimento adquirido.

Uma experiência bem sucedida com base nesses princípios pedagógicos foi o projeto *The Learning Factory*, esforço conjunto da Universidade da Pensilvânia (*Penn State*), da Universidade de Porto Rico-*Mayagüez* (UPRM) e da Universidade de Washington (UW), em parceria com a *Sandia National Laboratories* e 24 parceiros corporativos, tendo sido esse projeto criado em 1994 com financiamento da ARPA/*National Science Foundation* [LAMANCUSA *et al.*, 1995]. Passados catorze anos desde o início do Projeto se confirmou o consenso de que as universidades precisavam buscar um melhor equilíbrio entre a ciência da engenharia e a prática da engenharia, por um conjunto de motivos:

- O “fazer engenharia” a partir de experiências reais e problemas significativos pode motivar os estudantes a aprender complexos conceitos técnicos por meios que permitam fixá-los por um longo tempo após as aulas;
- Orientação das organizações e movimentos dos Estados Unidos voltados ao ensino e à prática das engenharias (NAE, NSF, ECSEL) recomendam que a essência da engenharia - o processo interativo de projetar, prever o desempenho de processos e produtos, construir e testar sistemas - seja ensinada desde os primeiros estágios do currículo, que a pesquisa deve ser valorizada e reconhecida na educação em engenharia e que novos padrões devem ser criados quanto à qualificação, nomeação e crescimento profissional dos professores;
- Empresas, importantes clientes das engenharias, dependem de sua habilidade em contratar profissionais que combinem profundo conhecimento técnico com habilidades profissionais críticas. Passam assim a desafiar com frequência a academia a tornar os currículos mais relevantes para a prática da profissão;
- As qualificações do professorado de engenharia não o habilitam adequadamente para o ensino: poucos professores de engenharia têm formação explícita em educação [AMBROSE e NORMAN, 2006]. Enquanto se assume que em geral grandes pesquisadores são também excelentes professores, a maior parte das pesquisas mostrou que não há uma correlação entre ensino eficaz e pesquisa eficaz [RAMSDEN e MOSES, 1992; WANKAT e OREOVICZ, 1993];

- Tem crescido o conhecimento sobre a psicologia do ensino e da aprendizagem. Programas para graduação em Educação em Engenharia começaram a aparecer em importantes universidades como *Purdue* e *Virginia Tech*. A aprendizagem baseada em metodologias ativas e colaborativas, e desenvolvida em torno da solução de problemas reais mostrou resultados superiores aos métodos baseados em aulas expositivas tradicionais [HAKE, 1998; PRINCE, 2004; SMITH *et al.*, 2005; DYM *et al.*, 2005; ROSSELY e BROPHY, 2006].

Conduzido com base nessas premissas, o projeto *The Learning Factory* demonstrou ser uma experiência de sucesso e trouxe evidências de que a educação em engenharia baseada em abordagem com atividades práticas se mostra confiável, sustentável, com viabilidade econômica e passível de ser multiplicada. Os resultados obtidos pelas três universidades envolvidas produziram razoável impacto nos Estados Unidos e no exterior [LAMANCUSA *et al.*, 2008]: através de 40 publicações; pela disseminação do projeto através de 50 workshops; levaram à criação do movimento Engenharia para as Américas [EftA]; permitiram a conclusão de 1.200 projetos patrocinados; acolheram o envolvimento de mais de 200 parceiros da indústria no programa; e mais de dez mil estudantes foram beneficiados com essa iniciativa.

É possível depreender que tais experiências encorajam abordagens inovadoras na educação em engenharia e o compartilhamento de modelos de sucesso, e que qualquer país com o apoio da indústria pode promover e motivar práticas com aprendizados experienciais, assim como atividades empreendedoras nos processos de ensino-aprendizagem nas engenharias [MORELL, 2006].

CAPÍTULO V. Aprendizado com Base em Problemas - PBL

V. Aprendizado com Base em Problemas - PBL

Uma das práticas de aprendizagem ativo-cooperativo que têm sido adotadas em vários países, inclusive nas engenharias, é a metodologia Aprendizado com Base em Problemas, em inglês *Problem Based Learning* (PBL).

A pedagogia do ensino-aprendizagem PBL tem suas origens em trabalhos de renomados pensadores como John Dewey, Jean Piaget e William Kilpatrick, do começo do século XX, e Jerome Bruner, nos anos 1960's, e importante contribuição de educadores mais recentes, como Joseph S. Krajick nos anos 1990's. Como descreve Frank e colaboradores, muitos elementos do PBL são derivados de princípios do aprendizagem com base na investigação, que por sua vez se baseiam na abordagem de ensino construtivista [FRANK *et al.*, 2003].

O construtivismo é uma teoria que trata da formação do conhecimento e da aprendizagem, e propõe que o ser humano seja um aprendiz ativo que constrói seu conhecimento sobre a experiência e sobre seu esforço em dar sentido a esta experiência. Três modelos de construtivismo foram desenvolvidos: o radical, de Ernest von Glasersfeld; o contextual, de William Cobern; e o social, de Lev Vygotsky. O PBL se fundamenta no construtivismo social de Vygostky, que estabelece que o “aprendiz constrói o conhecimento ou sua compreensão como resultado do pensar e do fazer em contextos sociais”.

Criado originalmente em meados dos anos 60 na Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de McMaster (Ontário, Canadá), teve a primeira turma formada nesta pedagogia em 1972. Em torno dessa época o PBL passou a ser adotado na Faculdade de Medicina Humana da Universidade de Michigan e em novas Escolas de Medicina em Maastrich (Holanda) e em New Castle (Austrália). Nas décadas seguintes inúmeros cursos de Medicina de várias universidades em todo o mundo passaram a adotar o PBL como uma metodologia pedagógica preferencial [BARROWS, 1996].

Movimentos em direção à prática do PBL em outros cursos começaram a acontecer a partir da década de 90. O curso de Engenharia Química da mesma Universidade McMaster passou a adotar o PBL motivado pela necessidade de aliviar seu currículo sobrecarregado pelo acréscimo frequente de novas disciplinas, e pelo descompasso entre as necessidades da indústria e o perfil dos graduados em engenharia química quanto às habilidades em processo. Além disso, havia uma demanda por habilidades para solução de problemas, comunicação interpessoal, participação em trabalhos em equipes, e para enfrentar a pressão para alterar a responsabilidade final na educação da visão do ensino para a visão do aprendizagem do aluno [WOODS, 1996].

V.1. Características do PBL

O Aprendizado com Base em Problemas envolve a seleção de problemas - originados na indústria, em entidades públicas, em instituições interessadas ou recolhidos na própria comunidade próxima - que alimentam programas de estudo já nos primeiros semestres dos cursos de engenharia. Em torno dos projetos selecionados, pequenos grupos de até seis alunos se organizam em equipes para buscar informações, elaborar estratégias e construir soluções.

As disciplinas dos cursos devem guardar estreita combinação com os temas a serem pesquisados nos projetos para a solução dos problemas. Estes podem ter duração semestral ou se desdobrar por vários semestres. Podem ainda estar relacionados a apenas uma matéria ou conjugar o conhecimento combinado de diversas disciplinas para sua solução.

Desta forma o PBL, como metodologia incorporada na grade curricular de ensino e centrada no aluno e no seu aprendizado, é uma abordagem que tem por objetivo capacitá-lo a conduzir pesquisas, integrando a teoria à prática, e aplicar o conhecimento e as habilidades adquiridos para encontrar soluções viáveis para um dado problema [SAVERY, 2006]. Uma condição fundamental para o sucesso da metodologia é a seleção de problemas reais ainda não resolvidos, frequentemente interdisciplinares, e a presença de um professor-tutor que guia o processo ao longo do aprendizado e faz uma avaliação crítica do resultado ao final da experiência de aprendizagem. Diversos autores procuraram explicar os diferentes aspectos e especificidades requeridos para o sucesso na aplicação do PBL:

- O levantamento de uma relação das práticas que caracterizam a filosofia, as estratégias e as táticas do Aprendizado com Base em Problemas [BOUD e FELETTI, 1997];
- Uma descrição dos métodos utilizados e das habilidades específicas desenvolvidas, em particular [DUCH *et al.*, 2001]: pensar de forma crítica; analisar e resolver problemas complexos do mundo real; encontrar, avaliar e utilizar fontes e referências para a aprendizagem; trabalhar de forma cooperativa; demonstrar habilidades eficazes de comunicação; utilizar o conhecimento absorvido e a habilidade intelectual para aprender de forma contínua;
- O foco do PBL em levar os alunos à aprendizagem organizada em torno da investigação e solução de problemas verdadeiros, por vezes de difícil caracterização, à busca da identificação da raiz do problema e das condições para uma boa solução dele, se tornando, na experiência, responsáveis permanentes pelo seu aprendizado [TORP e SAGE, 2002];
- O destaque para o PBL como um método educativo em que os estudantes aprendem a resolver problemas complexos que não têm apenas uma solução correta. De forma colaborativa os grupos de alunos se organizam para identificar o que precisam aprender para solucionar o problema, assumem o auto-aprendizado, aplicam seu conhecimento na solução escolhida e avaliam a efetividade das estratégias adotadas [HMELO-SILVER, 2004].

O PBL se caracteriza então pela participação fortemente ativa e colaborativa dos alunos no processo de aprendizagem, orientados por professores-tutores na condução geral dos grupos de trabalho e pela montagem de projetos preferencialmente de natureza multidisciplinar, podendo ainda envolver alunos e disciplinas de diferentes cursos, como experimentado, por exemplo, no programa Exploração de Projetos Multidisciplinares em Engenharia, na Universidade do Porto, o que pode ser exemplificado em três projetos inseridos nos dois primeiros semestres dos cursos: 1. aplicação de instrumentação e sensores em uma ponte de concreto; 2. criação de uma nova lata de refrigerante; e 3. sistema para medição de tensões em estruturas de concreto. Três equipes foram montadas com alunos oriundos de cursos de

diferentes formações como engenharia química, mecânica, civil, metalúrgica, elétrica, física, eletrônica e telecomunicações, nutrição e jornalismo, mas com conhecimentos e habilidades complementares e direcionados para um objetivo comum [MARQUES, 2008].

Desta forma, o PBL reúne atributos e características que ajudam a superar limitações aqui relatadas, como carências na formação do nível médio, até criar um ambiente favorável para projetos colaborativos com empresas e instituições parceiras, passando por produzir forte motivação nos alunos e seu comprometimento com o processo de aprendizagem ao longo da graduação.

Passados mais de 30 anos de experiência, o PBL se mostra uma prática oportuna e eficaz como possibilidade de ensino-aprendizagem [SAVERY, 2006]: “vivemos em um momento peculiar - os alunos podem hoje acessar quantidades enormes de informação das quais nunca se tinha ouvido falar uma década atrás, e há mais do que problemas suficientes para se escolher dentro de uma série de disciplinas. Em minha opinião é de importância capital que gerações de alunos hoje e no futuro venham experimentar a abordagem do Aprendizado com Base em Problemas e se envolvam em atividades voltadas à busca de soluções construtivas”. Tal ponto de vista é reforçado, sob outra ótica, pelas colocações do livro *How People Learn - brain, mind, experience, school* [BRANSFORD *et al.*, 2004], que aponta ser um dos principais objetivos da escola a preparação dos alunos para um ajustamento flexível a novos problemas e cenários: a habilidade dos estudantes em transferir o que eles aprenderam para novas situações proporciona um importante indicador do aprendizado flexível e adaptativo, e observar quão positivamente os alunos se comportam nesta prática pode ajudar os educadores a melhorar seu processo de ensino.

V.2. Porque Adotar o PBL e Cuidados a Serem Observados na sua Implantação

O PBL por si só, assim como outras metodologias de ensino-aprendizagem, não é capaz de contornar e atender todas as dificuldades que possam impedir um elevado e desejado desempenho dos alunos, professores e da instituição de ensino na formação dos novos profissionais de engenharia. Obstáculos poderão sempre estar presentes em um dado momento do processo educacional, quer de natureza pessoal do estudante, da instituição que oferece os cursos ou da conjuntura socioeconômica do país.

Tendo em mente essas limitações, evidências registradas em recentes estudos no Reino Unido [GRAHAM, 2012] e na Austrália [GODFREY e KING, 2011], assim como experiências que serão descritas mais adiante nesse trabalho, demonstram a capacidade do ensino ativo-cooperativo, e em particular da pedagogia PBL, em intervir de forma favorável, seja de maneira direta ou indireta, na atenuação ou mesmo na eliminação de fatores desfavoráveis ao processo de aprendizagem por parte dos alunos de engenharia. Assim, tomando como referência o relatório da Comissão Especial para o Estudo da Evasão no Ensino Superior no Brasil [CEEE, 1997] e as causas ali identificadas por trás do fenômeno da evasão, não exclusivas da área de engenharia, é possível antecipar que os efeitos do PBL se farão sentir de forma positiva em vários aspectos levantados nesse estudo.

Dentre as questões ligadas ao próprio aluno, a Comissão relacionou as seguintes como mais relevantes: 1. Falta de habilidade em estudar; 2. Questões ligadas à personalidade; 3. Formação escolar anterior; 4. Escolha prematura da profissão; 5. Não adaptação à vida acadêmica; 6. Conflito academia *versus* trabalho; 7. Desmotivação com o curso escolhido; 8. Dificuldades no processo de aprendizagem, baixa frequência, reprovação; 9. Desinformação sobre a natureza dos cursos; 10. Descoberta de novas áreas de interesse; 11. Situação socioeconômica; 12. Opção por mudança de curso ou carreira; e 13. Desencanto com o curso escolhido. A prática e a natureza do PBL permitem atuar **diretamente** sobre os itens 1, 7, 8, 9 e 10, e de **forma indireta** sobre os aspectos ligados aos itens 3, 5 e 13.

Dentre as questões associadas à organização e à estrutura da universidade, esse relatório elencou como principais origens da evasão as seguintes: 1. Aspectos acadêmicos (currículos desatualizados e alongados, rígida cadeia de pré-requisitos, pouca clareza sobre o projeto pedagógico dos cursos); 2. Problemas didático-pedagógicos (critérios impróprios de avaliação do desempenho discente, falta de formação pedagógica ou desinteresse do docente); 3. Ausência ou adoção de pequeno número de programas institucionais para suporte ao estudante; e 4. Cultura institucional no país de desvalorização da docência na graduação. Quanto a estes aspectos, o PBL contempla abordagens, recursos e metodologias que permitem contribuir **diretamente** na atenuação ou mesmo superação de cada uma das quatro dificuldades identificadas no estudo do MEC.

Finalmente, dentre os fatores externos que levam à evasão foram relacionados os seguintes: 1. O mercado de trabalho (salários e número de vagas); 2. Reconhecimento social da carreira escolhida; 3. Qualidade das escolas de 1º e 2º graus; 4. Conjunturas econômicas específicas; 5. Desvalorização da profissão escolhida; 6. Dificuldades da universidade se atualizar frente aos avanços tecnológicos, sociais e econômicos; e 7. Ausência de políticas governamentais consistentes e continuadas voltadas ao ensino na graduação. Neste último conjunto de causas determinantes é possível antecipar que a pedagogia PBL e os caminhos adotados na sua implantação poderão contribuir de **forma indireta**, em maior ou menor grau, para atenuar os problemas identificados nos itens 2, 3, 5, 6 e 7.

Se essa avaliação permite visualizar resultados favoráveis, decorrentes da introdução do PBL nos cursos de engenharia, nas três dimensões mais relevantes consideradas (questões ligadas ao próprio aluno; questões associadas à organização e à estrutura da universidade; fatores externos), cuidados devem ser observados no ambiente interno das salas de aula, nos projetos pedagógicos e nos recursos disponíveis para execução do processo de aprendizagem visando à obtenção dos resultados desejados. A partir da experiência pioneira no curso de Engenharia Química na Universidade de McMaster no Canadá, ficou evidente a necessidade de atenção permanente quanto a nove requisitos críticos a serem observados na implantação de programas PBL, em especial quando se tratar de cursos já existentes, sob pena de insucesso no seu resultado [WOODS, 1996]:

1. Obter aceitação prévia dos professores do departamento;
2. Obter aceitação por parte dos alunos;
3. Definir como e quando desenvolver as habilidades pessoais requeridas;
4. Monitorar o desempenho e a avaliação dos alunos ao longo do curso;

5. Combinar os estudos e projetos no PBL com as disciplinas formais do curso;
6. Monitorar o ambiente de aprendizado para torná-lo positivo e favorável;
7. Buscar o melhor equilíbrio na aquisição de habilidades e de conhecimentos requeridos;
8. Compilar um bom repertório de problemas a serem explorados ao longo dos cursos;
9. Envolver os alunos na identificação das questões e objetivos centrais do aprendizado.

A estas recomendações se soma a preocupação com o uso de programas de treinamento para superar uma importante barreira: a pouca disponibilidade de facilitadores com conhecimentos e habilidades adequados para assumir a tarefa de orientação dos alunos [HEMLO-SILVER, 2004]. As turmas de alunos costumam ter um número de estudantes maior do que um único tutor pode facilmente orientar, e aprender a conduzir uma boa orientação dos alunos é sempre um desafio [DERRY *et al.*, 2001].

Ahern, ao descrever a prática do PBL envolvendo alunos das disciplinas de engenharia de transporte dos últimos dois anos do curso de engenharia civil da *University College Dublin* (UCD), na Irlanda, confirma esta preocupação e levanta questões relevantes que requerem abordagem específica e cuidadosa, tanto antes como durante a adoção da pedagogia PBL [AHERN, 2010]. Não obstante bons resultados com o PBL terem sido obtidos no 3º e 4º anos da engenharia civil da UCD, problemas foram relatados pelos alunos e identificados pelos professores responsáveis, refletindo o cuidado necessário em trabalhar o contexto e a fundamentação do programa previamente no ambiente das turmas, quanto aos seguintes aspectos:

- Quantidade de problemas a serem trabalhados em um ano-curso e recursos que serão necessários dispor;
- Número adequado de facilitadores bem preparados para atender da melhor forma possível os alunos nos trabalhos tutoriais;
- Orientação prévia sobre a expectativa de iniciativas e ações pessoais dos alunos para trabalhar os problemas e a dosagem limitada de ajuda dos facilitadores;
- Bases e premissas para realização das avaliações dos resultados individuais, conduzidas pelos próprios grupos de alunos entre si, para garantir uma valorização correta dos resultados obtidos e evitar a prática da “troca de notas” entre os grupos;
- Distribuição dos questionários aos alunos para o *feedback* sobre o programa acontecer durante a disciplina e não apenas ao final do semestre, o que pode levar a um baixo retorno dos questionários e uma deficiente avaliação do processo de aprendizagem;
- Alerta aos alunos de que o PBL migra da apresentação expositiva de conhecimento pelo professor para a busca e aplicação de conhecimento pelo próprio aluno, o que pode tornar confuso e difícil o novo processo, principalmente nas primeiras experiências;
- Necessidade de perceber que alunos têm características diferentes na aprendizagem e alguns estudantes poderão ter dificuldade para se adaptar a uma metodologia que tem foco no autoaprendizado, e preferir a abordagem mais tradicional;
- O fato de que os melhores alunos poderão não se sentir bem diante da prática no PBL de avaliações conduzidas pelos próprios colegas, em grupo, que decorrem dos

trabalhos realizados em equipe, e leva os alunos a aprenderem a lidar com os membros mais fracos do grupo.

CAPÍTULO VI. Experiências com o PBL no Exterior

VI. Experiências com o PBL no Exterior

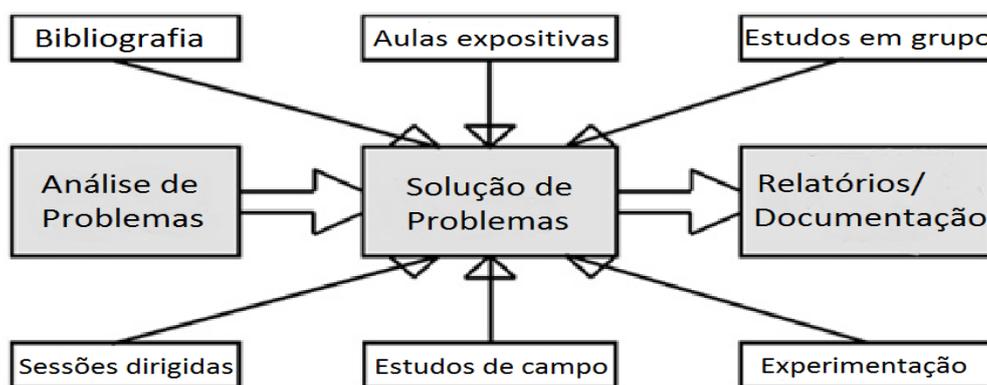
VI.1. Universidade de Aalborg - Dinamarca

A tradição dinamarquesa no PBL nasceu nos anos 70, quando foram inauguradas as universidades Roskilde, em 1972, e Aalborg, em 1974, ambas estruturadas em novos modelos educacionais. Os modelos organizados em torno de projetos foram desenvolvidos a partir de princípios como aprendizagem orientada com base em problemas, trabalhada em torno de projetos, em um ambiente interdisciplinar, com participação ativa dos alunos atuando em equipes e através de questões práticas. O conceito “orientação por projetos” era basicamente o mesmo da definição de “aprendizado com base em problemas”, i.e., método de aprendizado tendo como premissa o uso de problemas como ponto de partida para construir a aprendizagem [AALBORG, 2013].

A combinação “baseado em problemas e orientado por projetos” é importante na abordagem dinamarquesa para o PBL. Os alunos analisam e definem problemas dentro de assuntos ou de uma interdisciplinaridade pré-definidos. Grupos de alunos (de 6-7 no primeiro ano caindo a 2-3 no último semestre) trabalham juntos no seu projeto e apresentam um relatório único sobre o que foi elaborado. Todo o grupo do projeto passa por um exame, mas cada estudante recebe sua própria nota.

O modelo de ensino-aprendizagem em torno de projetos é adotado em todos os programas educacionais da Universidade de Aalborg: a Faculdade de Humanidades; a Faculdade de Ciências Sociais; e a Faculdade de Engenharia e Ciências. O currículo - organizado ao longo de dez semestres - leva a um grau de Mestre e está estruturado em um arranjo determinístico, devendo os resultados desejados serem prescritos de forma clara. Os projetos selecionados devem se inserir em temas de interesse e estar relacionados aos objetivos educacionais do curso, e podem envolver um tema aberto e amplo ou um assunto restrito a uma única disciplina. Os alunos podem formular suas propostas de projeto, mas elas serão sempre avaliadas e aprovadas pelo supervisor. Um esquema dessa metodologia é mostrado na **Figura 6**.

Figura 6. Metodologia para solução de problemas organizada por projetos em Aalborg



Fonte: KJÆRS DAM e ENEMARK [1994], em KOLMOS *et al.* [2006].

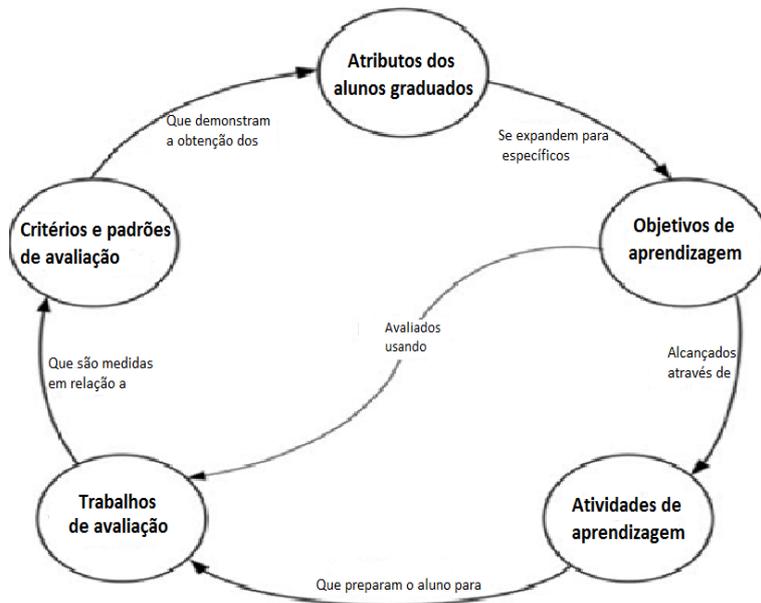
A abordagem com foco na profissão, desenvolvida gradualmente na Universidade de Aalborg, tem mostrado que o plano educacional permanece vivo e em vigor nos departamentos descentralizados, e que o modelo adotado está integrado às diferentes profissões. Seu desenvolvimento requer tempo para consolidar a integração ideias-filosofia-modelo, mas também exige reflexões e experiência para discutir e introduzir a estratégia de aprendizagem com base em projetos com fundamento tanto na educação como na profissão. Melhorias contínuas são importantes, tanto para melhorar a qualidade do processo de educação como para adaptar as teorias do ensino aos novos tipos de estudantes jovens e adultos [KOLMOS *et al.*, 2006].

A UNESCO criou a partir dessa experiência uma cadeira sobre Aprendizado com Base em Problema que funciona na Universidade de Aalborg, cujo objetivo é criar uma sociedade global para a atuação de pesquisadores e professores da academia que trabalham com o PBL. Esta disciplina desenvolve trabalhos de pesquisa, treinamentos em doutorado, programas de mestrado e atividades de consultoria neste campo.

VI.2. Universidade de Queensland - Austrália

O Projeto Currículo Centrado em Problemas (PCC) foi desenvolvido para os estudantes de Engenharia Química da Universidade de Queensland, visando atender desafios recorrentes evidenciados em vários artigos que apontavam as vantagens do aprendizado em engenharia através de trabalhos realizados em grupo e em torno de projetos. O PCC integrou assim o desenvolvimento e a aquisição de conhecimento e de habilidades técnicas e pessoais, através de um forte componente de aprendizado ativo e cooperativo: aprender fazendo, junto com outros colegas. A configuração deste modelo pedagógico é mostrada na **Figura 7**.

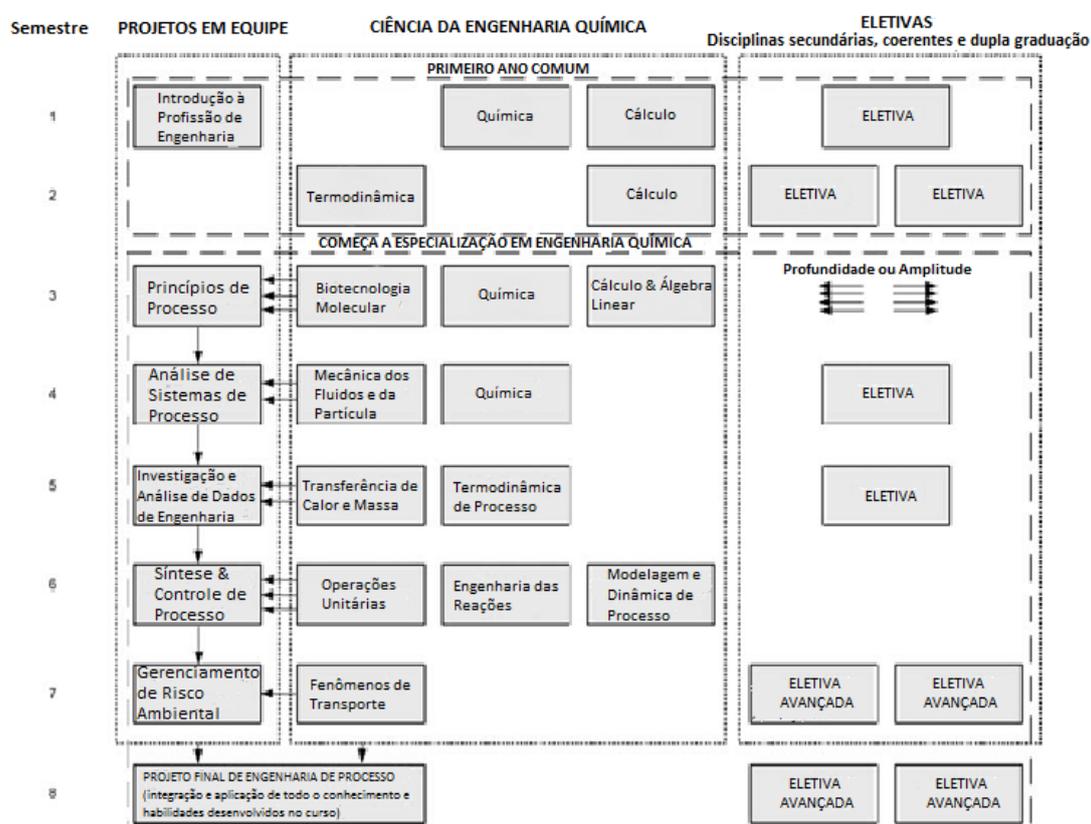
Figura 7. Modelo pedagógico adotado no PCC - Universidade de Queensland - Austrália



Fonte: **HUMPHRIES e JOLLY [2003]**, em **CROSTHWAITE et al. [2006]**.

Desse modo, o desenvolvimento de atributos genéricos, como comunicação, trabalho em equipe e gerenciamento de projetos, ficou contextualizado nas demandas naturais do grupo de trabalho das disciplinas de projetos, tornando seu aprendizado mais significativo e mais plausível, e facilitando o engajamento dos alunos [**CROSTHWAITE et al., 2006**]. A estrutura composta de três eixos, que combinam as disciplinas associadas a projetos, na coluna à esquerda, com disciplinas da base das ciências da engenharia, na coluna central, e as cadeiras opcionais eletivas que complementam a formação, à direita, é mostrada na **Figura 8**.

Figura 8. Engenharia Química (programa PCC - Queensland): disciplinas e semestres



Fonte: CROSTHWAITE *et al.* [2006].

A atuação dos estudantes no PCC se mostrou um sucesso, pois eles se tornaram mais confiantes e com maior capacidade para aplicar competências de engenharia na solução de problemas reais da indústria. Os resultados não foram, contudo, simples consequência imediata de uma escolha criteriosa de projetos para atender determinados objetivos de aprendizagem, tendo sido necessário tornar disponíveis instruções e suporte pedagógico adequados à obtenção de todos os resultados desejados como produto do aprendizado [KAVANAGH e CROSTHWAITE, 2007].

Como foi constatado na Universidade de Queensland, “estudantes não chegam à escola com as habilidades sociais que eles necessitam para colaborar efetivamente com outras pessoas. Cabe aos professores ensinar aos alunos as práticas adequadas de comunicação, liderança, confiança, tomada de decisão e gerenciamento de conflito de modo a lhes dar motivação para serem utilizadas permitindo ao grupo funcionar de forma eficaz. A combinação de teoria, pesquisa e prática é o que torna o aprendizado cooperativo uma das práticas educacionais mais notáveis” [JOHNSON, 1999, 2000].

VI.3. Queen Mary - Universidade de Londres - Reino Unido

O Departamento de Materiais da Escola de Engenharia e Ciência dos Materiais da Queen Mary Universidade de Londres (QMUL) foi selecionado como o mais interessante dos sete casos descritos no Relatório Branco *UK Approaches to Engineering Project-Based Learning* que relata a experiência de treze universidades inglesas, além de três instituições na Austrália, onde a aplicação desta pedagogia teve maior destaque e sucesso na última década. Este departamento desenvolveu nos últimos treze anos uma espinha dorsal em PBL ao longo do currículo dos dois primeiros anos do curso que responde por um quarto dos créditos do curso. O projeto PBL envolve seis casos de estudo - atualizados e modificados a cada ano - atrelados aos módulos paralelos de aulas expositivas que trazem o conhecimento teórico de suporte.

O caso selecionado - Materiais em Ciência Forense - constitui um dos seis casos que compõem o trabalho em PBL do primeiro semestre do curso do Departamento de Materiais e se mostrou fortemente estimulante para os alunos por motivar a avaliação e o conhecimento detalhados de técnicas experimentais em engenharia, por propiciar a apresentação de ideias, por vezes complexas, da engenharia para profissionais não engenheiros, e por ser um exemplo simples e divertido do currículo de engenharia que pode encorajar professores mais relutantes à abordagem do PBL. Neste caso (Materiais em Ciência Forense), um projeto em grupo com duração de três semanas ao final do primeiro ano busca encorajar o conhecimento detalhado de importantes técnicas experimentais em engenharia, como alternativa aos experimentos tradicionais em laboratório. Durante este trabalho o grupo se reúne diariamente para sessões dirigidas, programadas pelo líder e quatro assistentes do projeto, e tem acesso a quatro laboratórios para testes experimentais.

O trabalho se inicia com os alunos confrontados com uma “cena do crime” sobre a qual eles devem testemunhar com base nas evidências coletadas. Em uma área livre do departamento, uma cena é montada com traços de evidências como fragmentos de vidro, fibras de tecido e outros. Cada grupo é convidado a investigar dois itens das evidências, uma como peça da defesa e outra da acusação. Um plano é estabelecido para a retirada segura das provas do local, para o teste das amostras, análise dos resultados e preparação do depoimento. Técnicas experimentais como Microscopia Eletrônica de Varredura e de Transmissão (SEM, TEM), Análise Térmica (DSC, TGA, DMA), Espectroscopia com Infravermelho (FTIR) e Raios-X por Dispersão de Energia (EDX) são estudadas e aplicadas nas amostras pelos alunos.

Ao final dos trabalhos um “tribunal” é montado para um julgamento final onde professores atuam como juiz, conselho da defesa, conselho da acusação e como o acusado. Os grupos submetem a evidência à “corte” por escrito, três dias antes do “julgamento”. Um aluno de cada grupo atua como “testemunha-perito” para apresentar as evidências na audiência. Em seguida à apresentação oral a testemunha-perito é inquirida tanto sobre as provas apresentadas como na sua credibilidade como especialista no campo. Este interrogatório visa testar a compreensão dos procedimentos experimentais assim como dos equipamentos e das técnicas específicas utilizadas pelo grupo.

O módulo da disciplina é de sessenta alunos divididos em cinco grupos, com um custo variável de £500 por ano (assumindo não haver inclusão de equipamentos adicionais no projeto). Inicialmente houve suporte da Polícia Metropolitana de Londres. É, portanto, uma prática de

custo bastante reduzido, simples implantação e com relativa facilidade de renovação anual das “cenas do crime”, mas permite um aprendizado intenso: sobre o uso de técnicas e de instrumentos experimentais importantes; na habilidade para redação, apresentação e argumentação de temas técnicos; para aumentar o conhecimento anterior ou incorporar novos conhecimentos através do estudo de caso; sobre o trabalho em equipe e o gerenciamento e registro de reuniões. Além disso, comporta um rico processo de avaliação dos resultados e do desempenho de cada aluno participante, envolvendo o professor-tutor, o líder do módulo e os próprios membros dos grupos [GRAHAM, 2010].

VI.4. Franklin W. Olin College of Engineering - Estados Unidos

Um princípio fundamental da filosofia de trabalho da Universidade Olin de Engenharia é que o aprendizado ocorre através da imersão integral do aluno em atividades com aplicações da realidade externa à faculdade. Seus estudantes se envolvem desde o primeiro dia de aula em atividades práticas, e as soluções encontradas na sala de aula devem resolver problemas que comportam diversas soluções e diversos caminhos para sua solução, não apenas os propostos no livro-texto.

Esta abordagem resulta em um reforço de peso à capacitação técnica dos novos engenheiros graduados: a criação de profissionais com capacidade de inovar, inventar, empreender e se tornar líderes. Eles têm a oportunidade de aplicar estas habilidades - aprendidas nos três primeiros anos de estudo em Olin - no projeto de consultoria corporativa chamado *Senior Capstone Program in Engineering (SCOPE)*. O SCOPE é um sistema singular de colaboração universidade-empresa, que culmina a experiência de educação dos estudantes de Olin. Ao longo de um ano completo na academia, alunos em final de curso trabalham em grupos multidisciplinares para produzir soluções inovadoras para problemas encontrados nas empresas [OLIN COLLEGE, 2013].

O Olin College tem conduzido projetos SCOPE para muitas organizações americanas, incluindo companhias relacionadas entre as quinhentas maiores corporações do país, laboratórios governamentais de pesquisa, empresas de desenvolvimento de produtos, pequenos negócios ou grupos a procura de oportunidades comerciais dentro de cenários de grande incerteza para implantar um possível negócio (*startups*). As equipes do programa SCOPE têm trabalhado com grandes companhias dos setores público e privado em uma variada gama de áreas de conhecimento. Alguns exemplos de trabalhos realizados - onde os patrocinadores detêm direitos totais sobre a propriedade intelectual desenvolvida - incluem:

- a expansão do potencial de aplicação de redes de radar multifuncionais a partir da melhoria no seu desempenho;
- a criação de equipamentos para teste da tecnologia de queda micro-fluídica - manipulação e controle de fluidos na faixa de microlitros a picolitros em redes de canais de dezenas a centenas de micrômetros - para melhoria da precisão e redução de custos;

- desenvolvimento de algoritmos para a coordenação de vários veículos em conjuntos de naves de superfície e veículos aéreos não-tripulados;
- melhoria da resistência à migração em *stents* colocados no esôfago de pacientes, em esforços para o desenvolvimento de produtos em biomedicina.

CAPÍTULO VII. Experiências no Brasil com Ensino Ativo e o PBL

VII. Experiências no Brasil com Ensino Ativo e o PBL

Relatos de experiências envolvendo métodos pedagógicos inovadores de ensino nas engenharias, aplicados em apenas uma disciplina ou em cursos inteiros, através da prática do PLB ou de outros métodos de aprendizado ativo-colaborativo têm ocorrido com frequência cada vez maior nas edições da última década do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), patrocinado pela ABENGE, mesmo que seus autores nem sempre as reconheçam como estratégias de ensino-aprendizagem ativo.

No Brasil diversos cursos de engenharia passaram a aplicar o PBL em suas grades de ensino, como pôde ser também observado no encontro internacional *Project Approach in Engineering Education*, realizado na PUC-SP na sua edição do ano 2012, onde mais de 30 trabalhos de universidades de oito estados brasileiros foram apresentados [PAEE, 2012].

Instrutores de várias escolas de engenharia no Brasil submeteram no COBENGE 2011 sua contribuição para participar do debate com relatos de práticas e estratégias de ensino ativo, a maior parte delas envolvendo o Aprendizado com Base em Problemas ou o Aprendizado com Base em Projetos [VILLAS-BOAS, 2012]. Parte deste conjunto de experiências somadas a práticas recentes no país são descritas a seguir, combinando exemplos com razoável tempo de implantação e bom desempenho das atividades, projetos integrados com a comunidade ou com instituições parceiras e alunos com elevado grau de motivação.

VII.1. O Programa de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

O programa de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) tem seu foco em três atividades principais: trabalhos colaborativos dentro do Programa de Educação Tutorial (PET) - iniciado em 1991 - adicionais às disciplinas formais do currículo; trabalhos que integram os resultados das atividades dos grupos tutoriais com o aprendizado das disciplinas curriculares; e atividades associadas ao tema Eficiência Energética desenvolvidas no Laboratório de Eficiência Energética da UFJF (LEENER) por estudantes participantes do grupo de atividades de mobilidade acadêmica.

Um trabalho em linha com a aprendizagem ativa utilizando características do PjBL (*Project Based Learning*) foi desenvolvido por alunos do curso de engenharia da Faculdade de Engenharia da UFJF e do CEFET. O projeto, montado fora da grade curricular buscou, como descrevem Pinto e colaboradores [2012], criar um ambiente de aprendizagem onde os alunos pudessem trabalhar e reforçar competências comportamentais que integram o perfil profissional do engenheiro, quase sempre desconsideradas nos processos formais de ensino. Os graduandos foram assim apresentados ao problema 'como motivar e gerenciar alunos do ensino fundamental e médio para a execução de projetos envolvendo desenvolvimento sustentável e consumo eficiente de energia' [PINTO *et al.*, 2012]. Em uma avaliação dos resultados obtidos os graduandos destacaram como principais objetivos alcançados o "senso de responsabilidade perante as tarefas", a "capacidade de realizar trabalho em equipe", o "aprimoramento da capacidade de comunicação", o "fortalecimento da autoconfiança" e o "aprimoramento da capacidade de avaliação do trabalho em equipe".

A utilização de estratégias adequadas de controle dos processos industriais constitui procedimento eficiente para aperfeiçoar a operação de uma planta industrial, sua produtividade, a eficiência da produção e a qualidade dos produtos. Neste sentido, o trabalho desenvolvido por **Queiroz e colaboradores [2010]** representa um ambiente de simulação baseado em técnicas de *'Hardware in the Loop Simulation – HILS'* e foi desenvolvido para utilização como uma ferramenta para educação em engenharia de controle, que pode ser utilizado tanto para simulações do 'chão de fábrica', com potencialidade para operar como nível supervisor, assim como para análise de procedimentos de segurança e técnicas de otimização. O ambiente, baseado na linguagem Java e no compilador Eclipse, ferramentas FOSS (*Free and Open-Source Software*), não tem restrições para sua utilização. O sistema reproduz uma planta real pertencente ao Laboratório de Processos Industriais da Faculdade de Engenharia da UFJF. Incorporando as não-linearidades e complexidades da planta real, e operando com as mesmas constantes de tempo, o HILS, baseado em FOSS, permite maior disseminação das práticas laboratoriais para educação em controle, otimização e supervisão de processos **[QUEIROZ et al., 2010]**.

Um grande número de projetos já foi conduzido por esse programa dentro da abordagem da aprendizagem colaborativa, via atividades delegadas à responsabilidade dos alunos participantes, a partir de premissas e bases acordadas previamente, e sob a orientação do professor-tutor responsável.

VII.2. O Curso de Engenharia Biomédica da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP)

O curso de Engenharia Biomédica da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) foi estruturado integralmente em torno de cinco Eixos Temáticos, trabalhados progressivamente de forma complementar e integrada ao longo dos cinco anos do curso: Imagens Médicas; Engenharia Clínica e Gestão em Saúde; Eletrônica Médica; Informática em Saúde e Biomecânica e Engenharia de Reabilitação. Cada um desses eixos corresponde a objetivos específicos que guardam relação com diferentes conceitos e graus de profundidade voltados à Área da Saúde. Assim, o foco no 1º ano é a Introdução e Aplicações Básicas da Tecnologia, no 2º ano são as Aplicações Correntes mais Específicas da Tecnologia, no 3º ano as Aplicações com Foco em Desenvolvimento de Tecnologia, no 4º ano o Estado da Arte da Tecnologia, e no 5º ano a Pesquisa de Tecnologia na Área da Saúde e sua Aplicação na Prática Clínica Diária.

O curso utiliza a estratégia do PBL e os conteúdos que compõem sua grade curricular fazem com que a aprendizagem nas diversas áreas ocorra de forma integrada, com pequenos grupos de estudantes envolvidos na discussão e resolução de problemas, que constituem os elementos centrais de um currículo PBL. Os problemas, por sua vez, são construídos de forma a contemplar temas e conteúdos diversos, devendo privilegiar os aspectos técnicos, éticos e humanísticos, abordando as situações mais importantes, de maior prevalência e com maior potencialidade de intervenção.

Pontos positivos a destacar são: a abordagem dos temas de um modo agradável e descontraído; uma elevada interação dos alunos nos grupos de trabalho; intenso envolvimento deles no tratamento de problemas complexos; e o forte interesse dos alunos na pesquisa para

aquisição de habilidades para a solução dos problemas propostos. Dentre os pontos a serem repensados para produzir ajustes na organização do curso e para melhor cumprir os objetivos desejados na formação, estão: um bom diagnóstico do conhecimento prévio dos alunos em ciências básicas e em matemática; melhor interação entre os professores nos grupos de trabalho; preparação antecipada dos alunos para entender a nova metodologia; planejamento das aulas de exercícios e laboratórios; e melhoria no processo de avaliação dos resultados.

Uma importante premissa no processo de repensar as ações que norteiam o curso é a necessidade de manter uma permanente interação com a realidade profissional, um grande foco do curso. Neste sentido foi estabelecido um convênio entre a PUC-SP e a Confederação Nacional da Indústria (CNI) visando a intermediação dos estágios dos alunos nas empresas associadas ao longo do curso. Mais do que estagiários, o convênio busca fazer com que os estudantes possam atuar como agentes de inovação, propondo medidas e soluções para sanar dificuldades ou introduzir melhorias em processos, produtos e sistemas de gestão, ao mesmo tempo em que as empresas passam a trazer seus problemas para serem trabalhados no ambiente da graduação na universidade. Outro objetivo é abrir espaço para a interação universidade-indústria, através da qual engenheiros e outros profissionais da empresa discutem com o corpo docente problemas concretos do cotidiano empresarial [MANRIQUE *et al.*, 2010].

VII.3. O Curso de Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul (UCS)

A experiência do Curso de Engenharia Química da Universidade de Caxias do Sul (UCS) envolve a aplicação de uma estratégia para aprendizagem ativa e significativa para avaliação e intervenção em problemas de corrosão em estruturas metálicas utilizadas em processos industriais e integra o programa UCS-Promopetro: Novos Desafios para o Engenheiro do Futuro (PETROFUT). Professores de matemática participantes do projeto se engajaram na experiência do PBL conduzida pelo professor de Química do 2º semestre do curso de Engenharia Química da UCS para o estudo do fenômeno da corrosão. Assim, professores de diferentes áreas de conhecimento se envolveram em seminários e atividades de estudo para o planejamento e configuração de *workshops* interdisciplinares, integrando suas experiências, condição básica para um bom resultado da interdisciplinaridade.

A partir de diversas fontes de informação, como fotos, relatos e publicações, o problema da corrosão e seus impactos físicos, de segurança e econômicos para a sociedade foram estudados. A discussão sobre a corrosão galvânica ou microbiológica em materiais, equipamentos e estruturas levou à formação de grupos para avaliar as questões de maior interesse envolvendo materiais, o fenômeno em si, o meio ambiente e as consequências sociais. A partir daí a turma de alunos elegeu um problema para pesquisa e se dividiu em dois grupos de trabalho.

A simples análise inicial dos dados para entendimento e exploração dos problemas levantados, suas causas e efeitos já trouxe benefícios para o envolvimento e entusiasmo dos alunos. Observou-se assim uma boa aceitação das tarefas por parte deles, da organização, da pesquisa em artigos técnicos e na literatura, entrevista com colegas e professores. Atuando e interagindo de forma cognitiva, os alunos estabeleceram correlações entre o objeto do

aprendizado em Química com situações ou questões específicas de outras disciplinas. A utilização de um caso complexo retirado de um contexto mobilizador pelo próprio grupo permitiu conectá-lo à realidade dos alunos, aumentou seu interesse nos estudos, e favoreceu sua iniciativa, motivação e comprometimento durante as aulas de Química [SAUER *et al.*, 2012].

VII.4. O Curso de Engenharia da Computação da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

O curso de Engenharia da Computação da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), com início de funcionamento em 2003, adotou dentre seus eixos pedagógicos principais a integração das disciplinas do currículo, buscando agrupar, em um mesmo período letivo, componentes curriculares com conteúdos relacionados. Desta forma, trabalhos, desafios e oportunidades de aprendizado passaram a ser compartilhados entre diferentes grupos de alunos trazendo maior sinergia ao processo de ensino-aprendizagem [ANGELO e BERTONI, 2011].

Dentre os principais elementos de integração, merecem destaque os componentes curriculares denominados Estudos Integrados [EI], em número de oito, distribuídos ao longo de cada semestre: Introdução ao *Hardware*; Sistemas Digitais; Circuitos Eletrônicos; Programação; Concorrência e Conectividade; Engenharia de *Software*; Sinais e Sistemas Digitais e Analógicos; e Linguagens de Programação. Os professores dos demais componentes do currículo não inseridos nos EI têm a opção de seguir ou não a metodologia PBL.

Uma abordagem bastante útil adotada pelo curso de Engenharia da Computação para incluir aspectos humanísticos e complementares à formação dos alunos e minimizar as dificuldades na familiarização com uma nova estratégia de ensino como o PBL foi a criação da Semana de Integração do Curso de Engenharia da Computação (SIECOMP), que se realiza anualmente desde 2006 ao longo do primeiro semestre do curso, com a seguinte programação: palestras sobre a história do curso, a engenharia da computação, o campo de trabalho e as atividades na profissão; mesas redondas com empresários do Núcleo Setorial de Informática e com representantes de institutos de engenheiros eletricitistas e eletrônicos, e da computação; apresentações sobre empreendedorismo, empresas juniores e incubadoras. Em especial, são realizadas uma mesa redonda sobre os desafios e possibilidades do PBL e uma oficina com quatro dias de duração para uma vivência sobre a metodologia do ciclo PBL, que é encerrada com a apresentação do trabalho-pesquisa realizado pelos grupos de alunos recém-ingressos no curso [LUZ *et al.*, 2010].

De acordo com LUZ *et al.* [2010], foi possível constatar que o método PBL pode ser aplicado a um curso de Engenharia de Computação, tornando mais eficiente o ensino e a aprendizagem, e levando os alunos a adquirir habilidades e atitudes não apreendidas no método convencional de ensino. Ressaltam os autores que o bom funcionamento do método PBL está diretamente relacionado com o preparo e comprometimento dos professores (capacidade de elaborar problemas ligados ao mundo real, reuniões periódicas entre os tutores e professores para discussão da evolução dos alunos) e dos próprios alunos (comprometimento para aprender fora da sala de aula e para trabalhar em equipe).

VII.5. O Curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília (UnB)

O curso de Engenharia de Produção da Universidade de Brasília (UnB), cujo programa teve início em 2009, está fundamentado na Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL) e trabalha na implantação gradual de sete Projetos de Sistemas de Produção (PSP1 a PSP7), visando atender à necessidade do profissional de engenharia reunir às competências técnicas, competências transversais como comunicação, trabalho em equipe e gestão de projetos, identificação e solução de problemas. A disciplina PSP1 é a base para implementação dos PSPs no fluxo do curso e constitui sua âncora metodológica, com conteúdo em metodologia de projeto e sustentabilidade para suprir as necessidades do trabalho em equipe.

A UnB adotou como referência o Projeto de Graduação (*Graduation Project*) do Curso de Graduação em Engenharia Industrial da University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC) e os cursos de graduação do Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho, Portugal. Na proposta pedagógica da UnB o conjunto de Projetos P1 a P7, e respectivos Projetos de Sistemas de Produção (PSPs), constituem uma interligação do núcleo conceitual com o Projeto de Graduação, sempre buscando soluções para problemas reais em temas da atualidade, obtidos indiretamente de um agente externo à universidade via acesso a bases de dados de entidades públicas e privadas.

Os temas dos projetos associados às disciplinas PSP1 a PSP7 são definidos em cada semestre. A disciplina PSP4 consolida todos os aspectos de engenharia de produção estudados até um dado semestre e inclui estudos preliminares para a implantação de empreendimentos sustentáveis. As disciplinas PSP5 a PSP7, que têm Engenharia Econômica e Pesquisa Operacional em Engenharia I como pré-requisitos, incorporam ao escopo dos projetos estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental, visando à implantação sustentável de empreendimentos associados aos resultados dos projetos.

A nova abordagem propicia condições para uma participação ativa na aquisição do conhecimento, onde os alunos têm autonomia para gerir sua própria aprendizagem e seu desenvolvimento pessoal e profissional, tornando-os diferenciados dos demais engenheiros. Pesquisas são feitas periodicamente para relatar e avaliar os resultados entre a expectativa dos alunos no início e ao término do semestre, informação importante para reorientar o planejamento das disciplinas nos semestres subsequentes [OLIVEIRA *et al.*, 2011].

VII.6. O Curso de Engenharia de Sistemas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

O curso de Engenharia de Sistemas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) foi criado em 2009 e iniciou as atividades em março de 2010. Sua estrutura e projeto pedagógico foram construídos a partir de um percurso técnico-científico e um percurso complementar de humanidades. Desde os primeiros semestres acontecem disciplinas de formação profissional geral e introdutória do curso - "Introdução à Engenharia de Sistemas" - que buscam relacionar o conhecimento científico que está sendo adquirido com aplicações reais de engenharia.

Os três blocos que compõem o percurso técnico-científico são complementados por três blocos do percurso de humanidades, onde se destacam as atividades “Contato com a Sociedade” onde se incluem internatos, assessoria a órgãos públicos, atividades junto à rede pública de ensino ou de campo, e junto a projetos de extensão de cunho social. Há ainda a possibilidade de desenvolvimento de atividades junto ao Curso de Preparação de Mão de Obra Industrial (CIPMOI), curso de extensão criado pelos alunos da Escola de Engenharia da UFMG há cinquenta anos para capacitar operários das indústrias elétrica e mecânica e da área da construção civil.

Os Laboratórios de Projetos e o Laboratório Multidisciplinar têm papel fundamental na graduação de Engenharia de Sistemas. Os Laboratórios de Projetos ocorrem em todos os semestres do quinto ao nono período. Neles, os alunos atuam em grupos para desenvolver atividades de síntese de conhecimentos, sob a supervisão de docentes e monitores de pós-graduação. As atividades são orientadas para o desenvolvimento de projetos, integrando os conteúdos apresentados em disciplinas anteriores e trabalhando especificamente as habilidades ligadas à especificação, projeto, validação, testes e análise de sistemas. Os professores percebem que os Laboratórios de Projetos, ao incentivarem os alunos a lidar com situações desconhecidas - geradoras inclusive de incertezas, frustrações e tensões - exigem deles julgamento e tomada de decisão para determinar soluções para os problemas, viabilizando a conquista de habilidades e saberes de uso profissional e pessoal para toda a vida.

Esses laboratórios são também um espaço de integração do percurso técnico-científico e de humanidades do curso. Questões que envolvem o “fazer da engenharia”, as relações entre “ciência e tecnologia”, entre “ciência, tecnologia e sociedade”, “ética, política, ciência e tecnologia” permeiam os trabalhos nos Laboratórios de Projetos. No Laboratório Multidisciplinar o aluno tem oportunidade de conceber e executar, em todas as suas etapas, um projeto multi-física. O Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é desenvolvido em duas disciplinas e tem um caráter de projeto aplicado na resolução de problemas efetivamente vivenciados na engenharia. O TCC deve comportar todas as etapas necessárias para a resolução de problemas reais, com ênfase na aplicação prática dos conhecimentos de engenharia e acompanhado da uma etapa para avaliação e validação dos resultados obtidos [NETO, 2011].

VII.7. O Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

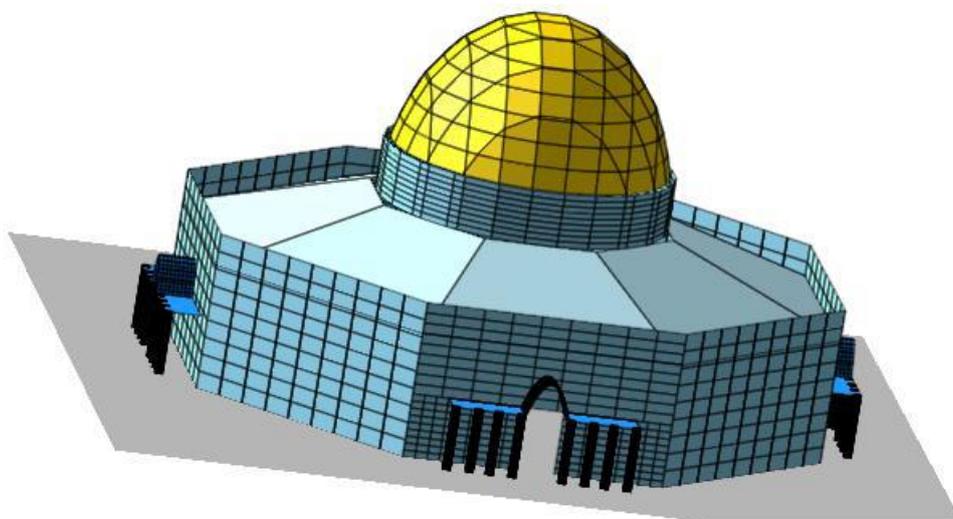
O curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *campus* de Campo Mourão, implantou uma metodologia criativa para inovar seus métodos de ensino: modelar grandes obras da construção civil através dos conhecimentos adquiridos nas disciplinas de Geometria Analítica e Álgebra Linear, já durante o primeiro período do curso de engenharia civil, com auxílio do *software* matemático Maple. O objetivo e a motivação da iniciativa foram permitir aos alunos ingressos no curso experimentar aplicações reais na construção civil dos conteúdos aprendidos nas disciplinas, com a finalidade de estimular a aprendizagem logo no início do curso, em especial devido ao fato das disciplinas que

trabalham com aplicações diretas na construção civil serem estudadas apenas em meados do curso.

O santuário islâmico “O Domo da Rocha”, uma das obras selecionadas para modelagem e projeto, teve a escolha motivada pelas superfícies quádricas presentes nessa construção, tópico de estudo da disciplina de Geometria Analítica, onde grande parte dos estudantes apresenta dificuldades de entendimento devido à interpretação e à representação tridimensional. O Domo da Rocha - um dos sítios mais sagrados do Islã, construído no século VII, é uma das grandes obras da arquitetura islâmica - foi declarado Patrimônio da Humanidade pela UNESCO e é hoje parte integrante do centro histórico de Jerusalém. A partir de dados da literatura, de informações disponíveis em páginas eletrônicas e com o auxílio de fotos, foram definidas as dimensões reais das principais superfícies externas da construção - cúpula elipsoide e cilíndrica, paredes planas, pilares exteriores cilíndricos, coberturas cilíndrico-parabólicas e polígonos-trapézio no telhado.

Assim como superfícies quádricas, o estudo incluiu vetores, retas e planos, conteúdos indispensáveis da Geometria Analítica. Além de fundamentar o aprendizado, o trabalho instigou os grupos de alunos a aprofundar seus conhecimentos em outras disciplinas que viessem a contribuir para uma melhor representação da obra, por exemplo, a disciplina de cálculo. O Maple é um *software* de computação matemática bastante potente desenvolvido pela Universidade de Waterloo, Canadá, e pelo Instituto Federal de Tecnologia de Zurique (ETH), Suíça, onde a exploração de cálculos numéricos, simbólicos, gráficos e programação pode ser realizada. Ele foi projetado para apresentar resultados na forma mais exata possível, sob a ótica matemática, e devido à sua versatilidade o Maple tem sido utilizado em diferentes áreas, tanto com intuítos técnicos quanto educacionais, em diversas disciplinas e áreas do conhecimento. A **Figura 9** mostra o resultado da modelagem realizada pelos alunos do curso.

Figura 9. O Domo da Rocha - modelagem em Maple pela Engenharia Civil da UTFPR



Fonte: **SILVA e SANTOS [2013]**.

De acordo com **SILVA e SANTOS [2013]**, foi perceptível o grande envolvimento e motivação dos alunos na utilização dos conceitos teóricos da disciplina para modelar uma grande obra da construção civil. Os alunos se sentiam desafiados em obter a representação precisa da obra através das equações algébricas. O *software* possibilitava a conferência imediata do acerto ou erro, e isso tornou o estudo mais agradável e recompensador. Cada equação correta gerava uma figura exata, o que compensava o estudo algébrico da figura: a utilização de uma superfície real no cotidiano do aluno estimulou o interesse e a iniciativa dos alunos envolvidos nas atividades. Em depoimentos e na apresentação do resultado dos trabalhos, os alunos observaram que tais iniciativas deveriam ser levadas a outras disciplinas do curso em função da aprendizagem se tornar mais interessante e estimulante do que a habitual resolução de listas de exercícios, ao perceberem em detalhe e profundidade todo o tratamento matemático desenvolvido na obtenção de um resultado concreto, criação do próprio grupo [**SILVA e SANTOS, 2013**].

VII.8. A Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade Estadual de São Paulo (USP)

Em outra experiência no Brasil, a avaliação dos resultados com o PBL nos cursos de engenharia civil, engenharia de produção e engenharia de computação - disciplina Teorias da Administração - no período de 2002 a 2008 na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade Estadual de São Paulo (USP) levou a constatações favoráveis: 90% dos alunos afirmaram ser o PBL positivo para a aprendizagem; na percepção do professor o método PBL se mostrou uma alternativa muito boa para o ensino-aprendizagem, mesmo podendo ter favorecido a amplitude em detrimento da profundidade do conhecimento, no formato adotado [**ESCRIVÃO FILHO e RIBEIRO, 2009**]. Admitindo não ser o PBL a única solução para todas as dificuldades encontradas no processo de ensino-aprendizagem, os autores da EESC concluíram que o PBL parece ser vantajoso, mesmo em aplicações parciais, quando comparado às abordagens instrucionais expositivas da educação tradicional, e contribui bastante para aumentar a satisfação docente com as atividades de ensino e estimular seu aperfeiçoamento profissional.

CAPÍTULO VIII. A EPUFBA e as Empresas da Região Metropolitana de Salvador (RMS): uma Oportunidade para a Aplicação do PBL?

VIII. A EPUFBA e as Empresas da Região Metropolitana de Salvador (RMS): uma Oportunidade para a Aplicação do PBL?

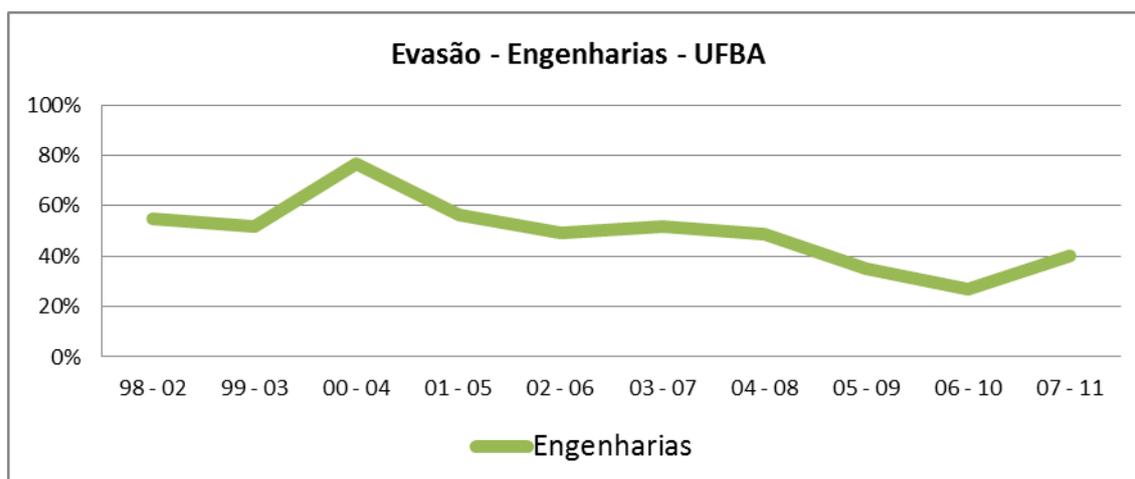
A região que inclui Salvador e municípios próximos conta com cinco universidades públicas (UFBA, UNEB, IFBA, UFRB e UEFS) e dezessete universidades ou faculdades privadas que oferecem 98 cursos de engenharia distribuídos em 17 áreas distintas de formação em engenharia, como apresentados no **Apêndice H**. Estes centros de ensino desenvolvem suas atividades dentro da área de influência do Pólo Industrial de Camaçari, localizado a 55 km da capital do estado da Bahia, que conta com uma elevada concentração de empresas instaladas há mais de 35 anos naquela região. Um conjunto de mais de 65 fábricas atua ali em importantes áreas de interesse para a economia do estado e do país como os setores automobilístico, químico e petroquímico, de energia e gás, metal-mecânico, de metalurgia do cobre, de fabricação de pneus, de gases industriais, de fertilizantes, de papel e celulose, de fibras sintéticas e de bebidas [COFIC, 2013].

Em torno destas empresas produtoras, associadas ao Comitê de Fomento industrial de Camaçari (COFIC), gravitam dezenas de pequenas, médias e grandes empresas prestadoras dos mais diversos serviços de apoio como: tratamento de efluentes líquidos, sólidos e águas subterrâneas; monitoramento da qualidade do ar e de águas subterrâneas e proteção ambiental; limpeza e serviços gerais; manutenção eletromecânica de equipamentos industriais; transporte via diversos modais de produtos perigosos; projetos de engenharia básica e de detalhamento para modificações de plantas existentes ou instalação de novas unidades industriais, dentre outros ramos de atividades.

As empresas que atuam em Camaçari constituem, portanto, um campo de trabalho propício para estimular a formação de novos engenheiros qualificados na região, assim como representa um mercado potencialmente atrativo para os novos profissionais de engenharia formados na região metropolitana de Salvador e municípios próximos, como de resto nos demais estados do país.

Contudo, esta elevada concentração de oportunidades de trabalho em campos tão diversos na área das engenharias não tem se mostrado suficiente para alterar os indicadores de evasão de alunos dos cursos de engenharia da Escola Politécnica da UFBA, instituição com os mais antigos, tradicionais e concorridos cursos de engenharia dentre as universidades de Salvador, tendo por esse motivo representado o estado da Bahia no levantamento aqui feito sobre a evasão no país. A EPUFBA conta com onze cursos de engenharia no *campus* de Salvador e abrigou 4.282 alunos ativos matriculados em 2013.2.

A taxa média de evasão na EPUFBA nos últimos dez anos, considerando-se os cursos de engenharia química, civil, mecânica, de minas, elétrica, sanitária e ambiental se situou em torno de 50%, como mostrado na **Figura 10**. Ou seja, na mesma faixa média identificada para o conjunto dos 18 cursos investigados nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul do país como mostrado anteriormente.

Figura 10. Evasão nas Engenharias - Escola Politécnica da UFBA - 2002/2011

Fonte: INEP [2013]. Elaboração pelo autor.

VIII.1. Pesquisa I: Os Cursos de Engenharia da EPUFBA e o PBL

A partir das experiências aqui descritas sobre as vantagens e os bons resultados obtidos em cursos do exterior e em cursos e disciplinas nas engenharias do Brasil que praticam o aprendizado ativo - em especial a pedagogia Aprendizado com Base em Problemas, e levando em consideração os benefícios que estas práticas podem trazer aos alunos e aos cursos de engenharia, uma pesquisa foi realizada pelo autor junto aos professores da EPUFBA. A finalidade foi identificar o grau de conhecimento dos professores sobre a prática do PBL, seu envolvimento com atividades e eventos que tratam desta metodologia, sua expectativa quanto às condições para implantação do PBL na EPUFBA e sua percepção quanto à qualidade do relacionamento universidade-empresa, fator importante para o sucesso do PBL.

Carta encaminhando um questionário em anexo foi enviada aos professores dos cursos de engenharia da instituição em janeiro/2013 através da diretoria da Escola Politécnica, ambos mostrados no **Apêndice C**. As cartas foram remetidas por *e-mail* a 160 professores dos cursos de engenharia da instituição, tendo sido recebidas 14 respostas aos questionários. O objetivo declarado na consulta era “avaliar o conhecimento a respeito da metodologia PBL - seu conteúdo, aplicações e sua correlação com instituições e empresas da região - por parte dos professores dos cursos de engenharia da EPUFBA”, como parte de uma pesquisa voltada à elaboração de um diagnóstico e à apresentação de proposições visando o desenvolvimento das engenharias no estado da Bahia. Uma breve descrição da origem, motivação, características e modo de funcionamento da metodologia PBL foi apresentada aos docentes nesta correspondência.

A primeira parte do questionário buscou conhecer o grau de familiaridade dos professores com a metodologia PBL. Em seguida, também com cinco perguntas para cada fator identificado, buscou-se obter uma avaliação qualitativa dos professores sobre suas expectativas quanto ao impacto (pequeno, médio ou grande) dos fatores descritos com

relação aos seguintes aspectos, ao se considerar uma possível introdução da metodologia Aprendizagem com Base em Problemas nos programas pedagógicos da EPUFBA:

- No papel e na condição de trabalho dos professores nos departamentos;
- Na organização e estrutura da instituição EPUFBA; e
- Na interação empresa-cursos de engenharia da EPUFBA.

VIII.1.1. Primeira Parte

A avaliação das questões sobre o envolvimento com o PBL apontou que a maior parte dos professores desconhece a metodologia, assim como não participou de eventos como congressos, seminários, mesas-redondas ou debates que tratassem deste assunto, mas a grande maioria considerou válida e positiva uma possível experiência com o método PBL na instituição. Da mesma forma, praticamente não houve, até a data da pesquisa, participação dos professores em discussões sobre o PBL e sua aplicação, assim como participação em reuniões, encontros e projetos, seja internamente na UFBA ou em outras universidades no Brasil ou no exterior. A constatação é, portanto, não haver uma relação ativa do corpo docente da EPUFBA com a pedagogia PBL.

Com o objetivo de melhor qualificar as respostas recebidas e transmitir a percepção nas próprias palavras dos professores sobre a metodologia PBL e sua relação com a Escola Politécnica da UFBA, os comentários encaminhados junto às respostas recebidas são transcritos a seguir:

1. Você conhece a metodologia de ensino conhecida por Aprendizado com Base em Problemas [em inglês PBL – *Problem Based Learning*] aplicada no ensino das engenharias?

“Apenas já ouvi breves comentários a respeito”;

“Considero indispensável sua futura implantação em todos os cursos de Engenharia”;

“Na Alemanha, já se aplica PBL, antes mesmo de sua atual conceituação”;

“Sim, mas desconheço a aplicação dela na UFBA”;

“Superficialmente há bastante tempo. Com um pouco mais de detalhe, recentemente”;

“Embora conheça exclusivamente as linhas gerais dessa metodologia, sei que a mesma está se expandindo rapidamente em vários países, mas no Brasil há uma forte resistência por parte do MEC e dos Conselhos Regionais, que insistem numa carga horária excessiva com aula presencial (modelo tradicional)”.

2. Você já esteve presente ou participou de eventos – congressos, seminários, mesas-redondas, debates - sobre o tema Aprendizado com Base Problemas, no Brasil ou no exterior?

“Formalmente, nunca. Já participei de debates e conversas informais”.

3. Você acredita ser esta uma experiência válida e positiva a ser experimentada na EP-UFBA?

“Depende da disciplina. O estudo de casos é interessante, mas, em minha opinião, seria aproveitada de maneira efetiva mediante certo conhecimento básico do tema”;

“No meu caso tenho que conhecer mais sobre o assunto”;

“Acredito com certeza que sim. Entretanto, a UFBA, através de seus órgãos superiores precisa querer e apoiar esta proposta de forma clara, concreta e explícita”;

“Acredito que a metodologia PBL pode ser testada na EP-UFBA. No entanto, pelo pouco que conheço e dos comentários que leio, creio que essa metodologia é indicada para disciplinas e/ou laboratórios próximos ao final do curso e não para disciplinas com alto grau de formação teórica”;

“Acho que devemos implementar o mais breve possível”;

“O curso de graduação em engenharia de controle e automação lançou uma ideia que, ao ler este questionário, reconheço ser algo similar. Entretanto, não tinha entendido como se daria a concepção da ideia do projeto e as disciplinas de acompanhamento. Vou repassar este questionário para a coordenadora profa. Karla Esquerre, para que tome conhecimento e para que se inicie uma discussão no tema a fim de implementá-lo ao curso”;

“Li apenas sobre esta metodologia neste questionário, mas a proposta parece ser válida. Sugiro que seja apresentada para o corpo docente e discutida antes de testada”;

“Pode ser aplicada inicialmente em algumas aulas, visando uma avaliação. Um interessante canal seria buscar acoplar (se possível) vinculações com as diversas empresas jrs. que existem na EP”;

“Vislumbro dificuldades em sua implantação. Mas, se as condições objetivas forem estabelecidas, acho que pode ser uma experiência muito válida e, acredito, positiva”;

“Os relatos que ouvi são positivos porem não tenho experiência pratica do assunto”;

“Essa é uma alternativa promissora, capaz de elevar a qualidade dos profissionais formados na EP-UFBA”.

4. Você já participou ou participa, juntamente com professores da Escola Politécnica, de estudo ou avaliação sobre a oportunidade ou condição de aplicação do método PBL em cursos de engenharia na EP-UFBA?

“Mas tenho interesse e desenvolvo iniciativas semelhantes, por exemplo, muitos dos trabalhos de conclusão de curso de graduação em engenharia que oriento se baseiam em estudo de casos industriais enviados por empresas parceiras; também participei de um grupo de trabalho para implantação da residência industrial (RI), iniciativa que vai ao encontro da PBL, porém para alunos em especialização, mas vejo que o modelo da RI poderia ser aplicado aos alunos de graduação”.

5. Você já se envolveu com atividades/projetos a partir do Aprendizado com Base em Problemas desenvolvidos em cursos de engenharia da EP-UFBA, de outras universidades do Brasil ou em universidades do exterior?

“Na Alemanha: RWTH Aachen (Aachen University of Technology) (4 anos); na China: University of Science and Technology Beijing (1 mês)”.

Ao conjunto das questões levantadas:

“As dificuldades ou obstáculos para a participação da EP-UFBA ou dos professores da EP-UFBA ou adaptação dos currículos dos cursos podem ser superadas, demoraria 1 a 2 anos, mas com os incentivos adequados, em termos de atribuição de HH serão resolvidos. Contudo vejo o interesse das grandes empresas muito aquém dessa proposta, então sugiro que o foco deveria ser as pequenas e micro empresas, que não tem ou tem pouco apoio técnico para enfrentar seus problemas. Nesse semestre, conjuntamente com o prof. (nome 1), e os professores da disciplina INTRODUÇÃO A ENGENHARIA QUÍMICA, profa. (nome 2) e professor (nome 3), estamos desenvolvendo um trabalho com 45 alunos dessa disciplina no qual, em equipe de 5 alunos, eles irão fazer uma avaliação do uso racional (ou não) dos recursos naturais (água, energia e insumos) em 4 restaurantes de Salvador, e propor soluções sustentáveis do ponto de vista econômico e ambiental; essa iniciativa (não) oficial vai na direção do PBL, contudo é uma iniciativa que depende da boa vontade dos professores envolvidos”.

VIII.1.2. Segunda Parte

As quinze perguntas complementares que abordaram aspectos sobre o professor, a instituição e a relação academia-empresa mostraram que:

1. A condição de trabalho do professor: houve uma percepção de **médio a elevado impacto** nas respostas quanto aos aspectos pouca disponibilidade de tempo para conhecer e se capacitar no PBL (100%); à limitada motivação na EPUFBA para iniciar modificações da natureza e dimensão do PBL (93%); a uma baixa motivação dos

professores para alterar práticas de ensino (93%); e ao pouco tempo disponível para atuar como tutor PBL (78%). Por outro lado, houve uma percepção de **baixo para médio impacto** quanto a dificuldades para adaptação das grades curriculares para incorporação do PBL.

Pode-se concluir que, dentre os aspectos que envolvem movimentos individuais, há expectativa de um razoável esforço pessoal para conhecer e aplicar uma nova prática de ensino, mas haveria dificuldades menores para incluir o PBL no currículo dos cursos.

2. A organização e estrutura da instituição: houve uma percepção de **médio a elevado impacto** quanto à avaliação dos docentes ser fortemente voltada para resultados em pós-graduação e artigos para publicação (71%); ao baixo reconhecimento na organização do esforço para implantar o PBL (71%); e às dificuldades dos departamentos dirigirem um novo foco para conteúdos e projetos multidisciplinares (86%). Mas foi detectada uma noção de **baixo a médio impacto** quanto à inadequação do projeto pedagógico da instituição para absorver a nova metodologia (78%) e sobre a organização e estrutura da EPUFBA não serem compatíveis com a prática do PBL (78%).

Nos aspectos que incluem o ambiente e abertura para mudanças na EPUFBA foi possível identificar tanto o reconhecimento de questões não tão críticas, como as duas últimas (projeto pedagógico da instituição; e organização e estrutura da EPUFBA), como aspectos provavelmente mais sérios como as três primeiras questões (resultados orientados a pós-graduação e artigos para publicação; baixo reconhecimento na organização do esforço para implantar o PBL; e dificuldades dos departamentos dirigirem o foco para projetos multidisciplinares), onde se inclui a própria orientação da CAPES voltada à avaliação do desempenho profissional como posturas, comportamentos e práticas docentes nos departamentos.

3. A cooperação empresas-cursos de engenharia: houve uma percepção de **médio para elevado impacto** quanto à pouca disposição e interesse das empresas em participar de projetos com a graduação (78%); e à dificuldade para os profissionais das empresas participarem de programas e palestras na EPUFBA (86%). Uma percepção de **baixo para médio impacto** quanto ao baixo interesse das empresas em contribuir com a formação dos novos engenheiros (71%); e ao baixo interesse dos professores em compartilhar projetos com as empresas (78%). E, finalmente, uma percepção razoavelmente equilibrada quanto ao aspecto do pouco tempo disponível pelos professores para interagirem com as empresas da região: **baixo** (43%), **médio** (29%) e **elevado** (29%) impacto devido à alocação de tempo neste relacionamento.

Nesta dimensão houve uma maior dispersão do que foi percebido pelos professores, mas se pode observar uma tendência a enxergar maiores dificuldades para o movimento das empresas na direção dos cursos de engenharia e menores dificuldades no movimento dos professores no sentido das empresas.

O **Apêndice D** apresenta graficamente todos os resultados obtidos nesta pesquisa.

VIII.2. Pesquisa II: As Empresas do Pólo de Camaçari e seu Relacionamento com os Cursos de Engenharia

As mesmas experiências mostradas sobre os bons resultados obtidos em cursos e disciplinas nas engenharias no Brasil que praticam o Aprendizado com Base em Problemas levaram o autor a conduzir uma pesquisa junto às empresas do Pólo Industrial de Camaçari associadas ao COFIC. A investigação foi motivada pela relevância do papel das empresas como campo de trabalho para engenheiros, mas principalmente pela importância que o relacionamento empresas-academia pode assumir em parcerias para o processo de formação em engenharia, em especial para o sucesso de programas focados no PBL, que têm como uma de suas principais sustentações estudos e projetos voltados à solução de problemas reais das empresas e demais instituições públicas e privadas que atuam no campo das engenharias.

Neste sentido, com apoio e intermediação do COFIC, a carta e o questionário mostrados no **Apêndice E** foram enviados em janeiro/2013 através de *e-mail* às 68 empresas ou unidades de negócio do Pólo Industrial de Camaçari relacionadas no **Apêndice F**. A carta enfatizou a necessidade de crescente formação de quadros de engenheiros com boa capacitação técnica e adequadas habilidades comportamentais, confirmada pelas empresas nacionais através de estudos produzidos pela CNI nos últimos anos e de diversos artigos publicados na mídia. Ela apontou ainda a ocorrência de uma taxa média anual de evasão de alunos das engenharias no país da ordem de 50%. Os dois fatos combinados tornam necessária uma investigação dos fatores que possam contribuir para a motivação, a permanência e a qualificação dos alunos nos cursos, e das características de ensino-aprendizagem que beneficiem o processo educacional e levem à graduação a maioria dos engenheiros que ingressam nas engenharias.

Dentre os fatores mencionados, a qualidade da relação universidade-empresa, de modo particular através da interação entre professores e alunos dos cursos de engenharia e os profissionais das empresas da região, foi colocada como fator de grande relevância para estimular a permanência no curso e enriquecer o aprendizado dos futuros profissionais.

A pesquisa buscou então identificar a natureza, a frequência e a intensidade de alguns aspectos da relação das equipes de engenharia da empresa com os cursos de engenharia das universidades baianas. Essa pesquisa convergiu também para reforçar os resultados de consulta recente conduzida pelo próprio COFIC junto às suas associadas, que teve por finalidade identificar fatores e programas a serem trabalhados pelas empresas, visando um relacionamento mais eficaz com a academia.

O universo de organizações selecionado envolveu as empresas do Pólo Industrial de Camaçari, a maior concentração de empresas com uma grande diversidade de áreas de atuação em uma mesma região existente no país.

Elas atuam em setores tão diversos como automobilístico, de fertilizantes, de papel e celulose, de defensivos agrícolas, de metalurgia do cobre, químico e petroquímico, de bebidas, de tratamento de efluentes, de geração de energia elétrica, de equipamentos para energia eólica, de monitoramento ambiental, de armazenamento e transporte de produtos químicos, de fabricação de tubulações em PVC [poli(cloreto de vinila)] e de pneus, e de produção de gases industriais, o que confere elevada representatividade do mercado local e do próprio país para

profissionais de praticamente todos os ramos das engenharias e do potencial interesse na sua formação.

Este conjunto de empresas apresentou em 2012 um faturamento global da ordem de U\$ 15 bilhões, contando com 15.000 empregados diretos e 30.000 empregados atuando em empresas contratadas, soma um investimento realizado total de U\$ 16 bilhões e um valor previsto de U\$ 6 bilhões até 2015, e representa 20% do PIB do estado da Bahia [COFIC, 2013].

Dos mais de 65 questionários enviados, apenas seis empresas, ou seja, menos do que 10% das organizações consultadas, enviaram resposta. As dezoito perguntas colocadas se distribuíram em três temas, que abrangem tópicos importantes no quadro do relacionamento academia-empresas, cujas respostas foram:

- No campo da contratação, qualificação de engenheiros:
 1. Os **engenheiros** nas várias formações contratados por sua empresa ou unidade de negócio nos últimos 05 anos se graduaram em cursos de engenharia de universidades baianas?
83% das empresas contrataram sempre ou frequentemente; 17 % às vezes contratam.
 2. Quantos **engenheiros** sua empresa ou unidade de negócio contratou em média, por ano, nos últimos 05 anos?
83% das empresas contrataram de 5 a 9, ou mais, engenheiros por ano; 17% 2 ou menos engenheiros por ano.
 3. Qual o percentual de engenheiros com **mestrado** dentre os engenheiros que atuam em sua empresa ou unidade de negócio?
50% das empresas têm até 5% do seu quadro com mestres e 50 % delas entre 6% e 10% com mestres.
 4. Qual o percentual de engenheiros com **doutorado** dentre os engenheiros que atuam em sua empresa ou unidade de negócio?
83% das empresas têm até 2% do seu quadro com doutores, 17% de 3% a 5% com doutores.
 5. Sua empresa ou unidade de negócio recebe anualmente **estagiários** de engenharia para cumprir períodos de 6 meses a 1 ano de atividades práticas na sua organização?
83% das empresas recebem sempre estagiários anualmente, 17% frequentemente.
 6. Sua empresa ou unidade de negócios recebe anualmente **trainees** de engenharia após a conclusão do curso para cumprir períodos de 1 a 2 anos de atividades na sua organização?
33% das empresas recebem *trainees* frequentemente, 33% às vezes recebem *trainees*, 17% raramente recebem e 17% nunca recebem engenheiros *trainees*.

7. A captação de **engenheiros-trainees** para sua empresa ou unidade de negócio é feita prioritariamente dentre os egressos dos cursos de engenharia de universidades da Bahia?
66% das empresas sempre ou frequentemente contratam engenheiros-*trainees* egressos de cursos de universidades baianas; 34% das empresas captam apenas às vezes ou raramente engenheiros *trainees* dessas universidades.
 8. O aproveitamento dos **engenheiros-trainees** para os quadros de profissionais da sua empresa ou unidade de negócio, durante ou após a conclusão do período de atividades no programa, ocorre com que frequência?
83% das empresas frequentemente contratam os engenheiros-*trainees* que desenvolveram trabalho em sua unidade, 17% das empresas só o fazem eventualmente.
 9. Quais engenheiros das categorias de **profissionais de engenharia** abaixo descritas têm sido mais requisitados em **contratações** por sua empresa ou unidade de negócio nos últimos cinco anos?
Dentre dezesseis especialidades de engenharia relacionadas, houve três contratações em cada uma das especialidades engenharia mecânica, de produção, elétrica, química e ambiental e uma contratação em cada uma das especialidades engenharia civil, mecatrônica e de controle.
 10. A **capacitação dos engenheiros** contratados nos últimos 5 anos por sua empresa ou unidade de negócio tem atendido às expectativas quanto ao conhecimento desejado e às habilidades requeridas por sua empresa ou unidade de negócio para um eficiente desempenho do trabalho?
20% das empresas se consideram integralmente atendidas, 60% têm frequentemente suas expectativas atendidas e 20% delas às vezes vêm atendidas suas expectativas quanto à capacitação dos engenheiros contratado.
- Quanto ao intercâmbio de conhecimento, de experiências e recursos entre profissionais da academia e das empresas:
 1. **Engenheiros experientes** da sua empresa ou unidade de negócio incluem no seu plano de trabalho a participação em palestras, seminários, cursos, mesas-redondas ou atividades correlatas junto aos **alunos dos cursos de engenharia** nas universidades baianas?
33% dos engenheiros frequentemente incluem em seu plano de ação anual participação em eventos nas universidades; 17% às vezes incluem e 50% raramente colocam este compromisso em seu planejamento anual.

2. **Professores dos cursos de engenharia** das universidades locais desenvolvem atividades como seminários, aulas, minicursos, consultorias ou eventos correlatos junto às **áreas de engenharia** da sua empresa ou unidade de negócio?
Em 67% das empresas professores raramente desenvolvem as atividades descritas nas empresas; em 33% das empresas, professores nunca desenvolvem estas atividades na empresa.
 3. Sua **empresa** ou unidade de negócio compartilha seus **laboratórios de pesquisa** com projetos e atividades experimentais envolvendo **alunos e professores** de cursos de engenharia?
67% das empresas nunca compartilharam seus laboratórios com atividades envolvendo alunos e professores de cursos de engenharia; 33% das empresas raramente o fizeram.
- Com foco na realização de projetos e trabalhos compartilhados entre a academia e as empresas:
1. Quantos **projetos** sua empresa ou unidade de negócio desenvolveu em média, por ano, nos últimos 05 anos em parceria **com escolas de engenharia** de universidades de Salvador ou RMS que envolvam **professores de engenharia**?
87% das empresas realizaram até dois projetos por ano, 17% das empresas realizaram de 3 a 5 projetos por ano.
 2. Quantos **projetos** sua empresa ou unidade de negócio desenvolveu em média, por ano, nos últimos 05 anos em parceria **com escolas de engenharia** de universidades de Salvador ou RMS que envolvam **conjuntamente professores de engenharia e alunos dos cursos de graduação**?
66,7% das empresas desenvolveram até 2 projetos, 33,3% desenvolveram de 3 a 5 projetos.
 3. Quantos **projetos** sua empresa ou unidade de negócio desenvolveu em média, por ano, nos últimos 05 anos em parceria com **escolas de engenharia** de universidades de Salvador ou RMS que envolvam **conjuntamente professores de engenharia e alunos dos cursos de pós-graduação**?
87% das empresas desenvolveram até 2 projetos; 17% das empresas desenvolveram 9 ou mais projetos.
 4. Os **projetos** desenvolvidos nos últimos 05 anos, em parceria com os **cursos de pós-graduação** em engenharia das universidades baianas, integram atividades conduzidas pelos respectivos **Grupos de Pesquisa do CNPq** dos quais participam os **professores-pesquisadores** dessas instituições (www.dgp.cnpq.br/buscaoperacional/)?
100% das empresas nunca desenvolveram projetos com cursos de pós-graduação e Grupos de Pesquisa do CNPq.

5. Os **projetos ou pesquisas** desenvolvidos por sua empresa ou unidade de negócio junto com os **cursos de engenharia** de universidades da Bahia são financiados/apoiados pela **FINEP, FAPESB, CNPq, CAPES** ou outra instituição de financiamento similar?
50% das empresas nunca desenvolveram projetos financiados por essas instituições junto às universidades; 50% das empresas não utilizam este tipo de financiamento.

Pode-se depreender, não obstante o retorno obtido ter sido inferior ao desejado, que se por um lado há razoável frequência na contratação de profissionais formados na Bahia e há concordância que sua capacitação frequentemente atende às expectativas da instituição, por outro lado é reduzido o número de engenheiros com mestrado ou doutorado contratados pelas empresas da área de Camaçari, qualquer que seja sua origem. Este quadro é coerente com a reduzida ocorrência de estudos e projetos compartilhados entre cursos de engenharia de universidades localizadas em Salvador com este conjunto de empresas, seja com a presença de profissionais das empresas nas universidades seja com a participação de professores e alunos desenvolvendo atividades nas empresas.

As empresas que dispõem de laboratórios de pesquisa não os compartilham com atividades experimentais que envolvam professores e alunos dos cursos de engenharia. Há uma presença praticamente constante de estagiários nessas empresas e algo menor de engenheiros-*trainees* contratados. Não existe a prática da utilização de recursos federais para desenvolvimento de projetos e pesquisas com as organizações mencionadas, e inexistente a prática da realização de projetos com as áreas de pós-graduação dentro dos Grupos de Pesquisa do CNPq nas universidades, valendo lembrar que a consulta às empresas não limitava as respostas ao relacionamento a qualquer IES em particular no país.

O **Apêndice G** apresenta graficamente todos os resultados obtidos nesta pesquisa.

VIII.3. Discussão

O resultado combinado das pesquisas junto às empresas do Pólo Industrial de Camaçari e junto ao corpo docente dos cursos de engenharia da EPUFBA permitiu constatar que apenas a proximidade de um grande, tradicional e experiente centro de ensino - e à EPUFBA se somam em torno de 20 outras IES na região - de uma elevada concentração de empresas que utilizam e precisam melhorar equipamentos, produtos, tecnologias e processos industriais não é suficiente para motivar ações conjuntas que contribuam para a melhoria das práticas de ensino-aprendizado.

Quaisquer que sejam as dificuldades presentes, pela quantidade e conteúdo das respostas recebidas nos questionários parece existir alguma relutância entre as partes - empresas e academia - para se apresentarem e estabelecerem planos de trabalho conjuntos de forma permanente e ampla, principalmente os voltados a suportar os alunos de graduação. É possível aceitar que as limitações e a baixa interação presentes entre os cursos de engenharia e os profissionais da indústria deixam de contribuir para uma maior motivação dos alunos e para uma maior eficácia do ensino nas engenharias. Esse frequente distanciamento pode também

colaborar para a baixa quantidade de engenheiros formados a cada ano, relativamente aos ingressos verificados nos anos anteriores.

É possível então acreditar, buscando dar uma resposta à pergunta inicial do título deste capítulo, que **sim**. O contexto observado, de baixa integração entre profissionais de um grande número de empresas-clientes e alunos e professores da graduação em engenharia de várias instituições de ensino da região, assim como de reduzida ocorrência de trabalhos conjuntos entre as respectivas instituições, sugere ser o ambiente potencialmente propício à experimentação de metodologia de ensino nos moldes do Aprendizado com Base em Problemas, onde um dos méritos é buscar uma aproximação saudável, criativa e estimulante entre estudantes de engenharia, professores e parceiros de instituições interessadas em contribuir com o processo educacional.

CAPÍTULO IX. Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

IX. Conclusões e Sugestões para Trabalhos Futuros

IX.1. Considerações Finais

Uma realidade que pode ser percebida é a existência hoje de condições que podem viabilizar o caminho para superar as atuais limitações quanto à formação de novos quadros de engenheiros no país [OLIVEIRA, 2013]:

“Para se aumentar o número de formandos em Engenharia, num primeiro momento, não haveria necessidade de aumentar o número de cursos e de vagas. Basta desenvolver projetos e mecanismos de combate às altas taxas de evasão, hoje próximas de 50%; assim o país estaria formando até o dobro de Engenheiros. Foi mostrado também que há cerca de 40% de vagas ociosas já no ingresso desses cursos, apesar da relação candidato/vaga estar próxima de quatro. Isso pode sinalizar que a criação ou o incremento de programas para ocupação destas vagas ociosas permitiria aumentar ainda mais o número de formandos. A capacidade instalada hoje que disponibiliza cerca de 300 mil vagas anuais permitiria ao país ultrapassar os países desenvolvidos em curto tempo a partir de medidas concretas de combate à evasão e de criação de condições plenas de ingresso nos cursos.”

Como avaliou **Rugarcia et al. [2000]**, não restam dúvidas que décadas atrás o ensino nas engenharias teve um bom desempenho na transmissão do conhecimento necessário aos estudantes de engenharia, inclusive facilitando a aquisição de habilidades e promovendo valores profissionais via caminhos e conteúdos adequados àquela ocasião. Até em torno de 40 anos atrás boa parte dos professores de engenharia (nos Estados Unidos) já havia trabalhado na indústria ou se dedicado a várias consultorias, o que fez com que os fatos e métodos que formavam a base do conhecimento dos currículos de engenharia coincidissem com as futuras necessidades dos alunos em suas carreiras. Os aspectos mais valorizados na prática da engenharia de então eram a funcionalidade e o lucro do negócio [RUGARCIA et al., 2000].

Os mesmos autores enfatizam, por outro lado, que o contexto da prática profissional nas engenharias vem se alterando fortemente quanto às características do conhecimento, das habilidades e dos valores requeridos do engenheiro.

No campo do conhecimento acumulado, se até os anos 1980's a maioria dos engenheiros químicos, por exemplo, trabalhava na indústria química ou do petróleo, inúmeros campos de atuação se abrem agora como a biotecnologia, engenharia da computação, ciência ambiental, saúde e engenharia de segurança, tecnologia para a fabricação de semicondutores, negócios e finanças, serviços de entretenimento. É possível, de modo diferente de vários anos atrás, que muitos dos novos engenheiros jamais venham a utilizar na sua atividade profissional elementos básicos do currículo tradicional como, por exemplo, equilíbrio de fases, termodinâmica, processos de separação, reações e projeto de processo.

No campo das habilidades, as condições operacionais das empresas se mostram hoje diferentes, com estruturas organizacionais inovadoras, onde dimensões como interdependência e autogestão têm um importante papel. A estrutura organizacional tende a ser plana, com mais ênfase ao trabalho em equipe e às atividades colaborativas entre seus membros, o que requer grande flexibilidade e características de forte compartilhamento de funções. Como consequência exige equipes cujos membros tenham elevado grau de autonomia e responsabilidade por seus atos, capazes de tomar e executar decisões com independência de supervisores **[PINTO *et al.*, 2012]**.

Esta situação introduz, obviamente, mudanças significativas, estruturais, nos perfis profissionais necessários à participação e gestão nessas empresas, distintas das anteriormente praticadas. Como consequência, o foco da educação nas engenharias requer uma mudança, permitindo migrar de processos de ensino em que conhecimentos são apresentados para ambientes de ensino-aprendizagem que integrem a aquisição de conhecimentos com o desenvolvimento de habilidades críticas que permitam seu uso adequado, assim como capacitem o profissional a buscar novos conhecimentos que atendam aos desafios ao longo da carreira **[RUGARCIA *et al.*, 2000]**.

Pelo que foi apresentado neste trabalho, a metodologia do Aprendizado com Base em Problemas tem sido reconhecida por se constituir um caminho inovador e de sucesso para a modernização dos processos de ensino nos cursos de engenharia, e por trazer um desejado avanço na qualificação e no perfil dos novos profissionais formados.

Os programas que tiveram maior sucesso na aplicação do PBL o utilizaram ao longo de todo o currículo, como ocorreu, por exemplo, no programa Currículo Centrado em Projetos (PCC) implantado no curso de Engenharia Química da Universidade de Queensland (Austrália), no conjunto dos cursos de engenharia da Universidade de Aalborg (Dinamarca) e no Olin College (Estados Unidos).

A introdução de uma nova metodologia educacional como o PBL impõe, sem dúvida, demandas e cargas adicionais aos alunos e professores envolvidos, por somar ao processo original de ensino o conhecimento e desenvolvimento do novo método e a aquisição de uma nova experiência para a aplicação da nova pedagogia de ensino-aprendizagem. Mas, com a vantagem dos alunos poderem desenvolver e aplicar as estratégias aprendidas ao longo de todo o percurso de aprendizagem na graduação. Deve-se reconhecer ainda que não é simples proceder a adaptações integrais tão profundas em todo o curso em currículos já implantados. Além disso, departamentos e professores de engenharia que desejem praticar o PBL pela primeira vez em cursos específicos devem estar atentos à necessidade de encontrar recursos em níveis superiores da organização e estrutura da instituição para o suporte necessário **[HENRY *et al.*, 2012]**.

Deve-se reforçar que há sempre uma forte correlação entre o método de ensino adotado e a profundidade e complexidade do que será aprendido, o que é aplicável também quando se espera que o aluno seja capaz de alcançar um nível elaborado de compreensão das matérias através da elaboração de projetos para a solução de problemas - o que não ocorre em aulas convencionais. Assim, enquanto os alunos buscam esses níveis mais profundos de aprendizagem na solução dos problemas, eles poderão perder parte da perspectiva mais ampla das disciplinas ou da amplitude do conhecimento a ser absorvido. Desta forma, um

aspecto pedagógico importante do PBL é assegurar que o aluno se torne capaz de preencher mais adiante qualquer área com potencial falta de conhecimento, se e caso ele venha a precisar mais tarde dessa informação na sua carreira, o que não deixa de ser também uma necessidade aplicável a todos os alunos em geral, tendo em vista os currículos usualmente sobrecarregados que têm dominado os cursos de engenharia [DE GRAAFF e KOLMOS, 2003].

Estudos baseados em levantamentos quali-quantitativos demonstrando os efeitos positivos do ensino-aprendizagem fundamentado em métodos ativos e colaborativos, em particular obtidos através da prática com o PBL, sobre a melhoria do desempenho dos estudantes de engenharia e a redução das taxas de evasão são apresentados no artigo **Aprendizado com Base em Problemas: Como Entusiasmar os Alunos e Reduzir a Evasão nos Cursos de Graduação em Engenharia**, que integra o **Apêndice A** da presente dissertação. De forma complementar, evidências sobre resultados quantitativos favoráveis obtidos a partir dessas metodologias têm sido sistematicamente apresentadas ao longo dos últimos anos com base em pesquisas e levantamentos de campo por vários autores junto a coortes de estudantes de engenharia de universidades tanto americanas e canadenses, como europeias e australianas [FELDER *et al.*, 1998; GALLARDO *et al.*, 2011; ROJAS-OVIEDO e QUIAN, 2002; FRANCHETTI, 2012; OHLAND *et al.*, 2001; HAUNGS *et al.*, 2008; PRINCE, 2004; STEWART, 2007; BÉDARD, 2012; JONES, 2013].

Cabe ainda registrar que, não obstante a representativa quantidade e frequência de registros favoráveis com resultados positivos na qualidade dos graduados, na dinâmica dos cursos e na redução da evasão decorrentes da aplicação da metodologia PBL e de métodos de ensino ativo-cooperativo, eles não são, contudo, uma unanimidade. A partir de estudos comparativos realizados, alguns autores recomendam cuidado na avaliação e na abordagem de todos os aspectos envolvidos para atender a busca dos melhores resultados desejados via o PBL, em função da dualidade conhecimentos *versus* habilidades apreendidos [DOCHY *et al.*, 2003]. Alguns pesquisadores, principalmente no campo da educação e da psicologia educacional, e em especial com referência ao ensino-aprendizagem na medicina e nas ciências da saúde, colocam restrições quanto às versões da metodologia PBL em que há forte ênfase a métodos educacionais com reduzida orientação por parte dos professores-tutores, podendo tal prática levar a um possível desequilíbrio, com mais ênfase na incorporação de habilidades comportamentais em detrimento da aquisição do conhecimento fundamental requerido para a prática da profissão. Neste caso, práticas com mínima orientação podem ser menos efetivas e menos eficientes do que as práticas instrucionais comumente praticadas [KIRSCHNER *et al.*, 2006].

IX.2. Possibilidades de Desdobramentos

Como pôde ser percebido, a investigação dos cenários e fatores determinantes, o levantamento de proposições e a implantação de medidas que levem à redução da evasão e à modernização das práticas de ensino-aprendizagem nas engenharias envolvem grande quantidade e diversidade de fatores internos e externos às instituições de ensino e requerem estudos criteriosos para sua realização.

Como qualquer outra iniciativa, o movimento da engrenagem que venha a propiciar melhorias dependerá, antes de qualquer avanço, do reconhecimento da necessidade e da oportunidade de realizar mudanças nos programas pedagógicos dos cursos, e da determinação de colocá-las em marcha. Levando essas questões em consideração, algumas ações são aqui propostas na expectativa de uma complementação e sequência do presente estudo, visando dar maior sustentação aos esforços para implantação de currículos que incorporem o Aprendizado com Base em Problemas:

- Investigação e registro amplos e detalhados, em cada IES do país, sobre o contexto e a evolução anual dos casos de evasão nos cursos de engenharia no Brasil - causas e motivações, impacto nos estudos, no programa de ensino e na instituição, medidas de remediação - a partir do acompanhamento da trajetória aluno-a-aluno, desde seu ingresso no curso até sua saída da escola. O foco deve ser a montagem de um banco de dados de referência sobre o problema, visando prover suporte para tomadas de decisão bem fundamentadas;
- Avaliação dos recursos utilizados e dos conhecimentos didáticos disponíveis e comumente utilizados nos cursos de engenharia para proposição de um planejamento de atividades voltadas à melhor capacitação pedagógica dos professores dos cursos de engenharia no país;
- Construção de um fórum-rede para troca e debate das experiências no exterior e no país em torno da aplicação de metodologias de ensino-aprendizagem ativo e da prática do Aprendizado com Base em Problemas no campo das engenharias para melhor aproveitamento dos erros e acertos de cada experiência em novas iniciativas para implantação desses métodos;
- Abertura de um campo de discussão entre as IES nacionais para avaliar a possibilidade de apresentar proposição ao MEC para incluir nas Diretrizes Curriculares dos Cursos de Graduação em Engenharia ênfase em práticas de ensino-aprendizagem suportadas pelo PBL, como meio para o atendimento do que é estabelecido pelas Diretrizes;
- Avaliação junto a empresas, órgãos públicos e demais organizações clientes das engenharias da composição de projetos e atividades conjuntas com cursos de graduação para incluir a solução de problemas reais do cotidiano dessas instituições como ferramenta para melhoria do processo de ensino-aprendizagem nas graduações em engenharia das universidades brasileiras.

IX.3. Conclusões

A maior parte das análises e dados estatísticos sobre o ensino da engenharia no Brasil trata principalmente dos seus aspectos quantitativos como o número de cursos, de vagas, de matrículas, de ingressos, de concluintes e de IES no país. Pouca atenção é dedicada a avaliações sobre a qualidade do conteúdo das grades curriculares, da formação do egresso e das práticas de ensino-aprendizagem, assim como sobre a necessidade de formação pedagógica do professor das disciplinas dos cursos de engenharia.

Esse trabalho procurou mostrar que a adoção das práticas de ensino ativo, cooperativo e participativo nos cursos de engenharia, em especial a incorporação da metodologia de ensino Aprendizagem com Base em Problemas, poderá trazer características à educação nas engenharias que deverão conferir maior atratividade aos cursos, poderão levar a uma melhor preparação dos professores e estimular a permanência dos alunos que ingressam nos cursos de engenharia no país até o fim da sua graduação.

As atividades que compõem o Aprendizado com Base em Problemas deverão fazer com que os alunos se envolvam desde cedo com a descoberta de caminhos para a solução de problemas reais nos campos da engenharia, enfatizando as vantagens da abordagem multidisciplinar. Através do exercício do trabalho em equipe e da busca compartilhada dos resultados requeridos, os alunos terão a oportunidade de utilizar o conhecimento adquirido nas disciplinas formais do currículo, via a orientação do professor-tutor, na aplicação prática de problemas reais trazidos pela indústria e por instituições públicas ou privadas interessadas em associar a solução de seus problemas técnicos com a formação dos estudantes das várias engenharias.

Em função dos bons resultados e evidências relatados e referenciados no presente trabalho, é possível aceitar que uma ampla adoção dessa pedagogia de educação nas engenharias deverá contribuir para uma maior qualificação dos novos graduados e uma reversão gradativa da taxa de evasão nas engenharias das universidades do país. E isto deverá levar a um conseqüente aumento da capacidade de formação de engenheiros melhor preparados nos cursos já existentes no país e a uma redução do desperdício associado à evasão de estudantes nas engenharias.

Esta forma de ensino-aprendizagem, ao contemplar o diagnóstico de problemas reais, a busca de informações objetivas para sua solução e a entrega dos resultados dentro do período de estudo da disciplina e do curso de graduação, poderá estimular os grupos de alunos, já desde o início do curso, a se capacitarem para melhor atuar em programas voltados à pesquisa, à inovação e ao desenvolvimento tecnológico, campos de atividade em que ainda há grande carência no Brasil.

Por fim, a bagagem de conhecimento adquirido ao longo do curso, ampliada pela experiência com atitudes e práticas comportamentais necessárias ao profissional de engenharia no seu ambiente de trabalho e na relação com as comunidades, capacitará o futuro engenheiro a desenvolver melhor e com mais confiança seu papel na sociedade.

REFERÊNCIAS

Referências

- AALBORG (2013) *History of Aalborg University*. Site da Aalborg University. Disponível em: <http://www.en.aau.dk/About+Aalborg+University/History+of+Aalborg+University/> Acesso em: outubro/2013.
- AHERN, A. A. (2010) *A Case Study: Problem Based Learning for Civil Engineering Students in Transportation Courses*. European Journal of Engineering Education, v. 35, n. 1, p. 109-116, 2010.
- AMBROSE, S.; NORMAN, M. (2006) *Preparing engineering faculty as educators*. The Bridge. Washington, DC: Academia Nacional de Engenharia, 25-32. Disponível em: <https://www.cmu.edu/teaching/resources/PublicationsArchives/ExternalPublications/NAE-BridgesPaper.pdf> Acesso em dez/2013.
- ANGELO, M. F.; BERTONI, F. C. (2011) *Análise da Aplicação do Método PBL no Processo de Ensino e Aprendizagem em um Curso de Engenharia de Computação*. Revista de Ensino de Engenharia, v. 30, n. 2, p. 35-42, 2011.
- ASTIN, A. W. (1999) *Student Involvement: A Developmental Theory for Higher Education*. Journal of College Student Development, v. 40, n. 5 (Set-Out 1999).
- BARROWS, H. S. (1996) *Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview*. New Directions for Teaching and Learning, v. 68, p. 3-12, 1996.
- BÉDARD, D.; LISON; DALLE, D.; CÔTÉ, D.; BOUTIN, N. (2012) *Problem-based and Project-based Learning in Engineering and Medicine: Determinants of Students' Engagement and Persistence*. Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, v.6, n.2, p.7-30. Disponível em: <http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1355&context=ijpbl> Acesso em: janeiro/2013.
- BESTERFIELD-SACRE, M.; ATMAN, C.J.; SHUMAN, L. J. (1997) *Characteristics of Freshman Engineering Students: Models for Determining Student Attrition in Engineering*. Journal of Engineering Education, p. 139-149, abril/1997.
- BOUD, D.; FELETTI, G. (1997) *The challenge of problem-based learning* (2nd ed.). Londres: Kogan.
- BRAGA, M. M. (2003) *Evasão no Ensino Superior Brasileiro: o caso da UFMG*. Revista da Rede de Avaliação Institucional da Educação Superior. Disponível em: <http://educa.fcc.org.br/pdf/aval/v08n03/v08n03a08.pdf>. Acesso em: novembro/2013.
- BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R.R. (2004) *How people learn: brain, mind, experience, and school*. Washington DC: National Academy Press, 2004. Disponível em : <http://www.csun.edu/~sb4310/How%20People%20Learn.pdf>. Acesso em: abril/2013.
- BRASIL (2007) *Decreto no. 6.096, de 24 de abril de 2007. Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais / REUNI*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6096.htm Acesso em: novembro/2013.

BUENO, J.L. (1993) *A evasão de alunos*. Paidéia, FFCLRP-USP. Ribeirão Preto, agosto/1993. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/paideia/n5/02.pdf>> Acesso em: dez/2013.

CEEE (1997) *Diplomação, Retenção e Evasão nos Cursos de Graduação em Instituições de Ensino Superior Públicas*. Relatório da Comissão Especial para Estudo da Evasão nomeada pela SESu/MEC. Disponível em: <http://www.udesc.br/arquivos/id_submenu/102/diplomacao.pdf> Acesso em: fevereiro/2013.

COBENGE (2011) *Sessões Plenárias do XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia*. Blumenau, Santa Catarina, 3-6 outubro. Disponível em: <<http://www.organizareventos.com.br/cobenge/?home&p=123>> Acesso em: setembro/2013.

COFIC (2013) *Empresas associadas, Comitê de Fomento Industrial de Camaçari*. Disponível em: <<http://www.coficpolo.com.br/>> Acesso em: setembro/2013.

CORDEIRO, J. S.; QUEIRÓS, P. L.; BORGES, M.N., A ABENGE (2013) - *Associação Brasileira de Educação em Engenharia*, Revista de Ensino de Engenharia, v. 32, n.3, p.9-14, 2013.

CROSTHWAITE, C.; CAMERON, I.; LANT, P.; LITSTER, J. (2006) *Balancing curriculum processes content in a Project Centred Curriculum - in pursuit of graduate attributes*. Trans IChemE, Part D. Education for Chemical Engineers, v.1, p.39-48, 2006.

DE GRAAFF, E; KOLMOS, A. (2003) *Characteristics of Problem-Based Learning*. International Journal of Engineering Education, v.19, n.5, p.657-662, 2003.

DERRY, S. J.; SEYMOUR, J.; STEINKUEHLER, C. A.; LEE, J.; SIEGEL, M. A. (2003) *From Ambitious Vision to Partially Satisfying Reality: An Evolving Socio-Technical Design Supporting Community and Collaborative Learning in Teacher Education*. Designing Virtual Communities in the Service of Learning. Cambridge University Press, 2003.

DOCHY, F.; SEGERS, M.; BOSSCHE, P. V. den; GIJBELS, D. (2003) *Effects of Problem-based Learning: a meta-analysis*. Learning and Instructions, v.13, p. 533-568, 2003. Disponível em: <[http://library.bjmu.edu.cn/pbl/document/Learning%20and%20Instruction_2003_13\(5\)_533.pdf](http://library.bjmu.edu.cn/pbl/document/Learning%20and%20Instruction_2003_13(5)_533.pdf)> Acesso em: Agosto/2013.

DUCH, B. J.; GROH, S.E.; ALLEN, D. E. (2001) *Why problem-based learning? A case study of institutional change in undergraduate education*. In B. Duch, S. Groh e D. Allen (Eds.). The power of problem-based learning: a practical "how to" for teaching undergraduate courses in any discipline. p. 3-11. Sterling, VA: Stylus.

DYM, C.; AGOGINA, A.; ERIS, O.; FREY, D.; LEIFER, L. (2005) Engineering design thinking, teaching and learning. Journal of Engineering Education, v. 94, n.1, p. 103-120.

ESCRIVÃO FILHO, E.; RIBEIRO, L. R. (2009) *Aprendendo com PBL - Aprendizagem baseada em problemas: Relato de uma experiência em cursos de engenharia da EESC-USP*. Minerva: Pesquisa e Tecnologia, v.6, n.1, p.23-30, 2009.

FELDER, R. M.; FELDER, G. N.; DIETZ, E. J. (1998) *A Longitudinal Study of Engineering Student Performance and Retention v. Comparisons with Traditionally-taught Students*. Journal of Engineering Education, v.87, n.4, p.469-480 (1998). Disponível em:

<<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/long5.html>> Acesso em: janeiro/2014.

FELDER, R. M.; WOODS, D. R.; STICE, J. E.; RUGARCIA, A. (2000) *The Future of Engineering Education: II .Teaching methods that work*. Chem. Engr. Education, 34(1), 26-39 (2000). Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.34.1082&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: novembro/2012.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. (1988) *Learning and Teaching Styles in Engineering Education*. Chemical Engineering Education, 78(7), 674-681, 1988. Disponível em: <<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/LS-1988.pdf>> Acesso em: outubro/2011.

FELDER, R.M.; BRENT, R. (2004) *The ABC's of engineering education: ABET, Bloom's Taxonomy, Cooperative Learning, and so on*. Anais da Conferência Anual da ASEE & Exposição. Disponível em: <<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/ASEE04%28ABCs%29pdf>>. Acesso em: outubro/2011.

FELDER, R. M. (2006) *Teaching Engineering in the 21st Century with a 12th-Century Teaching Model: How bright is that?* Chem. Engr. Education, 40 (2), p.110-113 (2006).

FORMIGA, M. M. M.; CARMO, L. C. S. (2010) *Engenharia para o Desenvolvimento: Inovação, Sustentabilidade, Responsabilidade Social como Novos Paradigmas*. Brasília-DF: SENAI/DN, 2010. 212p.

FRANCHETTI, M. (2012) *An Analysis of Retention Programs for Female Students in Engineering at the University of Toledo*. Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), v.2, n.1. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5703/1288284314652>> Acesso em: janeiro/2014.

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, p. 273-288, 2003.

GALLARDO, J. R. R.; CASTAÑO, S. ; GÓMEZ-ALDAY, J. J.; VALDÉS, A. (2011) *Improving Retention of Undergraduate Students in Engineering through Freshman Courses*. Elsevier, Teaching and Teacher Education n.27, p.619-627, 2011.

GODFREY, E.; KING, R. (2011) *Curriculum specification and support for engineering education: understanding attrition, academic support, revised competencies, pathways and access*. Australian Learning and Teaching Council. Final Report, 2011.

GRAHAM, R. (2010) *UK Approaches to Engineering Project-Based Learning*. Bernard M. Gordon MIT Engineering Leadership Program. Disponível em: <<http://web.mit.edu/gordonelp/ukpjbwhitepaper2010.pdf>>. Acesso em: dezembro/2013.

GRAHAM, R. (2012) *Achieving excellence in engineering education: the ingredients of successful change*. The Royal Academy of Engineering, março, 2012.

HAKE, R. (1998) *Interactive-engagement vs. traditional methods: a 6000 student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. American Journal of Physics v. 66, n.1, p. 64-74.

HAUNGS, M.; CLEMENTS, J.; JANZEN, D. (2008) *AC 2008-464: Improving Engineering Education through Creativity, Collaboration, and Context in a First Year Course*. American Society for Engineering Education, 2008. Disponível em: <http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1029&context=csse_fac&sei-redir=1&referer=http%3A%2F%2Fscholar.google.com.br%2Fscholar%3Fq%3DImproving%2BEngineering%2BEducation%2Bthrough%2BCreativity%252C%2BCollaboration%252C%2BAnd%2BContext%2Bin%2Ba%2BFirst%2BYear%2BCourse%26> Acesso em: janeiro/2013.

HENRY, H. R.; TAWFIK, A. A.; JONASSEN, D. H.; WINHOLTZ, R. A.; KHANNA, S. (2012) *"I Know This is Supposed to be More Like the Real World, But . . ."* Student Perceptions of a PBL Implementation in an Undergraduate Materials Science Course. Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, v.6, n.1. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7771/1541-5015.1312>> Acesso em: dezembro, 2013.

HMELO-SILVER, C. E. (2004) *Problem-based learning: what and how do students learn?* Educational Psychology Review, v. 16, n.3, p. 235-266.

IBGE (2013) *Séries Históricas e Estatísticas, Brasil*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/lista_tema.aspx?op=1&no=1&nome=brasil.

INEP (2013) *Informações estatísticas, Microdados do Censo da Educação Superior*. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-levantamentos-acessar>> Acesso em: 2012, 2013.

INOVA (2006) *Inova Engenharia - propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil*. Brasília: IEL. NC/SENAI. DN, 2006, 103p.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R.T., (1999) *Learning Together and Alone*. In Allyn and Bacon, Boston, EUA.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. T.; STANNE, M.B. (2000) *Cooperative Learning Methods: A Meta-Analysis*. University of Minnesota.

JONES, B. D.; EPLER, C.M; MOKRI, P.; BRYANT, L.H.; & M. C. PARETTI, M.C. (2013) *The Effects of a Collaborative Problem-based Learning Experience on Students' Motivation in Engineering Capstone Courses*. Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, v.7, n.2. Maio 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7771/1541-5015.1344>> Acesso em: janeiro/2014.

KAVANAGH, L.; CROSTHWAITE, C. (2007) *Triple-objective Team Mentoring - Achieving Learning Objectives with Chemical Engineering Students*. Trans IChemE, Part D, v. 2, p. 68-79, 2007.

KIRSCHNER, P. A.; SWELLER, J.; CLARK, R. E. (2006) *Why Minimal Guidance during Instruction does not Work: an Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem Based, Experiential, and Inquiry-based Teaching*. Educational Psychologist, v. 41, n.2, p.75-86, 2006. Disponível

em:<dspace.library.uu.nl/bitstream/handle/1874/16899/kirschner_06_minimal_guidance.pdf?sequence=1> Acesso em abril, 2012.

KOLMOS, A.; FINK, F. K.; KROGH, L. (2006) *The Aalborg PBL model - Progress, Diversity and Challenges*. Aalborg University Press, 2006. Disponível em: <<http://www.bogide.dk/productsamples/9788773079119.pdf>>. Acesso em: dezembro/2013.

LAMANCUSA, J. S.; JORGENSEN, J. E.; ZAYAS-CASTRO, J.L.; RATNER, J, (1995) *The Learning Factory: A new approach to integrating design and manufacturing into engineering curricula*. Anais da Conferência da ASEE de 25-28/Junho/1995. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.8.940&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: outubro/2013.

LAMANCUSA, J. S.; ZAYAS, J.L.; SOYSTER, A.L.; MORELL, L.; JORGENSEN, J. (2008) *The Learning Factory: Industry-partnered active learning*. Journal of Engineering Education, p.5-10, janeiro/2008. Disponível em: <<http://www.mne.psu.edu/lamancusa/papers/jee2008.pdf>> Acesso em: dezembro/2013.

LUZ, I. A. dos S.; SOARES, L. R.; SANTOS, D. M. B. dos ; PINTO, G. R. P. R. (2010) *A Oficina PBL: acolhida e formação dos novos estudantes do curso de Engenharia da Computação no Método PBL*. Anais do COBENGE 2010. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2010/artigos/545.pdf>. Acesso em: junho/2013.

MANRIQUE, A. L.; DIRANI, E. A. T.; CAMPOS, L. C. de (2010) *PBL em um curso de Engenharia Biomédica: a experiência da PUC-SP*. Anais do PBL 2010 Congresso Internacional. São Paulo, Brasil, 8-12 de fevereiro de 2010. Disponível em: <<http://each.uspnet.usp.br/pbl2010/trabs/trabalhos/TC0401-2.pdf>> Acesso em: dez/2013.

MARQUES, J.M.M.C. (2008) *Inter and Multidisciplinary in Engineering Education*. International Journal of Mechanics and Materials Design V4. P. 229-237.

MEC (2001) *Parecer CNE/CES 1362/2001 de 12/12/2001 - Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1362.pdf>> Acesso em: fevereiro/2013.

MEC (2002) *Resolução CNE/CES 11/2002 de 11/03/2002 - Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia*. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>> Acesso em: agosto/2012.

MORELL, L.; ABREU, A.; CEHELKY, M.; JONES, R.; MARCEK, D.; RAMOS, T.; SCAVARDA DO CARMO, L.; SPENCER, J.; YUTRONIC, J. (2006) *Engineering capability building in Latin America*. Anais da Conferência Anual da *American Society for Engineering Education*, 2006. Washington, DC: American Society for Engineering Education.

NETO, O. M.; SANTOS, E. P.; MOURA, D. DE; RAMIREZ, J. A.; TAKAHASHI, R. C. (2011) *Curso de graduação em Engenharia de Sistemas da UFMG - relato de experiência em processo*. Anais do XXXIX COBENGE 2011, Blumenau, outubro, 2011. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sextoestec/art1927.pdf>>. Acesso em: dez/2013.

OHLAND, M. W.; RAJALA, S. A.; ANDERSON, T. J.; (2001) *SUCCEED – Sponsored Freshman Year Engineering Curriculum Improvements at NC State: a Longitudinal Study of Retention*. Anais da American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition, 2001.

OLIN COLLEGE (2013) *Olin College of Engineering, Overview*. Site da universidade. Disponível em: <<http://scope.olin.edu/about/>>. Acesso em: dezembro/2013.

OLIVEIRA, V. F.; ALMEIDA, N. N. de; CARVALHO, D. M.; PEREIRA, F. A. A., (2013) *Um estudo sobre a Expansão da Formação em Engenharia no Brasil*. Revista de Ensino de Engenharia, v. 32, n.3, p. 37-56, setembro 2013.

OLIVEIRA, E.C.; RODRIGUES, E.C.C.; ZINDEL, M. L; MONTEIRO, S. B. S; QUIRINO, M.G. (2011) *Uma nova abordagem de ensino de engenharia: Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL) na disciplina PSP1 do curso de Engenharia de produção da UnB*. Anais do COBENGE 2011. Disponível em:<<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sextoestec/art2028.pdf>>. Acesso em: dezembro/2013.

PAEE 2012 (2012) *Anais: International Symposium on Project Approaches in Engineering Education - Organizing and Managing Project Based Learning*. São Paulo: PUC-SP, julho 2012.

PEREIRA, M.C.; FERREIRA, W. M.; BATISTA, E. A.; SCAMPINI Jr, E.; FALCO, J.R. (2006) *Evitando a Evasão em Cursos de Engenharia: um estudo de caso*. Anais do XXXIV COBENGE - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia p.1726-1732. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, setembro 2006.

PINTO, D.P.; GOMES, F.J.; FARAGE, M. C. R.; BASTOS, F. S. (2012) *Eficiência Energética nas Escolas: Gerenciando Grupos Multidisciplinares usando PjBL* . Anais do XL COBENGE – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Belém, 2012. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/104209.pdf>> Acesso em: dezembro/2013.

PRADOS, J.W. (1998) *Engineering Education in the United States: Past, Present and Future*. Anais do ICEE'1998. Disponível em: <<http://www.ineer.org/events/icee1998/icee/papers/255.pdf>>. Acesso em novembro/2013.

PRINCE, M. (2004) *Does active learning work? A review of the research*. Journal of Engineering Education, v. 93, n. 3. p 223-232. Disponível em: <http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Prince_AL.pdf > Acesso em: dezembro/2013.

PRINCE, M. J.; FELDER, R. M. (2006) *Inductive Teaching and Learning Methods: definitions, comparisons, and research bases*. Jrn. Engr. Education, 95(2), 123-138 (2006). Disponível em: <<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/InductiveTeaching.pdf>>.

QUEIROZ, F. P.; GOMES, F. J; COELHO, A. A.; GAMA, V. A. (2010) *Ampliando o Espaço Laboratorial: Educação em Controle através de Ambiente HILs baseado em FOSS*. Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2010, Fortaleza, 2010.

RAMOS, M. N. (1995) *Quadro da Evasão na UFPE: metodologia, causas e ações*. UFPE, Pernambuco, 1995.

RAMSDEN, P.; MOSES, I. (1992) *Associations between research and teaching in Australian higher education*. Higher Education, v.23, n.3, p.273-295, 1992. Kluwer Academic Publishers.

REIS, V.W.; CUNHA, P. J. M.; SPRITZER, I. M. P. A. (2012) *Evasão no ensino superior de engenharia no Brasil: um estudo de caso no CEFET/RJ*. Anais do COBENGE 2012. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/103734.pdf>. Acesso: set/2013.

RIOS, J. R. T.; SANTOS, A. P. dos; NASCIMENTO, C. (2001) *Evasão e Retenção no Ciclo Básico dos Cursos de Engenharia da Escola de Minas da UFOP*. Anais do COBENGE 2001. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2001/trabalhos/APPO20.pdf>> Acesso em: outubro/2013.

RISTOFF, D. (1995) *Evasão: Exclusão ou Mobilidade*. Santa Catarina, UFSC, 1995 (Documento não publicado).

ROJAS-OVIEDO, R.; QIAN, X. C. (2002) *Improving Retention of Undergraduate Students in Engineering through Freshman Courses*. Anais da American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition, 2002.

ROSSELI, R; BROPHY, S (2006) *Effectiveness of challenge-based instruction in biomechanics*. Journal of Engineering Education, v. 95, n.4, p. 311-324.

RUGARCIA, A.; FELDER, R. M.; WOODS, D. R; STICE, J. E (2000) *The Future of Engineering Education I. A Vision For A New Century*. Chemical Engineering Education, v.34, n.1, p.1-25, 2000. Disponível em <<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Quartet1.pdf>> Acesso em dezembro/2013.

SALERNO, M.S.; LINS, L.M.; ARAUJO, B.C.P.O.; TOLEDO, D.; NASCIMENTOP.A.M.M.(2013) *Uma proposta de sistematização do debate sobre falta de engenheiros no Brasil*. IPEA - Observatório de Inovação e Competitidades da USP. São Paulo. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/eventos/documentos/uma-proposta-de-sistematizacao-do-debate-sobre-falta-de-engenheiros-no-brasil>>. Acesso em: 22/11/2013.

SAUER, L. Z. ; LIMA, I. G. de; BOOTH, I. A. S. (2012) *Active Learning Strategy with potential interdisciplinary in Engineering Education*. Anais do ALE 2012. Disponível em: <http://ale2012.com/FullPaper/ale2012_submission_28.pdf>. Acesso em: dezembro/2013.

SAVERY, J.R. (2006) *Overview of Problem-Based Learning: definitions and distinctions*. Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, V.1, N. 1, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.7771/1541-5015.1002>>.

SILVA Fo., R. L. L. e; MONTEJUNAS, P.R.; HIPÓLITO, O. ; LOBO, M.B.C.M. (2007) *A evasão no ensino no superior brasileiro*. Cadernos de Pesquisa, V. 37, N. 132, P. 641-659, set./dez.2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cp/v37n132/a0737132.pdf>>. Acesso em: fevereiro/2013.

SILVA, S. C. DA; SANTOS, D. S. (2013) *Modelo Matemático da Mesquita Domo da Rocha: uma alternativa para o ensino de Geometria Analítica na Engenharia Civil*. Anais do COBENGE 2013. Disponível em: < http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/117257_1.pdf>. Acesso em: outubro, 2013.

SMITH, K.; SHEPPARD, S.; JOHNSON, D.; JOHNSON, R. (2005) *Pedagogies of engagement: classroom-based practices*. Journal of Engineering Education, v. 94, n.1, p.87-102.

SOUZA, C. T. de; PETRÓ, C. da S.; GESSINGER, R. M. (2012) *Um estudo sobre evasão no ensino superior do Brasil nos últimos dez anos*. Anais da II CABLES - Segunda Conferencia Latinoamericana sobre el abandono en la Educación Superior. Disponível em: <http://www.alfaguia.org/www-alfa/images/ponencias/clabesII/LT_1/ponencia_completa_44.pdf>. Acesso em: novembro/2013.

SOUZA, S. L. de (2008) *Evasão no Ensino Superior: um estudo utilizando a mineração de dados como ferramenta de gestão do conhecimento em um banco de dados referente à graduação de engenharia*. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=114221>. Acesso em: novembro/2013.

STEWART, R.A. (2007) *Investigating the link between self directed learning readiness and project-based learning outcomes: the case of international Masters students in an engineering management course*. European Journal of Engineering Education v. 32, n. 4, 2007.

TINTO, V. (2003) *Promoting Student Retention through Classroom Practice*. In Enhancing Student Retention: Using International Policy and Practice. Conferência patrocinada pela European Access Network and the Institute for Access Studies, Staffordshire University. Amsterdam, Nov 5-7, 2003.

TORP, L.; SAGE, S. (2002) *Problems as possibilities: Problem-based learning for K-16 education*. (2nd ed.). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development

UFRGS, (1991) *Evasão dos Cursos de Graduação da UFRGS em 1985, 1986, 1987*. UFRGS/PROPLAN/DPI, 1991, 180p.

VILLAS-BOAS, V; MATASSOGLIO NETO, O.; CAMPOS, L. C. DE; AGUIAR NETO; B. G. (2012) *A Survey of Active Learning in Brazilian Engineering Schools*. Anais do 11th Active Learning in Engineering Education Workshop. Copenhagen, 2012.

WANKAT, P. C.; OREOVICZ, F. S. (1993) *Teaching Engineering*. New York: McGraw-Hill.

WOODS, D. R. (1996) *Problem-Based Learning for Large Classes in Chemical Engineering*. New Directions for Teaching and Learning, v. 68, p. 91-99, 1996.

WOODS, D.R.; FELDER, R.M.; RUGARCIA, A.; STICE, J.E. (2000) *The Future of Engineering Education: III. Developing Critical Skills*. Chem. Engr. Education, 34 (2), p. 108-117. Disponível em: <<http://www4.ncsu.edu/unity/lockers/users/f/felder/public/Papers/Quartet3.pdf>> Acesso em: outubro/2011.

APÊNDICE A. Artigo Apresentado no COBENGE 2013 - XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - 23 a 26/Outubro/2013 - Gramado/RS

A. Artigo Apresentado no COBENGE 2013 - XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - 23 a 26/Outubro/2013 - Gramado/RS

Aprendizado com Base em Problemas: Como Entusiasmar os Alunos e Reduzir a Evasão nos Cursos de Graduação em Engenharia

F. Lira^a, M. Embiruçu^a

flira@hotmail.com, embirucu@ufba.br

^a PEI-EP-UFBA, Rua Prof. Aristides Novis, nº 2, Federação, CEP: 40210-630, Salvador-BA, Brasil.

Resumo

Um forte crescimento econômico com base em desenvolvimento sustentável é desejado para as próximas décadas em várias regiões do Brasil. A formação de um número compatível de novos e bem capacitados engenheiros é condição necessária para tornar viável este cenário. Haverá dificuldades para o atendimento dessa demanda se mantidas as altas taxas de evasão e o perfil profissional observados nos cursos de engenharia no país.

Um diagnóstico sobre a perda de alunos ao longo dos cursos assim como fundamentos e práticas de ensino que possam trazer uma melhoria aos processos de educação em engenharia são levantados nesse trabalho. Experiências positivas têm mostrado que a introdução do “Aprendizado com Base em Problemas” na engenharia estimula, motiva e promove a permanência dos alunos nos cursos até o final da graduação. Essa metodologia tem reduzido a evasão dos alunos dos cursos e melhorado a capacitação dos novos profissionais em engenharia. Práticas de sucesso na educação em engenharia através dessa pedagogia de ensino-aprendizagem serão aqui identificadas e apresentadas.

Com base no quadro exposto e nas experiências relatadas se propõe considerar a introdução sistemática da prática “Aprendizado com Base em Problemas” no ensino das engenharias no país, como um caminho eficaz para motivar alunos e trazer inovação e sensíveis melhorias na formação dos engenheiros no Brasil.

Palavras-chave

Aprendizado com Base em Problemas, Engenharia, Educação, Evasão, Ensino-Aprendizagem, Universidade, Brasil.

A.1. Introdução

Indicadores de várias origens apontam uma retomada do crescimento econômico no Brasil nas próximas décadas. Um aumento do desempenho dos meios de produção dependerá em boa parte de um bom suporte dos engenheiros que atuam no país.

A 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação [LIVRO AZUL, 2010] destacou que um forte avanço no desenvolvimento da ciência, da tecnologia e da inovação requer cursos formativos com cursos inovadores que explorem a interdisciplinaridade e promovam a formação de profissionais versáteis e criativos.

A fim de que o país siga a trilha da inovação, uma mudança no conteúdo dos cursos e no perfil dos novos engenheiros deverá requerer tanto o reforço das disciplinas técnicas e científicas como a inclusão de aspectos ligados à conservação do meio ambiente, à gestão e à responsabilidade social [FORMIGA, 2010].

Dados do INEP/MEC demonstram que 48% dos alunos que ingressaram em cursos de engenharia no país não se graduaram ao final do curso [BRASIL, 2012]. Por outro lado, um autor americano coloca que as universidades deveriam reconhecer que a origem da evasão não está apenas nos seus alunos e nas situações que eles enfrentam, mas também nos próprios atributos do ambiente educacional [TINTO, 2003]. Essa visão é complementada por sensível observação de professor emérito da PUC-Rio : “não vemos outro caminho que trazer os problemas concretos à atividade de aprendizagem, fazendo os alunos trabalharem em equipes multidisciplinares, imersos em um ambiente realmente universitário – cosmopolita, crítico, informado da ciência, das técnicas e dos valores, aberto à diversidade e em contato com a sociedade” [SILVEIRA, 2005].

As Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, instituídas pelo Conselho de Educação Superior do MEC em 2002 estabelecem que o engenheiro formado no país deve reunir habilidades tanto generalistas como humanistas, críticas e reflexivas [BRASIL, 2002], e associar à capacidade adquirida para absorver e desenvolver tecnologias uma atuação criteriosa e criativa na identificação e resolução de problemas, abordando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais.

Neste contexto, a metodologia Aprendizado com Base em Problemas (PBL) pode se constituir uma interessante alternativa pedagógica para elevar a taxa de formação e a qualificação profissional dos engenheiros no país, e tornar os cursos de engenharia opções mais estimulantes e atraentes.

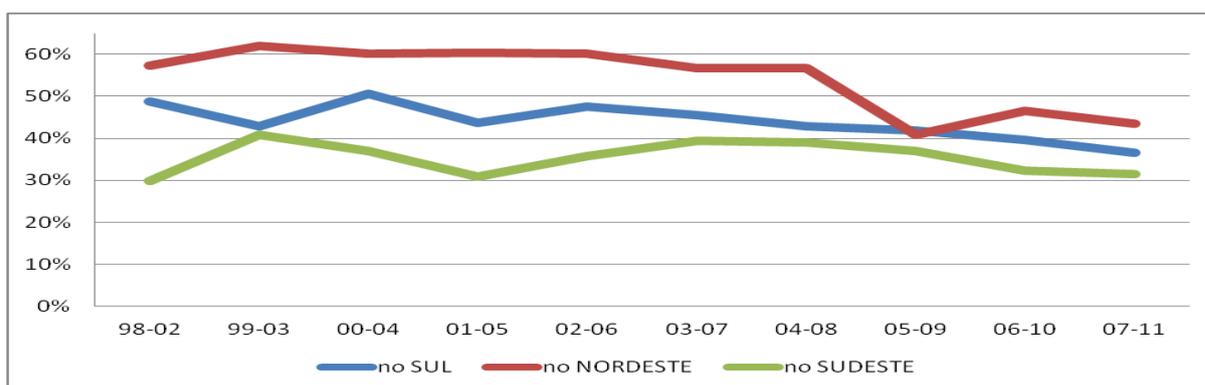
A.2. A Evasão nas Engenharias no Brasil

Trabalho do MEC publicado pela Comissão Especial de Estudos sobre a Evasão nas Universidades Públicas Brasileiras em 1996 analisou 53 Instituições de Ensino Superior Públicas (IESP) do país que representavam 67,1% desse universo e 89,7% das Universidades Federais do país [BRASIL, 1996]. Dentre as possíveis causas identificadas no estudo que levam os alunos a deixarem os cursos superiores (o que ocorre principalmente nos dois primeiros anos do curso) foram identificados: 1. Currículos longos e desatualizados além da falta de clareza sobre o

projeto pedagógico do curso; 2. Critérios impróprios de avaliação do desempenho discente; 3. Falta de formação pedagógica ou desinteresse do docente; 4. Ausência ou pequeno número de programas institucionais de suporte para o estudante; 5. Cultura institucional de desvalorização da docência na graduação; e 6. Insuficiência de estrutura de apoio ao ensino de graduação, como falta de laboratórios de ensino e equipamentos de informática.

Taxas de evasão nas engenharias calculadas a partir dos Microdados do Censo do Ensino Superior [INEP, MEC, 2011] (com foco nas três regiões do país de maior população e demanda por profissionais de engenharia) são mostradas na **Figura 11**, para os cursos de Engenharia Civil, Elétrica, Química, Mecânica, Ambiental e de Minas das universidades federais dos estados das regiões Nordeste, Sudeste e Sul do país, e da UNICAMP, no período de 1998 a 2011 [INEP, MEC, 2011]. As taxas de evasão foram determinadas a partir da simples correlação entre os alunos graduados ao final de um dado ano-curso e os correspondentes alunos ingressantes cinco anos antes.

Figura 11. Taxas médias de evasão em cursos de engenharia no Brasil /1998-2011



Fonte: INEP, MEC [2011].

Em um período de 13 anos as taxas médias de evasão nos cursos e universidades avaliados se situaram entre um máximo de 60% na região Nordeste e um mínimo de 28% na região Sudeste. Um patamar sem dúvidas preocupante que requer medidas que possam levar a uma efetiva permanência dos alunos até a graduação. A presente investigação procura identificar práticas pedagógicas que favoreçam o envolvimento e a motivação dos alunos através do conteúdo e foco da grade curricular, e métodos de ensino-aprendizagem adotados, resultando em estruturas e organizações de ensino mais eficazes nos cursos de engenharia em universidades do país.

A.3. Mudança nos Cursos de Graduação em Engenharia

A necessidade de modernização nos cursos de graduação em engenharia para que os novos profissionais sejam mais bem preparados para os desafios do século XXI tem sido demonstrada por vários autores e por instituições interessadas.

A formação de engenheiros com visão e preparo que atendam às novas demandas da sociedade requer necessariamente um ambiente multidisciplinar voltado aos problemas concretos colocados tanto pelo mercado como pela indústria ou, de forma mais ampla, pela sociedade [SILVEIRA, 2005]. Desta forma a universidade é chamada a romper as restrições internas das disciplinas acadêmicas delimitadas pelas faculdades e seus departamentos.

Amplio e detalhado estudo foi conduzido pela Academia Real de Engenharia do Reino Unido e pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts dos Estados Unidos para avaliar os fatores determinantes que suportam o ensino de excelência em engenharia no mundo [GRAHAM, 2012a]. A primeira etapa envolveu entrevistas com setenta especialistas internacionais de quinze países com grande experiência em mudança e reformulação de currículos de engenharia, tendo sido inicialmente relacionadas vinte importantes universidades de cinco continentes. Na etapa seguinte foram avaliados seis diferentes cursos de engenharia selecionados a partir de um histórico positivo de mudanças realizadas, na *University College London*, Inglaterra; na Universidade de Ciência e Tecnologia de Hong Kong, China; na Universidade de Illinois, EUA; na Universidade de Queensland, Austrália; na Universidade de Coventry, Reino Unido e na Universidade Penn State, nos EUA.

Importantes aspectos associados ao sucesso nos processos de mudança foram identificados neste estudo: as mudanças sistêmicas bem sucedidas se iniciaram frequentemente em resposta a um conjunto de circunstâncias comuns, que apresentavam questões fortemente aparentes para o quadro de professores da instituição; uma quantidade de características comuns estava presente no projeto educacional, associadas à extensão em que a mudança estava inserida em uma estrutura curricular coerente e interconectada; o departamento ou colegiado se mostrou o motor da mudança; e o compromisso sustentado do chefe do departamento foi um fator crítico de sucesso.

A.4. A Sala de Aula dos Cursos de Engenharia: Propostas Pedagógicas

Recente estudo patrocinado pelo Conselho Australiano de Ensino e Aprendizagem buscou entender e buscar soluções para a evasão nas escolas de engenharia daquele país. Uma das instituições avaliadas foi o curso de Engenharia Química da Universidade de Queensland [CROSTHWAITE & AUBREY, 2011]. Nesse trabalho os autores resumem as três principais causas que levaram os alunos a deixar a engenharia, a partir de uma avaliação que incluiu cursos de oito universidades australianas:

- Falta de compromisso e de entusiasmo pela engenharia;
- Progresso acadêmico deficiente; e
- Programa do curso que não atende às expectativas dos alunos, que podem ser potencializadas por questões pessoais, do currículo ou de calendário.

Pode-se depreender desta constatação que criar nas universidades condições satisfatórias, desafiantes e estimulantes no conteúdo e estruturação dos cursos de engenharia pode ser um fator determinante para a reversão da perda de alunos.

Dentro dessa mesma visão pesquisas têm mostrado que as condições que determinam a permanência dos alunos nos cursos de engenharia estão mais relacionadas ao ambiente e às condições de aprendizado oferecidas pela instituição do que propriamente aos atributos dos estudantes [TINTO, 2003].

Os principais postulados da “Teoria do Envolvimento” apontam que o aprendizado do aluno e seu desenvolvimento pessoal são diretamente proporcionais à quantidade e qualidade do envolvimento do aluno nos estudos, e que a efetividade de qualquer prática ou política educacional da instituição está diretamente relacionada à capacidade dessa prática ou política de aumentar o envolvimento do aluno [ASTIN, 1999]. A universidade tem, portanto, um elevado grau de responsabilidade na criação das condições necessárias para promover o atendimento das expectativas dos estudantes e a permanência dos alunos no curso até sua graduação.

A partir de estudos sobre o que torna mais eficaz o ensino, se estabeleceu que os alunos podem ter diferentes estilos de aprendizado e diferentes tipos de envolvimento com seus colegas, com o professor e com as disciplinas [FELDER & BRENT, 2004]. Eles defendem e propõem assim a adoção de três abordagens de ensino que intensificam a condição de aprendizado na sala de aula: o aprendizado ativo, o aprendizado cooperativo e o aprendizado com base em problemas. Presentes na fundamentação do PBL, esses enfoques aumentam a probabilidade dos estudantes virem a absorver e reter de forma duradoura o conhecimento adquirido nas aulas.

A.5. Aprendizado com Base em Problemas (PBL): a Mudança com Sucesso

Não obstante algumas variações em sua aplicação, a metodologia PBL de ensino com base em problemas se sustenta em seis características centrais [BARROWS,1996]:

- O aprendizado é centrado no aluno;
- O aprendizado ocorre em pequenos grupos sob a orientação de um tutor;
- O tutor é um guia ou facilitador do processo de aprendizagem;
- Problemas reais compõem o foco que organiza e estimula o aprendizado;
- Problemas são um veículo que leva a desenvolver habilidades para sua solução;
- A nova informação deve ser adquirida através do estudo e pesquisa conduzidos pelos próprios alunos a partir de conhecimento e experiência existentes.

A.5.1. Universidade de McMaster - Canadá

Instituição pioneira no uso dessa metodologia no curso de medicina, o movimento em direção à prática do PBL no curso de Engenharia Química da Universidade McMaster foi provocado por três problemas educacionais [WOODS, 1996]: constante pressão para adicionar disciplinas especializadas em um currículo já sobrecarregado; descompasso entre as necessidades da indústria e o perfil dos graduados em engenharia; e a necessidade de passar a responsabilidade final na educação da visão do ensino para a visão do aprendizado. Com base

nas avaliações conduzidas pela universidade, o autor relata que os alunos que vivenciaram o PBL demonstraram sensível superioridade nas habilidades demandadas no ambiente de trabalho, tornando favoráveis tanto a resposta obtida dos alunos como por parte dos empregadores.

A.5.2. Universidade de Aalborg – Dinamarca

Em resposta aos desafios de inovação e de sustentabilidade, as instituições de ensino de engenharia da Dinamarca conduziram processos para a migração dos programas tradicionais para um novo paradigma centrado no estudante, interdisciplinar, contextualizado e baseado em uma melhor compreensão do desenvolvimento tecnológico. A Universidade de Aalborg, nascida originalmente no século XVIII, atrelou desde sua criação seu sistema de ensino a trabalhos envolvendo projetos baseados em problemas e com intensa colaboração com a sociedade vizinha [AALBORG, 2013]. O conceito-chave adotado hoje em toda a universidade, tanto para o ensino como para pesquisa, é o da transdisciplinaridade: todos os programas de estudo se encontram organizados em torno de grupos de trabalho e 2/3 do ensino estão centrados em projetos baseados em problemas [LEHMANN *et al.*, 2008]. Resultados dos cursos de engenharia da Universidade de Aalborg têm demonstrado que a abordagem de ensino com base em problemas amplia o alcance da educação e leva a um aprendizado voltado para o benefício imediato das comunidades.

A.5.3. Universidade de Queensland - Austrália

A Universidade de Queensland (UQ) produziu resultados bastante positivos no ensino de engenharia, tendo sido reconhecida pela “Premiação Australiana para o Ensino Universitário” [QUEENSLAND, 2013]. A Escola de Engenharia Química da UQ implantou o programa Currículo Centrado em Projeto (PCC) cuja motivação maior foi a formação de engenheiros que se caracterizassem por competência e conhecimentos técnicos, habilidades comportamentais, e de liderança e responsabilidade ambiental [CROSTHWAITE *et al.*, 2006]. A experiência do programa PCC é uma das mais consistentes dentre os seis casos investigados pelo estudo já referenciado da Academia Real de Engenharia/Reino Unido e do MIT/EUA [GRAHAM, 2012c], e, como informa seu relatório, o PCC tem sido um *benchmark* de referência para a mudança educacional no país e em âmbito internacional.

A.5.4. Experiências em Universidades no Brasil

Aplicações da metodologia PBL no Brasil são relativamente recentes e como ocorreu no exterior o foco inicial foram os cursos de medicina. A Faculdade de Medicina de Marília-SP, em 1997, e o Curso de Medicina da Universidade Estadual de Londrina-PR, em 1998, foram pioneiros na introdução do PBL no país. Universidades como a UFRGS/RS, USP/SP, UFSC/SC, UFSM/RS e PUC-RJ/RJ, dentre outras, têm promovido desde 2003 experiências com a introdução da metodologia PBL em disciplinas de alguns dos seus cursos de engenharia.

A PUC-SP estruturou de forma integral os cinco eixos temáticos do seu curso de Engenharia Biomédica em torno do PBL e tem obtido razoável sucesso na sua implantação [MANRIQUE, 2010; CAMPOS, 2009]. O curso de Engenharia da Computação da UEFS, Feira de Santana-BA, foi estruturado desde o seu início em torno do PBL e tem sido capaz de capacitar os alunos em habilidades e atitudes não adquiridas usualmente em métodos de ensino convencionais [ANGELO & BERTONI, 2011]. O evento internacional *Project Approaches in Engineering Education* - 2012, realizado na PUC-SP em outubro/2012, contou com a apresentação de mais de 30 trabalhos voltados à prática do PBL em vários estados do norte ao sul do Brasil [PAEE, 2012].

A.6. Resultados do Ensino a Partir do PBL

A disciplina Introdução à Engenharia na Universidade da Florida foi convertida de uma atividade baseada em aulas expositivas para um formato de laboratório de projetos, patrocinado pelo programa SUCCEED - *Southern University and College Coalition for Engineering Education* [HOIT & OHLAND, 1998]. Onze diferentes departamentos de engenharia da instituição foram envolvidos no novo programa, que promoveu a passagem de grupos de estudantes pelos laboratórios de todos os departamentos. Os laboratórios tinham por fim três objetivos: (i) demonstrar a diversidade das atividades nas engenharias; (ii) passar aos estudantes uma visão simplificada e estimulante do que se constituem os processos em engenharia; e (iii) ensinar conceitos e habilidades básicas. Três grupos foram acompanhados nos semestres 1/93, 2/93 e 1/94. O impacto observado na permanência dos alunos nos cursos é mostrado na Tabela 6, onde se pode observar um ganho significativo da ordem de 50% na manutenção dos alunos no curso dentre os que participaram das disciplinas em que alunos vivenciaram atividades nos laboratórios dos diferentes departamentos.

Tabela 6. Permanência nas Engenharias – Universidade da Florida – 93/94

| Semestre | Disciplina em laboratórios | | | Disciplina com aulas expositivas | | |
|----------|----------------------------|----------|----|----------------------------------|----------|----|
| | matriculados | mantidos | % | matriculados | mantidos | % |
| 1/93 | 35 | 19 | 54 | 128 | 36 | 28 |
| 2/93 | 108 | 54 | 50 | 125 | 45 | 36 |
| ' | 55 | 27 | 49 | 68 | 30 | 44 |
| Total | 198 | 100 | 51 | 321 | 111 | 34 |

Fonte: HOIT & OHLAND [1998].

Interessante estudo sobre a perda de alunos nas engenharias evidenciou resultados bastante positivos decorrentes da implantação de atividades curriculares participativas e motivacionais

via projetos integradores no primeiro ano dos cursos de engenharia de 16 universidades americanas entre 1997 e 2004, como mostrado na **Tabela 7 [KNIGHT *et al.*, 2007]**. O estudo apontou que onze universidades, ou aproximadamente 70% do grupo avaliado, apresentaram ganhos iguais ou superiores a 20% na permanência dos alunos nos cursos, e que seis universidades, ou 37,5% do grupo, apresentaram ganhos de permanência superiores a 30%.

Tabela 7. Novo currículo do 1º ano de engenharia *versus* permanência dos alunos

| Instituição | Taxas de permanência - currículo | | Momento da Avaliação | Ganho % |
|-----------------------|----------------------------------|----------|----------------------|---------|
| | tradicional | revisado | | |
| Old Dominion | 50% | 90% | 2º ano | +80% |
| Tennessee | 26% | 43% | 5º ano | +65% |
| Denver University | 54% | 83% | 2º ano | +54% |
| Florida | 34% | 51% | 3º ano | +50% |
| Youngstown State | 60% | 85% | 2º ano | +42% |
| Mass., Dartmouth | 62% | 83% | 3º semestre | +34% |
| Purdue University | 63% | 80% | 3º ano | +27% |
| Alabama | 56% | 71% | 7º ano | +27% |
| Colo. School of Mines | 66% | 84% | 6º ano | +27% |
| Drexel | 60% | 72% | 8º período | +20% |
| Texas A&M, Kingsville | 51% | 61% | não informado | +20% |
| Rose-Hulman | 82% | 92% | fim do curso | +12% |
| Ohio State | 59% | 66% | 3º ano | +12% |
| Notre Dame | 91% | 99% | fim do curso | +9% |
| North Carolina State | 80% | 80% | 2º ano | 0% |
| Wisconsin, Plateville | 70% | 65% | não informado | -7% |

Fonte: **KNIGHT *et al.* [2007]**.

Resultados decorrentes de uma ampla mudança no currículo dos dois primeiros anos e no critério de admissão do curso de Engenharia Civil, Ambiental e de Geomática da UCL/Reino Unido foram descritos no já citado relatório da Academia Real de Engenharia da Inglaterra

[**GRAHAM, 2012b**]. As mudanças no currículo envolveram a redução de 50% das aulas presenciais; provisão de mais tempo disponível para atividades no contexto do PBL; adoção de um currículo nos dois primeiros anos com base no PBL centrado em grupos de alunos; o atendimento da demanda da indústria por profissionais com ampla visão da engenharia, características de liderança e voltados à solução de problemas; além de uma renovação do quadro de professores. Uma melhoria sensível no desempenho escolar dos alunos nos dois primeiros anos do curso foi obtida no período 2002-2010, como mostrado na **Tabela 8**, trazendo reflexos positivos também para o 3º ano do curso, que manteve o currículo original.

Tabela 8. Desempenho no curso - notas altas e baixas – UCL/UK 2002/2010

| Indicadores | Período | 1º ano | 2º ano | 3º ano |
|---------------------------|------------------|--------|--------|--------|
| Percentual de estudantes: | antes da reforma | 21% | 21% | 46% |
| 2 mais altos rendimentos | após a reforma | 58% | 58% | 60% |
| Percentual de estudantes: | antes da reforma | 48% | 53% | 23% |
| 3 mais baixos rendimentos | após a reforma | 17% | 14% | 8,4% |

Fonte: **GRAHAM [2012b]**.

A.7. Discussão e Recomendações

Fatores e contextos que podem explicar a evasão dos alunos dos cursos de engenharia e que permitem apontar possíveis soluções para esse fenômeno tão negativo para a organização e a estrutura do ensino em engenharia foram apresentados. A evasão, além do grande desperdício social e econômico associado, é um problema que afeta várias instituições de ensino em engenharia em todo o mundo e sua minimização passa também pela melhoria das condições de ensino das escolas de engenharia.

Considerando-se as diversidades geográfica, cultural, econômica e social em que os estudos e diagnósticos aqui apresentados foram conduzidos, assim como as melhorias decorrentes das mudanças no processo de ensino-aprendizagem em engenharia que foram implantadas, acredita-se ser grande a probabilidade de que um sucesso semelhante possa ser atingido em larga escala também nas IES no Brasil.

A fundamentação e as evidências apresentadas fazem crer que as alternativas estudadas e já testadas para implantação do Aprendizado com Base em Problemas podem se constituir uma oportuna e eficiente solução a ser adotada de forma ampla e generalizada nas universidades brasileiras. O objetivo seria então atingir resultados mais consistentes e duradouros na captação, permanência no curso e formação de novos quadros de engenheiros, permitindo

assim alçar as instituições nacionais a um patamar de alto desempenho no universo dos melhores cursos de engenharia do exterior.

Com base na experiência da Universidade de Queensland uma providência oportuna é estabelecer um currículo organizado em três eixos [**CROSTHWAITE et al., 2006**]:

- Do primeiro ao último ano do curso um conjunto de disciplinas montado com base em projetos em grupo;
- Os projetos são estruturados em torno das disciplinas regulares da engenharia de todo o curso que melhor suportam seu resultado;
- Os projetos e disciplinas regulares são complementados por disciplinas eletivas/optativas que podem conferir opcionalmente profundidade ou amplitude ao conhecimento final desejado pelo aluno.

Os graduandos são acompanhados por professores-mentores para a orientação necessária ao longo de toda a evolução das disciplinas de projeto. Dessa forma, o ensino do conhecimento técnico necessário é preservado, enquanto os atributos desejados dos futuros profissionais e as habilidades comportamentais buscadas são praticados e desenvolvidos à medida que os projetos evoluem.

A experiência da Universidade McMaster aponta nove passos básicos para a implantação de sistemas de ensino-aprendizagem com base no PBL [**WOODS, 1996**]:

- Obter a aceitação e o compromisso dos professores e tutores do departamento;
- Promover esclarecimentos para a aceitação e o engajamento dos alunos;
- Definir quando e como desenvolver as habilidades requeridas no processo;
- Trabalhar pequenos grupos de alunos e monitorar sua responsabilidade final;
- Utilizar o PBL no contexto de um currículo convencional adaptado;
- Monitorar a evolução dos alunos para garantir um ambiente favorável;
- Ajustar o conhecimento e as habilidades que devem ser aprendidos;
- Montar um repertório de problemas reais;
- Habilitar os próprios alunos a identificar os objetivos do aprendizado.

É recomendável uma avaliação criteriosa pelas partes interessadas sobre a possibilidade das Diretrizes Curriculares Nacionais para Graduação nas Engenharias incorporarem as premissas e o conteúdo do ensino-aprendizado com base em problemas. Amplo estudo pode também ser conduzido visando propor meios e formas para aquisição de fundamentos e habilidades pedagógicas por parte do corpo docente dos cursos de engenharia para a prática do PBL, como etapa potencialmente importante para conferir maior eficiência e sustentação formal ao ensino nas engenharias.

A.8. Considerações Finais

Um crescente número de engenheiros qualificados precisará se graduar nas escolas de engenharia do Brasil para atender os desafios da sociedade nas próximas décadas, em especial em atividades voltadas à produção, construção e inovação tecnológica, a partir de uma atuação dentro dos princípios do desenvolvimento sustentável.

Haverá dificuldades para o atendimento dessa demanda a contento em função de uma taxa de evasão média da ordem de 45% dos alunos dos cursos de engenharia ao longo da última década, o que reflete ainda grande desperdício social e econômico. Há uma correlação entre o conteúdo e a forma como os cursos são estruturados e conduzidos, o envolvimento e a motivação dos alunos e sua permanência até o final da graduação.

O estudo baseado na solução de problemas como suporte para a educação em engenharia e a experiência acumulada neste campo de ensino-aprendizagem permitiram que escolas de engenharia de destacadas universidades em diferentes continentes criassem cursos e currículos mais eficazes. Programas de ensino estruturados no PBL, ao produzirem maior motivação e engajamento dos alunos, tornaram o papel dos estudantes mais participativo e estimulante. Como consequência, levaram a uma redução da evasão ao longo do curso e produziram profissionais com bagagem técnica e comportamental que passou a atender de forma mais satisfatória às habilidades e capacitação requeridas pelo mercado de trabalho.

A adoção de forma ampla no Brasil de padrões educacionais com base na metodologia PBL nos cursos de engenharia poderá abrir caminho para trazer melhorias sensíveis na qualificação dos cursos de engenharia, na capacitação do corpo docente, na motivação dos alunos, na permanência dos estudantes até a graduação e na qualificação final dos profissionais graduados nas IES do país.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) e ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnológica (CNPq) pelo apoio financeiro; aos professores da Escola Politécnica da UFBA, ao Prof. Dinis Carvalho da Universidade do Minho e à Profa. Caroline Crosthwaite da Universidade de Queensland pela disponibilidade, informações e discussões proporcionadas, e à Juliana Marambaia pelo suporte no levantamento e tratamento de dados.

Referências Bibliográficas

AALBORG. History of Aalborg University. Site: Aalborg University. Disponível em: <<http://www.en.aau.dk/About+Aalborg+University/History+of+Aalborg+University/>>. Acesso em 03 de abril de 2013.

ANGELO, M. F.; BERTONI, F. C. Análise da aplicação do método PBL no processo de ensino e aprendizagem em um curso de Engenharia de Computação. *Revista do Ensino de Engenharia*, v.30. n. 2, pg. 35-42, 2011.

ASTIN, A. W. Student involvement: a developmental theory for higher education. *Journal of College Student Development*, v. 40, n. 5, pg. 518-529, 1999.

BARROWS, H. S. Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, v. 68, p. 3-12, 1996.

BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em 12 de maio 2013.

BRASIL. Microdados do Censo da Educação Superior, INEP/MEC, 2011. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/basica-levantamentos-acessar>>. Acesso em: 10 de março de 2013.

BRASIL. Relatório da Comissão Especial de Estudos sobre a Evasão nas Universidades Públicas Brasileiras. *Diplomação, Retenção e Evasão nos Cursos de Graduação em Instituições de Ensino Superior Públicas*. ANDIFES/ABRUEM/SESU/MEC. Disponível em: <http://www.andifes.org.br/wp-content/files_flutter/Diplomacao_Retencao_Evasao_Graduacao_em_IES_Publicas-1996.pdf>. Acesso em 03 de maio de 2013.

BRASIL. Sinopses da Educação Superior, 2010-2000. INEP-MEC, Brasil, 2012 Disponível em <<http://www.inep.gov.br/superior-censosuperior-sinopse>>. Acesso em 25 de abril de 2013.

CAMPOS, L. C. de PBL (Problem Based Learning) uma nova visão para o ensino superior no Brasil. Palestra no SINPRO-SP – 12/novembro/2009. Disponível em: <http://www.sinprosp.org.br/arquivos/palestras/palestra_sinprosp_12112009.pdf>. Acesso em 20 de outubro de 2012.

CROSTHWAITE, C.; AUBREY, T. Understanding and Reducing Attrition in Engineering Education: Strategies to Maximize Bachelor Degree Completions. In: *Curriculum specification and support for engineering education: understanding attrition, academic support, revised competencies, pathways and access*. Sydney: Australian Learning and Teaching Council, 2011.

CROSTHWAITE, C.; CAMERON, I.; LANT, P.; LITSTER, J. Balancing Curriculum Processes and Content in a Project Centred Curriculum – In Pursuit of Graduate Attributes. *Transactions in Chemical Engineering, Part D*, p. 39-48, 2006.

FELDER, R. M.; BRENT, R. The ABC's of engineering education: ABET, Bloom's taxonomy, cooperative learning, and so on. *Anais: American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*. Salt Lake City: Salt Palace Convention Center, 2004.

FORMIGA, M. M. M; CARMO, L. C. S. Engenharia para o desenvolvimento: inovação, sustentabilidade, responsabilidade social como novos paradigmas. Ed Brasília: SENAI/DN, 2010.

GRAHAM, R. Anais: Achieving Excellence in Engineering Education: The Ingredients of Successful Change. Londres: The Royal Academy of Engineering, 76 p., 2012a.

GRAHAM, R. Case Study 1. Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, Faculty of Engineering Sciences, UCL, UK. Anais: Achieving Excellence in Engineering Education: The Ingredients of Successful Change. Londres: The Royal Academy of Engineering, p. 27-32, 2012b.

GRAHAM, R. Case Study 4. Department of Chemical Engineering of Queensland, Australia. Anais: Achieving Excellence in Engineering Education: The Ingredients of Successful Change. Londres: The Royal Academy of Engineering, p. 41-44, 2012c.

KNIGHT, D. W.; CARLSON, L. E.; SULLIVAN, J. F. Improving engineering student retention through hands-on, team-based, first-year design projects. Anais: 31st International Conference on Research in Engineering Education. Honolulu, junho, 2007.

HOIT, M.; OHLAND, M. The impact of a discipline-based introduction to engineering course on improving retention. Journal of Engineering Education/ASEE, Washington, p. 79-85, 1998.

LEHMANN, M.; CHRISTENSEN, P.; DU, X.; THRANE, M. Problem-oriented and project-based learning (POPBL) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education. European Journal of Engineering Education, Oxfordshire, v. 33, n. 3, p. 283-295, 2008.

LIVRO AZUL. 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Sustentável. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia /Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2010. 101 p. Disponível em: <www.cgее.org.br/publicacoes/livroazul.php> Acesso em 10 de janeiro de 2013.

MANRIQUE, A. L.; DIRANI, E. A. T.; CAMPOS, L. C. PBL em um curso de Engenharia Biomédica: a experiência da PUC. Anais: PBL 2010 Congresso Internacional. São Paulo: EACH/USP, fevereiro 2010.

PAEE 2012. Anais: International Symposium on Project Approaches in Engineering Education – Organizing and Managing Project Based Learning. São Paulo: PUC-SP, julho, 2012.

QUEENSLAND. Site: University of Queensland, Australia. Disponível em: <<http://www.uq.edu.au/news/?article=8503>> Acesso em: 05 de outubro de 2012.

SILVEIRA, M. A. A Formação do Engenheiro Inovador: Uma Visão Internacional. Rio de Janeiro: PUC - Rio, Sistema Maxwell, 2005.

TINTO, V. Promoting student retention through classroom practice. Anais: Conference Enhancing Student Retention: Using International Policy and Practice. Amsterdam: Staffordshire University, novembro 2003.

WOODS, D. R. Problem-Based Learning for Large Classes in Chemical Engineering. Revista New Directions for Teaching and Learning, San Francisco, v. 68, p. 91-99, 1996.

Problem Based Learning: Bringing Enthusiasm to the Classroom and Decreasing Dropout among Engineering Students

F. Lira^a, M. Embiruçu^a

flira@hotmail.com, embirucu@ufba.br

^a PEI-EP-UFBA, Rua Prof. Aristides Novis, nº 2, Federação, CEP: 40210-630, Salvador-BA, Brasil.

Abstract

An intense economic growth supported by sustainable development is forecasted for the next decades in many regions in Brazil. Such accomplishment will be possible only if sustained by a great number of well qualified engineering graduates. This high demand for new engineers will not be attended if the existing high dropout rate and the present qualification of engineering students are maintained. A diagnosis on engineering students' dropout in Brazil and the basis and possibilities to improve the engineering educational process in the country are described in this paper. Positive experiences have shown that the practice of Problem-Based Learning (PBL) pedagogy in engineering education motivates and promotes students' retention along the whole course. This methodology has reduced engineering students' dropout, favored their involvement in projects with partner institutions and improved engineering graduates' skills. Successful examples and results in engineering education through this teaching-learning pedagogy are identified and presented here. As a result of the scenario and experiences described a systematic introduction of PBL system in Brazilian engineering schools is suggested as an effective pathway to motivate pupils, and to bring innovation and a considerable improvement to the educational process in engineering courses in Brazil.

Key-words

Problem-Based Learning, PBL, Engineering, Teaching-Learning, Dropout.

**APÊNDICE B. Artigo Apresentado no ENEGEP 2013 - XXXIII Encontro
Nacional de Engenharia de Produção - 08 a 11/Outubro/2013 -
Salvador/BA**

B. Artigo Apresentado no ENEGEP 2013 - XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção - 08 a 11/Outubro/2013 - Salvador/BA

Ensino-aprendizagem nas engenharias: uma proposta para formar mais e melhores engenheiros no país.

F. Lira, M. Embiruçu

fpplira@hotmail.com , embirucu@ufba.br

PEI-EP-UFBA, Rua Prof. Aristides Novis, nº 2, Federação, CEP: 40210-630, Salvador-BA, Brasil.

Resumo

Engenheiros capacitados a melhorar e desenvolver processos e produtos a partir de matéria prima e fontes de energia ambientalmente sustentáveis são cada vez mais necessários nas organizações brasileiras. Atividades associadas à pesquisa, à inovação e ao desenvolvimento tecnológico passaram a requerer o compartilhamento de conhecimentos multidisciplinares. O ambiente cultural tem se caracterizado por uma forte evolução da tecnologia da informação, por recursos computacionais de ampla disponibilidade e fácil acesso, e por meios de comunicação praticamente instantânea. A expectativa por parte dos alunos para a aquisição e aplicação do conhecimento adquirido de forma estimulante, prática e objetiva assim como das habilidades profissionais associadas se torna então mais presente na sala de aula. Neste contexto, metodologias de ensino nos cursos de engenharia que produzam um aprendizado mais participativo, intenso e com grau de satisfação imediato - em especial desde os primeiros anos de estudo - deverão trazer maior motivação e engajamento dos novos alunos até sua graduação. A adoção da metodologia Aprendizado com Base em Problemas - PBL é proposta para conferir maior eficácia ao processo de formação de novos engenheiros no país.

Palavras-chave

Ensino-aprendizagem, PBL, Educação, Graduação em engenharia.

B.1. Introdução

“Métodos de sucesso permanente na educação formal...fornecem aos alunos algo para fazer, não algo para aprender; e o fazer é de natureza a demandar o pensar ou a observação intencional de conexões; o aprender decorre naturalmente” [DEWEY, 2004].

A dificuldade para a formação de mais e melhores engenheiros no Brasil continua presente, não obstante ser consenso a necessidade crescente da existência de um quadro qualificado desses profissionais para promover a inovação e o crescimento sustentável do país. Contribuem para essa limitação desde fortes deficiências no ensino dos alunos dos Níveis Fundamental e Médio [PAIXÃO, KNOBEL, 2012], como também atestam avaliações realizadas periodicamente no país e no exterior [OECD, 2010], até o distanciamento que empresas e organizações-clientes mantêm da academia, passando ainda por uma elevada taxa de evasão dos alunos de engenharia ao longo do curso.

As Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia do Ministério da Educação [BRASIL, MEC 2002] colocam como objetivo dos cursos preparar profissionais capacitados que reúnam conhecimentos que os habilitem a exercer as competências e habilidades requeridas, tanto técnicas como comportamentais, para a boa prática da profissão. As Diretrizes não sugerem contudo como os objetivos propostos deverão ser atendidos. A identificação de práticas pedagógicas e a aplicação de metodologias de ensino que atendam à orientação das Diretrizes Curriculares pressupõem o envolvimento de departamentos e professores das disciplinas de engenharia na busca de conteúdos e estruturas curriculares que favoreçam a retenção dos alunos e a formação de engenheiros cada vez melhor capacitados.

O presente trabalho busca demonstrar que a prática do ensino por métodos ativos, participativos e centrados na solução de problemas reais, com base em experiências americanas, em que os alunos passam a ter maior responsabilidade pelo seu aprendizado, pode criar um ambiente mais estimulante e colaborativo para o aprendizado nas engenharias [FELDER, 2006]. E propõe da metodologia Aprendizado com Base em Problemas como caminho para tornar mais atraente, estimulante e eficaz o ensino e o aprendizado nos cursos de engenharia.

B.2. Aprendizado com Base em Problemas - PBL

O Aprendizado com Base em Problema (em inglês, *Problem Based Learning*) é uma pedagogia de ensino que envolve a seleção de problemas reais que compõem projetos interdisciplinares a serem trabalhados em sala de aula desde os primeiros semestres do curso, em torno dos quais pequenos grupos de alunos se organizam para sua solução [DE GRAAFF, KOLMOS, 2003]. As disciplinas dos cursos seguem em paralelo e guardam estreita relação com os temas pesquisados nos projetos-problema.

O PBL se caracteriza pela participação ativa e colaborativa dos alunos no processo de aprendizagem, estimulados e orientados por professores-tutores e pode se constituir

alternativa útil, já consolidada em universidades de diversos países, para a promoção de métodos mais eficientes no aprendizado em engenharia neste novo século.

O PBL se mostra uma prática oportuna e eficaz como possibilidade de ensino-aprendizagem, como coloca Savery: “vivemos em um momento peculiar - os alunos podem hoje acessar quantidades enormes de informação o que não se tinha ouvido falar uma década atrás, e há mais do que problemas suficientes para se escolher dentro de um grupo de disciplinas. Em minha opinião é de importância capital que gerações de alunos hoje e no futuro venham experimentar a abordagem do aprendizado com base em problemas e se envolvam em atividades voltadas à busca de soluções construtivas” [SAVERY, 2006].

B.3. Considerações

No Encontro Anual de 2005 da Academia Nacional de Engenharia – NAE dos Estados Unidos, o presidente emérito do *Massachusetts Institute of Technology*, MIT [VEST, 2005], ressaltou que educadores em engenharia devem tocar a paixão, a curiosidade, o compromisso e os sonhos dos alunos, porque são esses atributos que alimentam a motivação dos estudantes. Mais adiante ele acrescenta que educadores nas engenharias costumam treinar homens e mulheres que promovem mudanças tecnológicas, mas por vezes esquecem que esses profissionais devem atuar em ambientes sob permanente desenvolvimento social, econômico e político. No longo prazo, ele coloca ainda, tornar a universidade e escolas de engenharia estimulantes, criativas, ousadas, acuradas, exigentes e que habilitem os profissionais para atuar socialmente é mais relevante que a tarefa de especificar especificidades dos currículos dos cursos.

Essas colocações alertam que a capacitação das instituições de ensino em engenharia para abordar de forma adequada e integral os aspectos que transcendem as disciplinas que compõem o currículo é fator fundamental para a motivação e capacitação final dos futuros engenheiros.

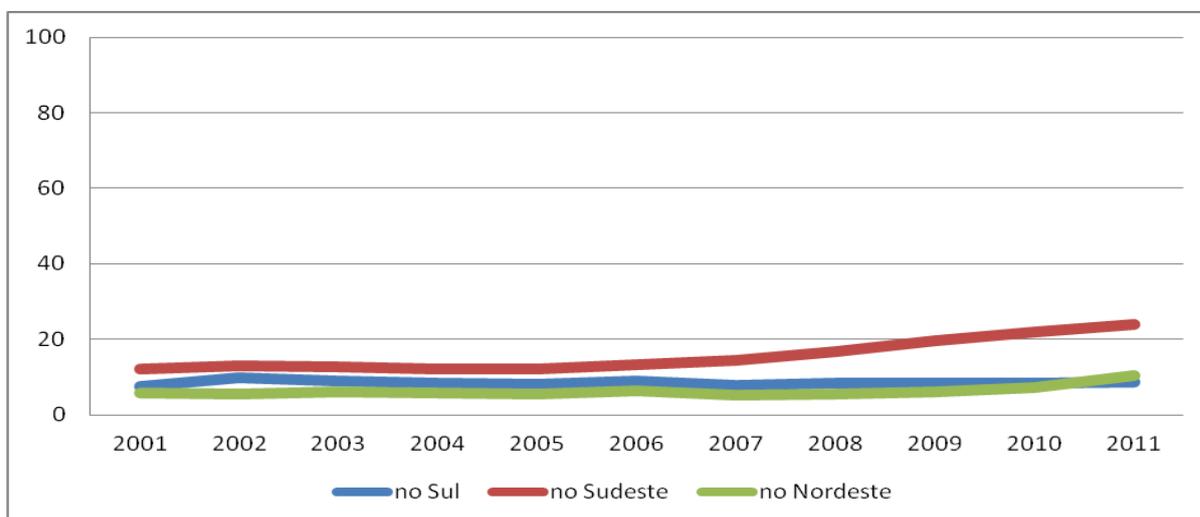
A 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação [CNCTI, 2010] constatou que ‘um salto qualitativo e quantitativo no desenvolvimento da ciência, da tecnologia e da inovação no Brasil requer um programa coerente para a educação nos próximos anos, devendo ser incentivados cursos inovadores que explorem a interdisciplinaridade e promovam a formação de profissionais versáteis e criativos’. Assim, ao mesmo tempo em que este fórum reforçou o papel relevante das engenharias no desenvolvimento do país, alertou para a necessidade de se promover modificações no sistema de ensino-aprendizagem que levem à formação de novos engenheiros com um perfil compatível para enfrentar os desafios das comunidades em que deverão atuar.

B.3.1. Ingresso e Permanência dos Alunos nos Cursos de Engenharia

Uma das consequências do baixo desempenho em matemática e ciências dos alunos do Nível Fundamental e Médio é contribuir para um número relativamente reduzido de candidatos às engenharias por vagas oferecidas em cada curso de engenharia.

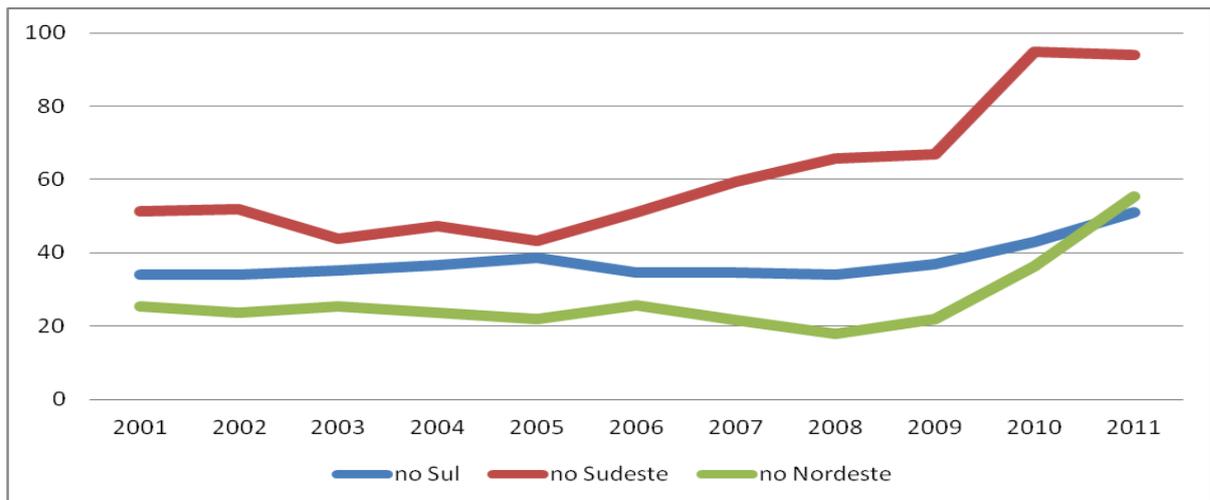
Dados elaborados a partir dos Microdados do Censo da Educação Superior [BRASIL, INEP, 2013] no período 2001-2011 apontam uma relação média candidatos/vaga da ordem de seis na Região Nordeste, de nove na Região Sul e de treze no Sudeste – com uma elevação a partir de 2007 - como mostrado na **Figura 12**. Estes dados foram levantados para alunos dos cursos de Engenharia Civil, Mecânica, Química, Elétrica, de Minas, e Sanitária e Ambiental. Os cursos pesquisados incluíram as Universidades Federais da Bahia/UFBA, Alagoas/UFAL, Pernambuco/UFPE, Paraíba/UEPB, Rio Grande do Norte/UFRN, Ceará/UFC, Piauí/UFPI e Maranhão/UFMA, no Nordeste; UFRJ/Rio de Janeiro, UFMG e UFV/Minas Gerais e UNICAMP/São Paulo, no Sudeste; e a UFPR/Paraná, UFSC/Santa Catarina e UFRGS/Rio Grande do Sul, na região Sul.

Figura 12. Relação nº de candidatos/nº de vagas em cursos de engenharia/ 2001-2011



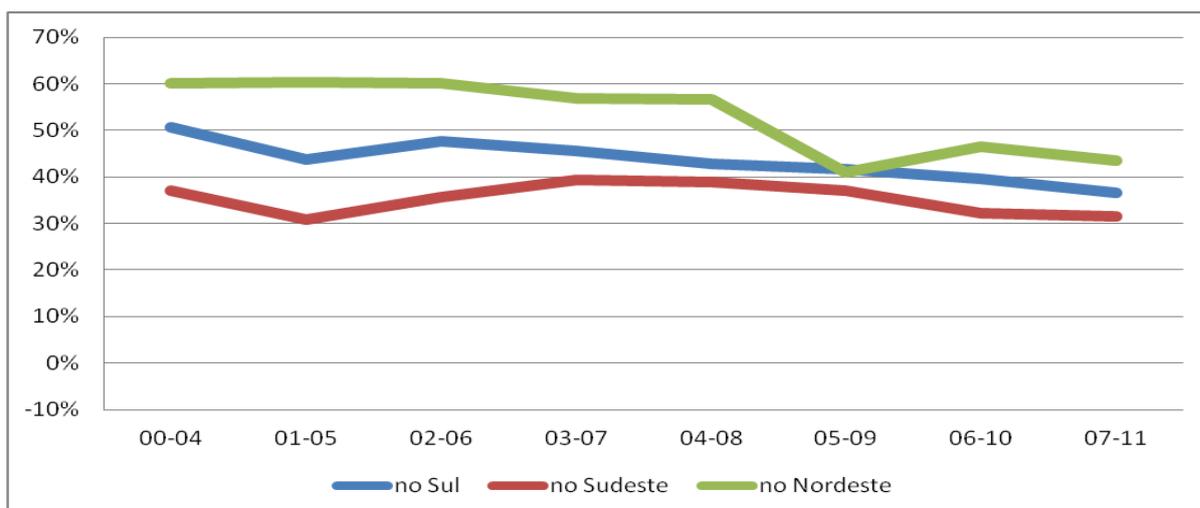
Fonte: BRASIL, INEP [2013].

A mesma relação candidatos por vagas, aplicada aos cursos de Medicina das mesmas instituições, mostrou valores médios bem mais elevados no mesmo período considerado. Esta relação apresentou valor superior a 25, para cursos da região Nordeste, superior a 50 e atingindo 95, na região Sudeste, e no patamar entre 35 e 50 para os cursos na região Sul, como mostrado na **Figura 13**. Tais valores apontam uma relação candidatos/vagas para os cursos de medicina 4 a 5 vezes superior à mesma relação para os cursos de engenharia avaliados. Este indicador mostra que uma taxa de atração maior é possível, o que deve estimular uma elevação não apenas quantitativa como qualitativa no perfil de candidatos aos cursos de engenharia, conferindo uma melhor qualificação aos futuros engenheiros no país.

Figura 13. Relação nº de candidatos/nº de vagas em cursos de medicina/ 2001-2011

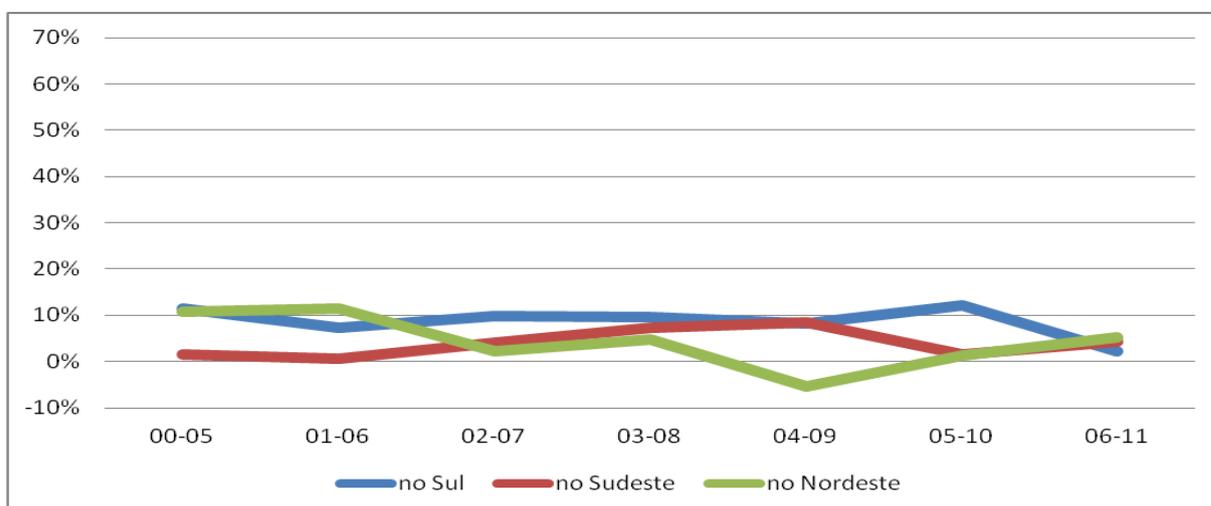
Fonte: BRASIL, INEP [2013].

Uma vez matriculados nos cursos de engenharia, fatores de natureza diversa têm levado a uma taxa média de evasão total bastante elevada, valor medido indiretamente através do número de alunos concluintes em um dado ano-curso em relação ao número de alunos que ingressaram neste curso quatro anos antes. Como mostrado na **Figura 14**, as taxas de evasão oscilaram entre 40% e 60% na Região Nordeste, de 35% a 50% na Região Sul e entre 30% e 40% na Região Sudeste, no período de 2001 a 2011. Não obstante o cálculo rigoroso desse indicador ser possível apenas através do rastreamento individual do percurso de cada aluno ao longo da graduação, valores de evasão total calculados ao longo de onze anos permitem diluir o efeito de diversos eventos que afetam este parâmetro, como períodos prolongados para graduação, trancamentos de matrícula, desistências e transferências de alunos durante o curso, tornando representativa a evolução mostrada deste indicador. As taxas de evasão foram obtidas dos Microdados do Censo da Educação Superior do INEP, para os mesmos cursos e instituições mencionados.

Figura 14. Valores médios de evasão total em cursos de engenharia no Brasil/ 2000-2011

Fonte: BRASIL, INEP [2013].

Para efeito de comparação, a **Figura 15** mostra dados de evasão nos cursos de medicina das mesmas universidades selecionadas nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste.

Figura 15. Valores médios de evasão total em cursos de medicina no Brasil / 2000-2011

Fonte: BRASIL, INEP [2013].

A comparação destes indicadores entre cursos de engenharia e de medicina busca provocar uma reflexão sobre os fatores que podem justificar a elevada taxa de permanência dos alunos até o final do curso de medicina, e mostrar que melhores indicadores são possíveis de ser atingidos. Característica positiva na medicina é o fato dos alunos serem envolvidos, desde o início do curso, em atividades que claramente representam o campo profissional do futuro médico, tanto nas disciplinas do currículo como nas práticas desenvolvidas em hospitais.

Esta é certamente uma condição distinta dos cursos de engenharia, onde as disciplinas chamadas profissionalizantes, como podem ser observadas na grade curricular dos cursos de engenharia a exemplo de algumas universidades já mencionadas [UFBA, 2013; UFRGS, 2013; UNICAMP, 2013], ocorrem principalmente do terceiro ano do curso em diante. Além disso, os trabalhos de conclusão de curso são frequentemente realizados a partir do 9º semestre da graduação, como mostram estas mesmas grades curriculares. Desta forma, o completo entendimento e percepção sobre o que é 'ser engenheiro' e 'fazer engenharia' surge praticamente ao final do curso, podendo provocar desânimo ao aluno quanto à realização da profissão no início do curso.

B.3.2. Interação Empresa → Academia

Um fator relevante que pode contribuir para uma formação mais abrangente dos profissionais de engenharia é o intercâmbio saudável de conhecimento e experiência entre universidades e empresas do setor produtivo. Uma permanente troca de conhecimentos e práticas pode ser possível nesta interação, como tem sido adotada há um bom tempo por inúmeras instituições de ensino e empresas de reconhecido desempenho na Alemanha, Inglaterra e Estados Unidos, dentre outros países.

No Brasil esta não é ainda uma prática intensa e amplamente difundida. Do ponto de vista da academia permanece a visão de uma parcela de instituições e departamentos de que a necessidade de preservação da autonomia e independência acadêmicas no processo de ensino recomenda certo distanciamento da indústria: "a submissão da educação aos interesses imediatos do mercado é o principal dispositivo dessa construção, podendo levar a universidade pública, no país, a redefinições, de ordem objetiva e subjetiva, que se estendem desde a privatização de interesses, propósitos e objetivos universitários, antes de caráter público, definidos coletiva e socialmente, até à privatização da cultura universitária acumulada na prática histórica do trabalho do conjunto dos sujeitos universitários. Essa privatização acarreta a mercantilização do pensar, da elaboração de ideias e do trabalho intelectual; como também da superioridade inquestionável do individual sobre o coletivo, do sucesso pessoal sobre a solidariedade" [MANCEBO, FÁVERO, 2004]. Esta posição diverge do que tem sido praticado por importantes universidades no exterior e no próprio país.

As dificuldades existentes por parte das empresas não são menores. Pesquisa conduzida no 1º trimestre de 2013 procurou avaliar parâmetros que traduzissem o grau de interação entre as empresas e a academia no universo das fábricas do Pólo Industrial de Camaçari. As 65 empresas consultadas atuam em setores tão diversos como o automobilístico, fertilizantes, papel e celulose, defensivos agrícolas, metalurgia do cobre, química e petroquímica, pneus, bebidas, monitoramento ambiental e tratamento de efluentes, geração de energia elétrica, tubulações em PVC e produção de gases industriais, o que confere representatividade do mercado local para profissionais de engenharia e do potencial interesse na sua formação. Estas empresas, com destaque no cenário nacional e internacional, têm um faturamento global da ordem de U\$ 15 bilhões, contam com 15.000 empregados diretos e 30.000 em empresas contratadas, somam um investimento realizado total de U\$ 16 bilhões e representam 20% do PIB do estado da Bahia [COFIC, 2013].

A aplicação do questionário permitiu uma primeira constatação: ao longo de três meses apenas seis empresas, ou seja, 10% das instituições consultadas enviaram resposta. Principais observações:

- As empresas praticamente sempre contratam engenheiros formados em universidades baianas;
- Em uma escala de 1 (até 2 projetos) a 5 (9 ou mais projetos) foi solicitado avaliar o número médio anual de projetos envolvendo a academia e as empresas, nos últimos cinco anos. O resultado ficou em torno de 1,3, para projetos envolvendo apenas professores de escolas de engenharia de Salvador, projetos envolvendo professores e alunos de cursos de graduação e projetos com alunos e professores de cursos de pós-graduação em engenharia;
- Em uma escala de 1 [nunca] a 5 [atendimento integral], as empresas ficaram no valor médio de 4 quanto aos engenheiros contratados atenderem à expectativa de conhecimentos e habilidades requeridos para um desempenho adequado na empresa;
- Em uma escala de 1 (nunca) a 5 (sempre), as empresas pontuaram uma média de 2,8 para a inclusão no plano anual de trabalho dos engenheiros de participação em palestras, mesas-redondas e atividades correlatas junto às universidades. Por outro lado, se obteve uma média de 1,7 para a presença na empresa de professores dos cursos de engenharia para participarem de seminários, palestras ou eventos semelhantes;
- É praticamente inexistente o compartilhamento de laboratórios da empresa em trabalhos envolvendo alunos e professores da universidade.

Não obstante o retorno dos questionários ter sido inferior ao desejado, se há razoável frequência na contratação de profissionais formados na Bahia e há concordância que sua capacitação frequentemente atende às expectativas do que as empresas precisam, há uma reduzida ocorrência de estudos e projetos compartilhados entre cursos de engenharia de universidades de Salvador e este conjunto de empresas. Seja com a presença de profissionais das empresas nas universidades seja com a participação de professores e alunos desenvolvendo atividades nas empresas.

B.3.3. Interação Academia → Empresa

Criada originalmente no curso de Ciências da Saúde da Universidade McMaster no Canadá [BARROWS, 1996] e adotado em inúmeros cursos de medicina no mundo desde então, o PBL – Aprendizado com Base em Problemas – é uma metodologia pedagógica que tem sido cada vez mais aplicada em cursos de engenharia em vários continentes. No Brasil diversos cursos de engenharia já utilizam o PBL em suas grades de ensino, como pôde ser observado no *Project Approach in Engineering Education - 2012*, encontro realizado na PUC-SP onde mais de 30 trabalhos de universidades de oito estados foram apresentados [PAEE, 2012].

O PBL reúne atributos e características que permitem criar um ambiente favorável para projetos colaborativos com empresas e instituições afins, induzindo forte motivação e permanência dos alunos no curso, assim como seu comprometimento com o processo de aprendizagem.

Visando aferir a percepção em uma instituição de ensino sobre a prática do PBL e a expectativa quanto a fatores favoráveis ou não à sua implantação, um questionário foi aplicado ao corpo docente dos cursos de engenharia da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Em torno de 165 professores participaram da pesquisa, 12 respostas foram recebidas. Cinco perguntas iniciais buscaram conhecer a relação do professor com o PBL. Os resultados das questões colocadas apontaram que a maior parte dos professores desconhece a metodologia PBL, assim como não participou de eventos que tratassem deste assunto, mas a grande maioria considerou válida e positiva a experiência do PBL. A pesquisa mostrou ainda não ter praticamente havido participação dos professores em discussões sobre o PBL e sua aplicação, via reuniões, encontros ou congressos, tanto internamente na EPUFBA como em outras universidades.

Quinze perguntas adicionais abordaram aspectos envolvendo o professor, a instituição e a relação academia-empresa quanto às expectativas sobre a introdução da metodologia PBL na EPUFBA. O grau de impacto de cada fator avaliado variava de 1-baixo, 2-médio até 3-elevado. O resultado obtido foi o seguinte:

1. As cinco questões sobre o papel do professor levaram em conta a disponibilidade de tempo para capacitação no PBL [2,1], sua motivação para novas práticas de ensino [2,3], a baixa disponibilidade de tempo para atuar como tutor [2,3], o peso da avaliação profissional baseada na dedicação à pós-graduação e na publicação de artigos [2,3] e o baixo reconhecimento da instituição quanto ao esforço dedicado pelo docente ao PBL [2,1]. O resultado obtido situou em torno de 'médio' o impacto esperado quanto aos cinco aspectos avaliados;
2. As cinco questões seguintes avaliaram o impacto dentro da instituição EPUFBA: quanto à limitada motivação para iniciar modificações da natureza e dimensão do PBL [2,5] e dificuldades para os departamentos dirigirem o novo foco para conteúdos e projetos multidisciplinares [2,2] o impacto ficou entre médio e grande; quanto a grandes dificuldades na adaptação das grades curriculares para incorporar o PBL [1,8] e sobre a organização e estrutura da EPUFBA não serem compatíveis com o PBL [1,5] o impacto esperado ficou entre baixo e médio; e foi esperado um impacto médio quanto a uma possível inadequação do projeto pedagógico da instituição para absorver a nova metodologia [2,0];
3. Cinco questões avaliaram a qualidade da interação academia-empresa: detectado em torno de 'médio' o impacto relacionado à pouca disposição e interesse das empresas em participar de projetos de graduação [2,2], ao baixo interesse das empresas em contribuir com a formação dos novos engenheiros [2,1] e à dificuldade para profissionais das empresas participarem de programas e palestras na EPUFBA [2,2]; assim como quanto à pouca disponibilidade dos professores interagirem com as empresas da região [1,9] e ao baixo interesse dos

professores em compartilhar projetos com as empresas [1,7]. É percebida aqui uma maior dificuldade para haver um movimento das empresas na direção da academia que o movimento inverso, dos professores procurarem as empresas.

B.4. Discussão

As respostas recebidas nos questionários reforçam a dificuldade de empresas e da academia estabelecerem programas de trabalho conjunto de forma permanente e sistemática. A baixa interação presente na relação entre professores dos cursos de engenharia e profissionais da indústria limita a contribuição para elevar o entusiasmo dos alunos e enriquecer o ensino nas engenharias. Este frequente distanciamento pode contribuir para a baixa quantidade de engenheiros formados a cada ano, em relação aos que se matricularam, e dificulta atender a expectativa de atingirem uma qualificação compatível com o perfil profissional estabelecido pelas Diretrizes Nacionais brasileiras, que refletem as competências profissionais que o campo de trabalho está a demandar dos novos engenheiros.

A implantação de medidas ao alcance da academia e das empresas pode reverter este quadro. Metodologias de ensino-aprendizagem que promovam uma integração entre interesses e objetivos compartilhados e que tragam problemas reais para o sistema de ensino nas engenharias tendem a promover razoável grau de sucesso na formação dos novos engenheiros. Um sistema de ensino-aprendizagem em que os alunos exerçam um papel ativo e de maior responsabilidade sobre seu próprio aprendizado deverá trazer maior motivação e satisfação até sua graduação.

A incorporação de forma ampla no ensino das engenharias da pedagogia com base no PBL se fundamenta em experiências de sucesso praticadas em universidades do país e do exterior. O aprendizado das engenharias em torno da solução de problemas reais, identificados dentro do processo de ensino-aprendizagem e envolvendo a colaboração de instituições parceiras, motivou o envolvimento das empresas no processo. Ao se montar projetos em torno dos quais se dará o aprendizado aumenta a responsabilidade do aluno pelo seu processo de formação. Condições para o autoestudo e o autoaprendizado permitem ao aluno ‘mergulhar na profissão’ desde o primeiro dia de aula. Projetos estruturados e conduzidos desde o início do curso, orientados pelo professor-tutor, levam ainda os alunos a interagir com o ambiente social onde o conhecimento e as habilidades adquiridos serão aplicados.

Uma grade curricular com um conjunto de disciplinas clássicas em paralelo a disciplinas ligadas a projetos, adotadas desde o início do curso tem se mostrado eficaz na retenção e formação de estudantes de engenharia. Como descreve Kavanagh com relação ao curso de engenharia química da Universidade de Queensland, Austrália, ‘enquanto disciplinas com projetos de final de curso são um veículo efetivo para o aconselhamento na carreira, a abordagem Currículo Centrado em Projetos – PCC busca introduzir e estender estes benefícios, construindo projetos desde os primeiros anos do curso’ [KAVANAGH, CROSTHWAITE 2007]. A Universidade de Aalborg, na Dinamarca, adotou com sucesso a estratégia de aplicar a toda estrutura curricular dos seus cursos de engenharia a metodologia PBL [LEHMANN *et al.*, 2008]. Experiências positivas em graus diferentes de implantação têm sido demonstradas nos cursos de Engenharia de Produção da UnB-DF [SANTOS *et al.*, 2012], Engenharia da Computação da

UEFS-BA [ANGELO *et al.*, 2009] e Engenharia Biomédica da PUC-SP [MANRIQUE *et al.*, 2010], todos estruturados em torno do PBL.

B.5. Conclusão

O desafio para se promover uma elevação da quantidade e qualificação dos engenheiros formados no Brasil permanece. Por outro lado há uma baixa atração de novos e melhores candidatos aos cursos de engenharia, perceptível na baixa relação candidatos/vagas nos vestibulares no país, e um elevado custo e sensível grau de ineficiência no processo educacional refletidos nas elevadas taxas de evasão observadas nas três regiões de maior densidade populacional do país.

Constata-se uma prática restrita de atividades universidade-empresa, com conseqüente limitada contribuição que esta interação poderia trazer para expandir a formação e a qualificação dos novos engenheiros.

Uma ampla adoção do ensino fundamentado no Aprendizado com Base em Problemas pode tornar os cursos de engenharia mais atrativos, injetar motivação e comprometimento desde os primeiros anos do curso e estimular a graduação de um maior número de engenheiros com melhor perfil para exercer a profissão.

Referências

ANGELO, M.F. *et al.*, (2009). *Análise da Aplicação do Método PBL no Processo de Ensino e aprendizagem em um curso de Engenharia de Computação*, Anais do COBENGE 2009, Recife, PE.

BARROWS, H. S., (1996). *Problem-based learning in medicine and beyond: a brief overview*. New Directions for Teaching and Learning, v. 68, p. 3-12.

BRASIL INEP, (2013). MEC Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais - INEP. *Microdados do Censo da Educação Superior*. Taxas de Evasão nos Cursos de Engenharia no Brasil e Relação Candidatos/Vagas.

BRASIL MEC, (2002). Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Câmara de Educação Superior. *Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia: Resolução CNE/CES 11/2002*. Diário Oficial da União, Brasília, 9 de abril de 2002, Seção 1, p.32. Disponível em <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>.

DEWEY, J., (2004) *Thinking in Education*, in Democracy and Education. Disponível em: <<http://www.studenthandouts.com/Texts/dewey1.pdf>>. Acesso em: 10/04/2013.

CNCTI, (2010). 4ª Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação. Brasília.

COFIC, (2013). *O POLO, Dados Econômicos*. Site <www.coficpolo.com.br>.

DE GRAAFF, E.; KOLMOS, A., (2003). *Characteristics of problem-based learning*. International Journal of Engineering Education, 19(5), p. 657-662.

FELDER, R. M. (2006), *Teaching Engineering in the 21st Century with a 12th-Century Teaching Model: How bright is that?* Chemical Engineering Education, 40 (2), 110-113, 2006.

KAVANAGH, L.; CROSTHWAITE, C., (2007). *Triple Objective Team Mentoring*. Education for Chemical Engineers, Trans IChemE, Part D, Volume 2.

LEHMANN, M. *et al.*, (2008). *Problem-oriented and project-based learning (POPBL), as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education*. European Journal of Engineering Education, v. 33, n. 3, p. 283-295.

MANCEBO, D., FÁVERO, M., (2004). *UNIVERSIDADE: Políticas, avaliação e trabalho docente*. São Paulo: Cortez Editora.

MANRIQUE, A.L. *et al.*, (2010). *PBL em um curso de Engenharia Biomédica: a experiência da PUC-SP*, PBL 2010 Congresso Internacional. São Paulo, Brasil. Disponível em: <http://each.uspnet.usp.br/pbl2010/trabs/trabalhos/TC0401-2.pdf>. Acesso em: 10/11/2012. Acesso em: 15/10/2012.

OECD, (2010). *PISA 2009 Results: What Students Know and Can Do – Student Performance in Reading, Mathematics and Science (Volume I)*. Disponível em: <http://oecd.org/pisa/pisaproducts/48852588.pdf>. Acesso em 10/12/2012.

PAEE, (2012). International Symposium on Project Approach in Engineering Education. São Paulo-SP.

PAIXÃO, F.; KNOBEL, M., (2012). *O verdadeiro gargalo na formação de engenheiros*. Revista do Ensino Superior da UNICAMP. Disponível em: www.revistaensinosuperior.gr.unicamp.br/artigos/o-verdadeiro-gargalo-na-formacao-de-engenheiros. Acesso em: 08/11/2012.

SANTOS, F.H.S. *et al.*, (2012). *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*, International Symposium on Project Approach in Engineering Education, p. 383-390. São Paulo-SP.

SAVERY, J.R., (2006). *Overview of Problem-based Learning: Definitions and Distinctions*. Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, V. 1, No. 1, 2006 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7771/1541-5015.1002>. Acesso em: 20/05/2012.

UFBA, (2013). Site da Universidade Federal da Bahia. *Graduação, Área I, Cursos de Engenharia, Grades curriculares*. www.ufba.br.

UFRGS, (2013). Site da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Ensino, Cursos, Engenharias, Currículo*. www.ufrgs.br, 2013.

UNICAMP, (2013). Site da Universidade Federal de Campinas - UNICAMP. *Graduação, Área I, Cursos de Engenharia, Grades curriculares*. www.ufba.br, 2013.

VEST, C. M., (2005). *Educating Engineers for 2020 and beyond*. Palestra no NAE Annual Meeting, Oct. 2005.

APÊNDICE C. Carta-Consulta com Questionário Enviada aos Professores da EPUFBA

C. Carta-Consulta com Questionário Enviada aos Professores da EPUFBA

Salvador, 30 de janeiro de 2013

QUESTIONÁRIO - PROFESSORES DAS ENGENHARIAS DA UFBA-EP

Mestrado PEI-EP-UFBA - Fernando Lira

O questionário abaixo visa à colaboração com uma dissertação do Mestrado Profissionalizante do PEI-EP-UFBA que trata de “Diagnóstico e Proposições para o Desenvolvimento das Engenharias na Bahia”.

Uma metodologia que poderá fazer diferença no processo de ensino-aprendizagem nos cursos de engenharia é o sistema Aprendizado com Base em Problemas ou na sigla em inglês PBL - *Project Based Learning*. Essa metodologia teve início algumas décadas atrás no Canadá em cursos de graduação em Medicina e depois se disseminou em cursos de engenharia em importantes universidades do mundo. Há exemplos no Brasil de experiências mais recentes na adoção desta metodologia em disciplinas de cursos de engenharia desde o Sul até a região Norte do país. No evento PAEE'2012 - *Project Approaches in Engineering Education*, ocorrido em julho/2012 na PUC-SP, foram apresentados mais de 30 projetos em torno da prática em PBL hoje em execução no país.

O Aprendizado com Base em Problemas envolve a seleção de problemas reais - originados na indústria, instituições interessadas ou na comunidade próxima - que alimentam projetos a serem propostos no primeiro semestre do curso. Em torno deles pequenos grupos de até seis alunos se organizam para sua solução. As disciplinas dos cursos devem guardar estreita combinação com os temas a serem pesquisados nos projetos para a solução dos problemas. Estes podem ter duração semestral ou se desdobrar por vários semestres. O PBL se caracteriza pela participação fortemente ativa e colaborativa dos alunos no processo de aprendizagem, orientados por professores-tutores na condução geral dos grupos de trabalho e pela montagem de projetos de natureza multidisciplinar. Podem ainda envolver alunos e disciplinas de diferentes cursos. Há casos de implantação do PBL desde um ou mais cursos de uma instituição, até a aplicação integral da metodologia em todos os currículos de todos os cursos de engenharia de uma dada universidade. Evidências mostram que essa metodologia tem trazido motivação e comprometimento dos alunos desde o início do curso, e sua fixação no curso até a graduação em engenharia. Tem contribuído ainda na aquisição do conhecimento técnico clássico requerido de forma mais dinâmica assim como das habilidades no campo comportamental e da comunicação, igualmente necessárias para uma eficiente atuação profissional.

O objetivo deste questionário é avaliar o conhecimento a respeito da metodologia PBL - seu conteúdo, aplicações e sua correlação com instituições e empresas da região - por parte dos professores dos cursos de engenharia da EP-UFBA.

Agradeço desde já sua atenção em dedicar parte do seu tempo para responder a consulta abaixo e encaminhá-la em seguida para fplira@hotmail.com, de preferência até 28/fev/2013.

Cordialmente,

Fernando Lira

71.99653326

fplira@hotmail.com

1. Você conhece a metodologia de ensino conhecida por Aprendizado com Base em Problemas [em inglês PBL - *Problem Based Learning*] aplicada no ensino das engenharias?

| | | |
|-----|-------------------------|-----------------|
| Não | Apenas superficialmente | Sim, em detalhe |
|-----|-------------------------|-----------------|

Comentários:

2. Você já esteve presente ou participou de eventos - congressos, seminários, mesas-redondas, debates - sobre o tema Aprendizado com Base Problemas, no Brasil ou no exterior?

| | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|
| Nunca | Raramente | Às vezes | Frequentemente | Sempre |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|

Comentários:

3. Você acredita ser esta uma experiência válida e positiva a ser experimentada na EP-UFBA?

| | | |
|-----|-------------------------|-----|
| Não | Requer melhor avaliação | Sim |
|-----|-------------------------|-----|

Comentários:

4. Você já participou ou participa, juntamente com professores da Escola Politécnica, de estudo ou avaliação sobre a oportunidade ou condição de aplicação do método PBL em cursos de engenharia na EP-UFBA?

| | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|
| Nunca | Raramente | Às vezes | Frequentemente | Sempre |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|

Comentários:

5. Você já se envolveu com atividades/projetos a partir do Aprendizado com Base em Problemas desenvolvidos em cursos de engenharia da EP-UFBA, de outras universidades do Brasil ou em universidades do exterior?

| | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|
| Nunca | Raramente | Às vezes | Frequentemente | Sempre |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|

Quais:

Comentários:

6. Alguns aspectos podem se mostrar mais ou menos críticos ao se considerar a possibilidade de implantação, total ou parcial, de uma nova metodologia de ensino. Isso em função de suas características pedagógicas e efeitos sobre a organização e a estrutura da instituição, dos impactos causados na grade curricular vigente e dos ajustes necessários nas práticas de ensino já experimentadas.

Peço indicar em cada item abaixo - levantados a partir de experiências relatadas no Brasil e no exterior - em uma escala de 1 [baixo], 2 [médio] e 3 [elevado], qual seria na sua percepção o **grau do impacto que cada fator listado** pode representar ao se considerar a introdução desta metodologia na EP-UFBA:

1 - pouca disponibilidade de tempo para professores se capacitarem na metodologia PBL: _1
_2 _3

2 - limitada motivação na EP-UFBA para se iniciar uma modificação dessa natureza e dimensão:
_1 _2 _3

3 - baixa motivação dos professores para alterarem suas práticas de ensino: _1 _2 _3

4 - baixa alocação de tempo do professor para atuação como tutor em projetos PBL: _1 _2 _3

5 - grandes dificuldades na adaptação das grades curriculares para incorporar o PBL: _1 _2 _3

6 - baixo reconhecimento na organização EP-UFBA do esforço dedicado ao PBL: _1 _2 _3

7 - alto peso da avaliação dos docentes nos focos "pós-graduação" e "publicação de artigos":
_1 _2 _3

8 - inadequação do projeto pedagógico da EP-UFBA para absorção da metodologia PBL: _1 _2
_3

9 - organização e estrutura da EP-UFBA não compatíveis com o PBL: _1 _2 _3

10 - dificuldade nos departamentos para novo foco em conteúdos e projetos multidisciplinares: _1 _2 _3

11 - pouca disposição e interesse das empresas/indústrias em participar de projetos na graduação: _1 _2 _3

12 - baixo interesse das empresas/indústrias em contribuir com a formação dos novos engenheiros: _1 _2 _3

13 - dificuldade de profissionais das empresas participarem de programações e palestras na EP-UFBA: _1 _2 _3

14 - pouca disponibilidade dos professores em interagirem com as empresas da região: _1 _2
_3

15 - baixo interesse dos professores em compartilhar projetos com as empresas: _1 _2 _3

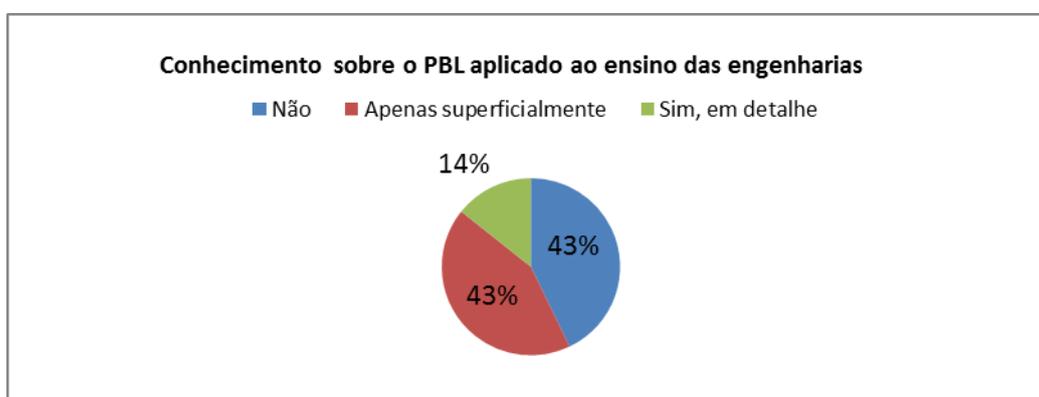
APÊNDICE D. Resultados da Pesquisa junto aos Professores das Engenharias da EPUFBA

D. Resultados da Pesquisa junto aos Professores das Engenharias da EPUFBA

D.1. Percepção e Conhecimento Geral do Quadro Docente da EPUFBA sobre a Prática do PBL

As **Figura 16** a **Figura 20** resumem os resultados obtidos com a pesquisa junto aos professores da EPUFBA, no que se refere à sua percepção e conhecimento geral sobre a Prática do PBL.

Figura 16. Conhecimento sobre a metodologia de ensino conhecida por Aprendizado com Base em Problemas [em inglês PBL - *Problem Based Learning*] aplicada no ensino das engenharias



Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 17. Presença ou participação em eventos - congressos, seminários, mesas-redondas, debates - sobre o tema Aprendizado com Base Problemas, no Brasil ou no exterior



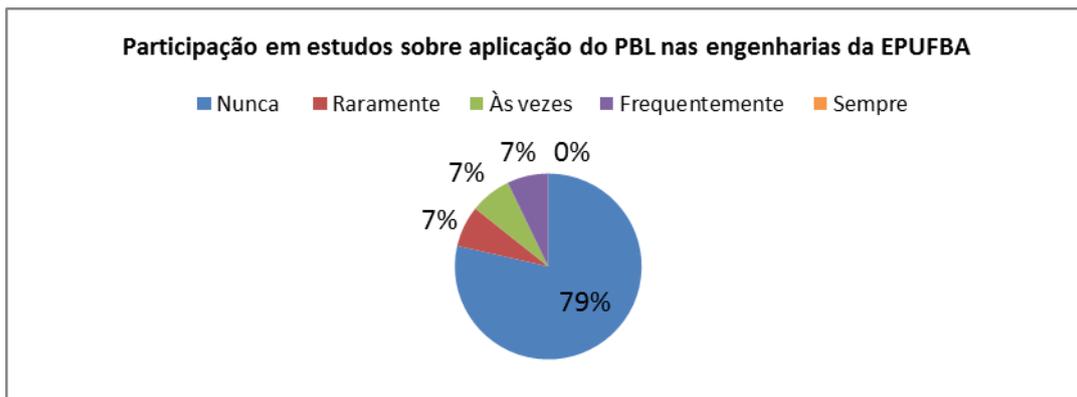
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 18. Crença de que o PBL pode ser uma experiência válida e positiva a ser experimentada na EP-UFBA



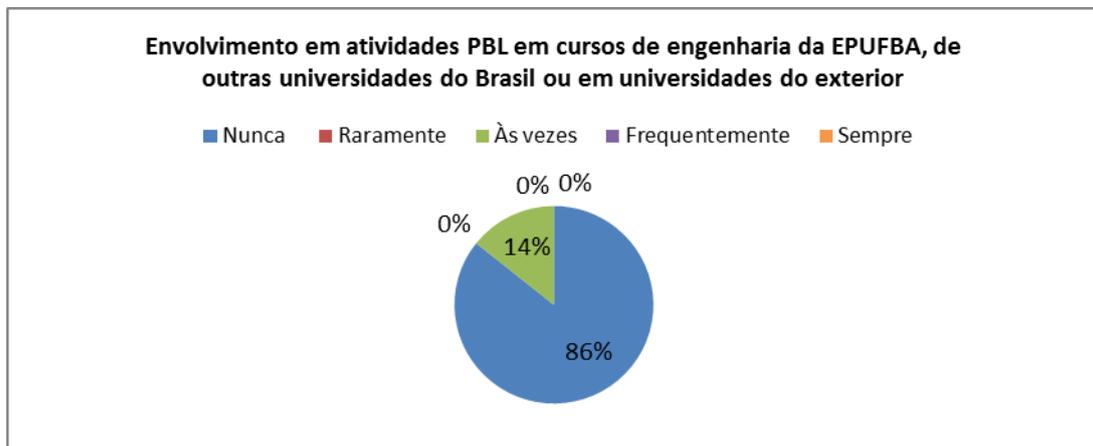
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 19. Participação em estudos ou avaliações sobre a oportunidade ou condição de aplicação do método PBL em cursos de engenharia na EP-UFBA



Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 20. Envolvimento com atividades/projetos a partir do Aprendizado com Base em Problemas desenvolvidos em cursos de engenharia da EP-UFBA, de outras universidades do Brasil ou em universidades do exterior



Fonte: Elaboração pelo autor.

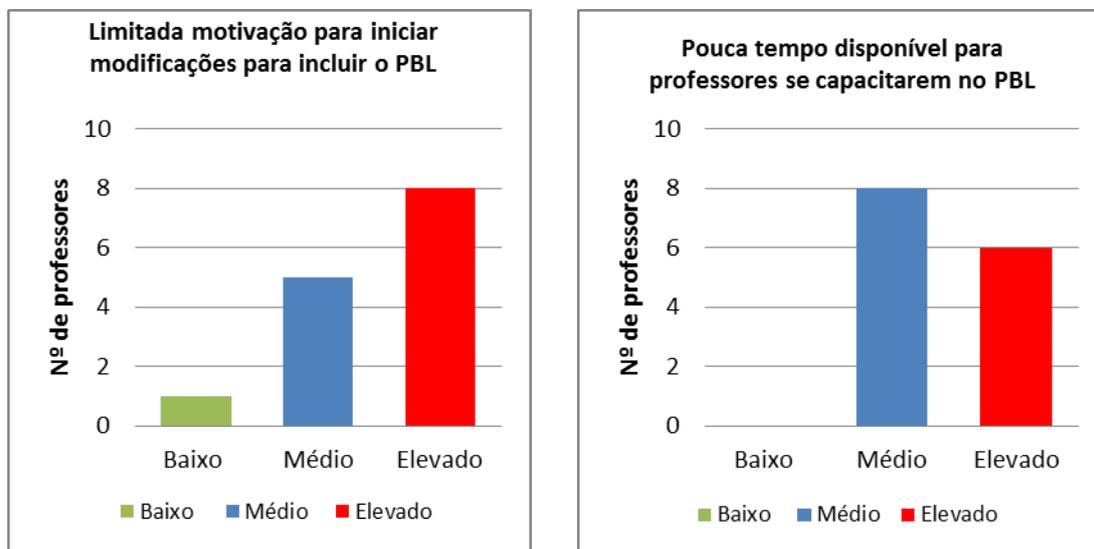
D.2. Avaliação Qualitativa quanto ao Grau de Impacto de Determinados Fatores na Introdução da Metodologia PBL nos Cursos da EPUFBA

Nesta seção são mostrados os resultados da avaliação qualitativa dos professores quanto ao grau do impacto que os fatores listados nas seções a seguir podem representar ao se considerar a introdução da metodologia PBL (Aprendizagem com Base em Problemas) nos cursos da EPUFBA.

D.2.1. Impacto sobre o Papel e a Condição de Trabalho dos Professores

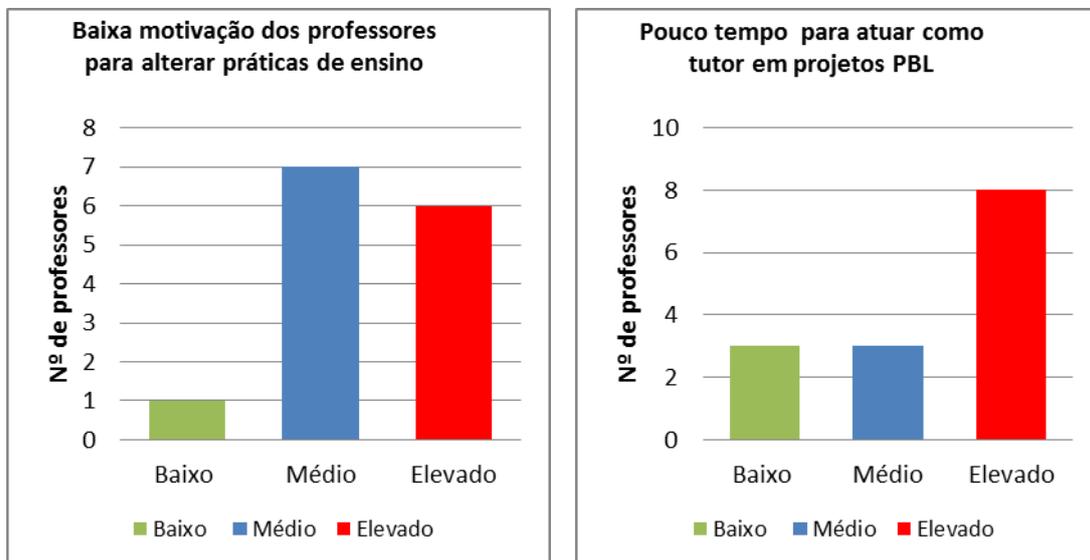
As **Figura 21** a **Figura 23** resumem os resultados obtidos com a pesquisa junto aos professores da EPUFBA, no que se refere à sua avaliação qualitativa referente ao impacto que o papel e a condição de trabalho dos professores podem representar ao se considerar a introdução da metodologia PBL nos cursos da EPUFBA.

Figura 21. Disponibilidade de tempo para professores se capacitarem na metodologia PBL (direita); e Motivação na EP-UFBA para se iniciar uma modificação dessa natureza e dimensão (esquerda)



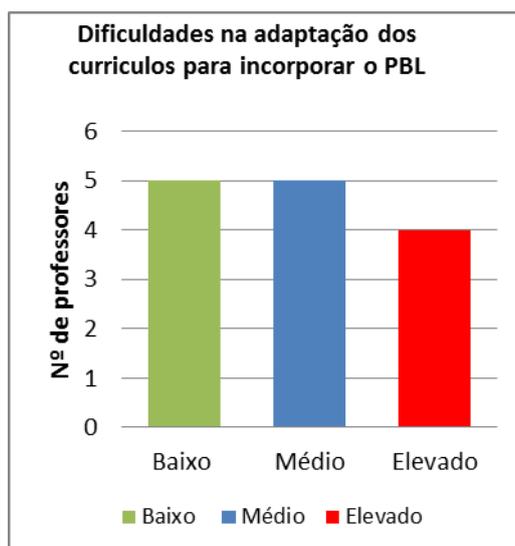
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 22. Motivação dos professores para alterarem suas práticas de ensino (esquerda); e Alocação de tempo do professor para atuação como tutor em projetos PBL (direita)



Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 23. Dificuldades na adaptação das grades curriculares para incorporar o PBL

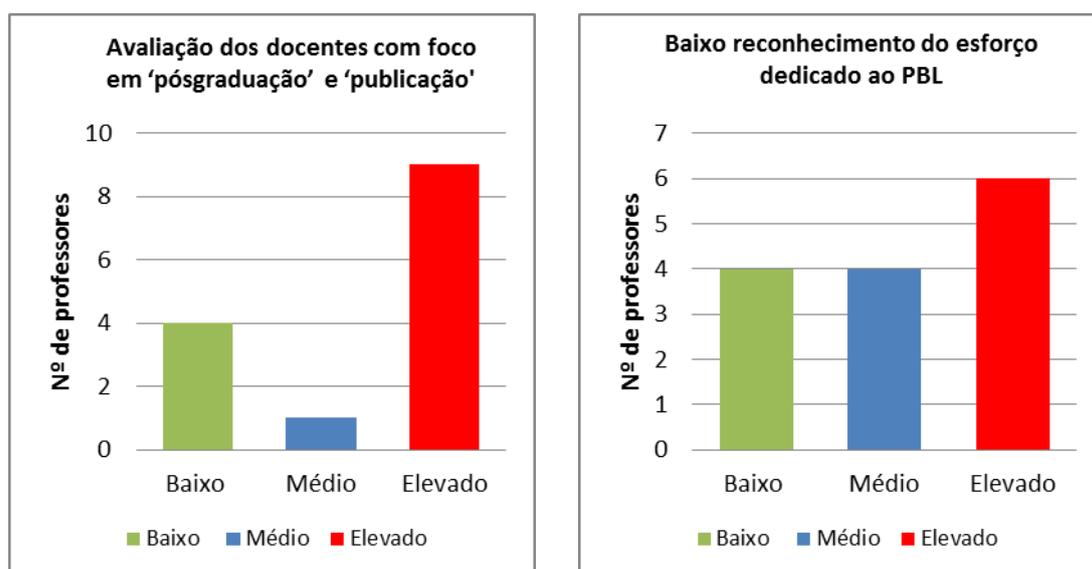


Fonte: Elaboração pelo autor.

D.2.2. Impacto sobre a Organização e Estrutura da Instituição EPUFBA

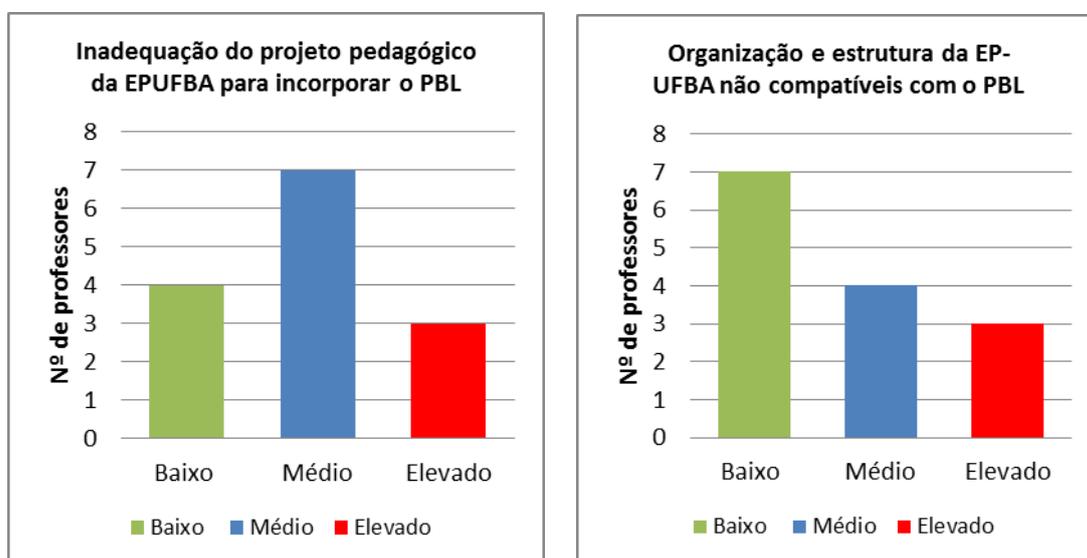
As **Figura 24** a **Figura 26** resumem os resultados obtidos com a pesquisa junto aos professores da EPUFBA, no que se refere à sua avaliação qualitativa referente ao impacto que a organização e a estrutura da instituição podem representar ao se considerar a introdução da metodologia PBL nos cursos da EPUFBA.

Figura 24. Reconhecimento na organização EP-UFBA do esforço dedicado ao PBL (direita); e Avaliação dos docentes nos focos “pós-graduação” e “publicação de artigos”



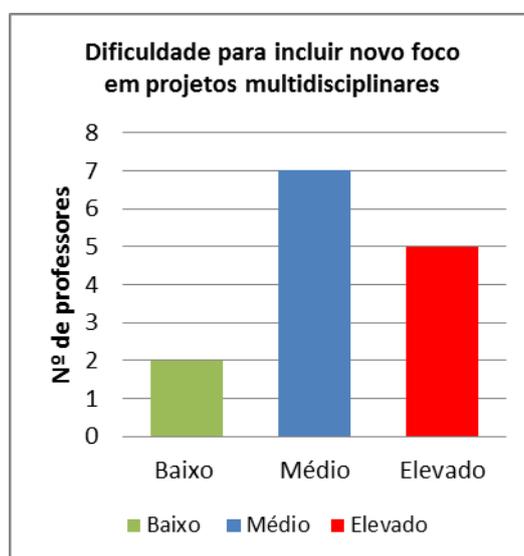
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 25. Inadequação do projeto pedagógico da EP-UFBA para absorção da metodologia PBL (esquerda); e Compatibilidade da organização e estrutura da EP-UFBA com o PBL (direita)



Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 26. Dificuldade nos departamentos para novo foco em conteúdos e projetos multidisciplinares



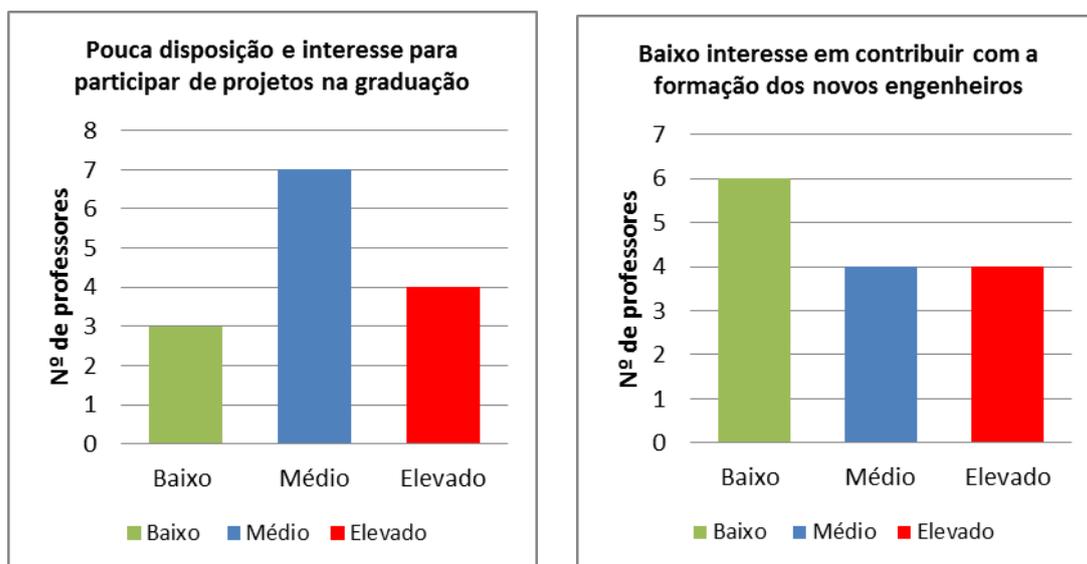
Fonte: Elaboração pelo autor.

D.2.3. Impacto sobre Cooperação Empresas-Cursos de Engenharia da EPUFBA

As **Figura 27** a **Figura 29** resumem os resultados obtidos com a pesquisa junto aos professores da EPUFBA, no que se refere à sua avaliação qualitativa referente ao impacto que a

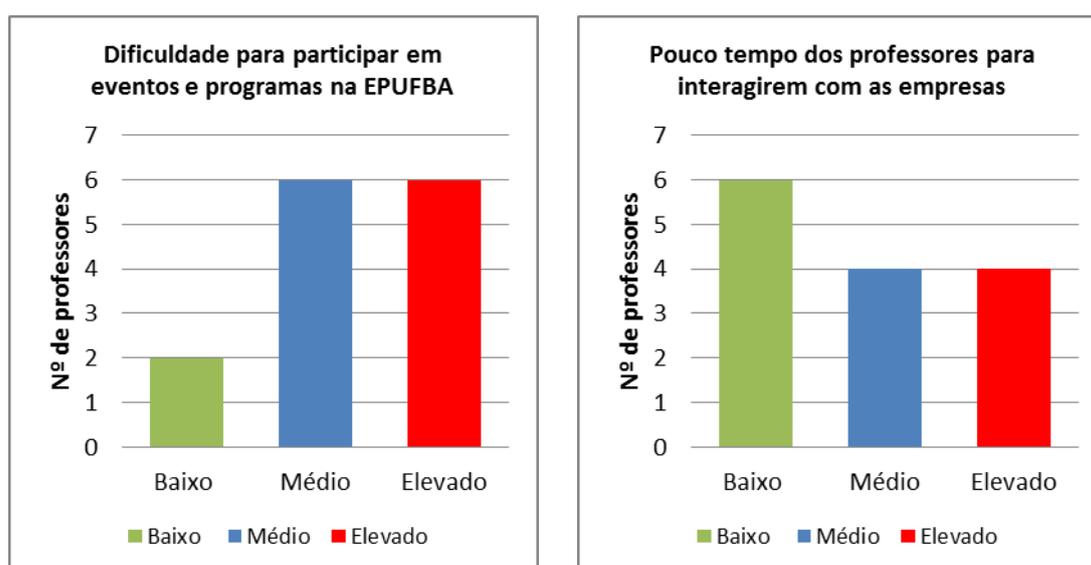
cooperação empresas-cursos de Engenharia pode representar ao se considerar a introdução da metodologia PBL nos cursos da EPUFBA.

Figura 27. Disposição e interesse das empresas/indústrias em participar de projetos na graduação (esquerda); e Interesse das empresas/indústrias em contribuir com a formação dos novos engenheiros (direita)



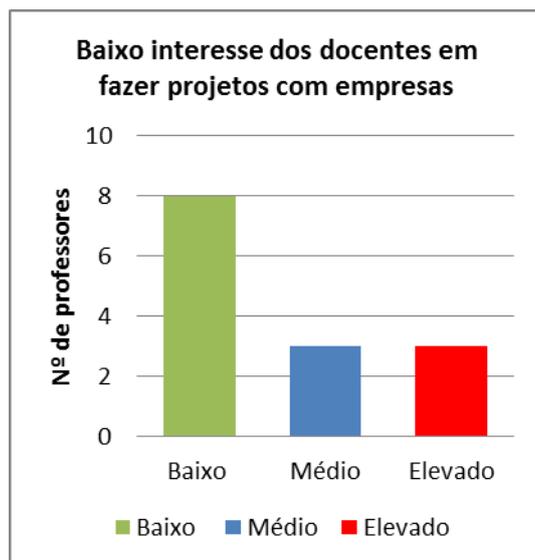
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 28. Dificuldade de profissionais das empresas participarem de programações e palestras na EP-UFBA (esquerda); e Disponibilidade dos professores em interagirem com as empresas da região (direita)



Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 29. Interesse dos professores em compartilhar projetos com as empresas



Fonte: Elaboração pelo autor.

APÊNDICE E. Carta e Questionário Enviados às Empresas do Pólo Industrial de Camaçari

E. Carta e Questionário Enviados às Empresas do Pólo Industrial de Camaçari

Salvador, 29 de janeiro de 2013

Às empresas associadas ao Cofic

Prezado Sr.,

Ass.: Melhoria do processo de ensino-aprendizagem nos cursos de engenharia na Bahia - levantamento dos fatores contribuintes

A necessidade de formação de quadros cada vez maiores de engenheiros com boa capacitação técnica e adequadas habilidades comportamentais é uma constatação que tem sido reconhecida pela academia, confirmada pelo conjunto das empresas nacionais e registrada por diversos estudos conduzidos e divulgados pela CNI nos últimos anos. Por outro lado, já em seguidas avaliações anuais, o MEC-INEP tem registrado uma taxa média de evasão - computados os engenheiros que ingressam nos diversos cursos de engenharia do país frente aos engenheiros que se formam anos depois - da ordem de 50%. Desta forma se torna necessária a investigação, dentre os fatores internos e externos que contribuem para a motivação, a permanência e a qualificação dos alunos nos cursos, das características do processo de ensino-aprendizagem que possam ser melhoradas em benefício do processo educacional e busca da graduação da maioria dos engenheiros que ingressam nas engenharias.

Uma questão considerada relevante é a qualidade da interação entre as universidades - principalmente através dos professores e alunos dos cursos de engenharia - e o conjunto das empresas da região, que constituem uma importante e rica fonte de aprendizado para os futuros profissionais.

A presente pesquisa visa então identificar a natureza, a frequência e a intensidade de alguns aspectos do relacionamento das equipes de engenharia da sua empresa ou unidade de negócio com os cursos de engenharia das universidades baianas. O intuito é buscar melhor qualidade e maior conteúdo nessa interação, o que por certo trará maior estímulo e melhor contribuição na formação qualificada dos novos profissionais de engenharia na Bahia.

Essa pesquisa converge com e amplia os resultados de pesquisa recentemente conduzida pelo COFIC, que teve como objetivo identificar fatores e programas a serem trabalhados a partir das empresas associadas para obter um relacionamento mais eficaz com a academia.

Solicitamos assim o preenchimento do questionário que segue em anexo, cujas respostas são objetivas e dirigidas para facilitar sua interpretação, com a indicação em cada questão colocada da opção que melhor representa a realidade da sua empresa ou unidade de negócio

no relacionamento com os cursos de engenharia na Bahia. Agradecemos retornar o questionário preenchido para o e-mail fplira@hotmail.com, de preferência até 28/02/2013.

Contamos desde já com sua colaboração.

Cordialmente,

Marcelo Embiruçu

Fernando Lira

Pró-Reitor de Pesquisa, Criação e Inovação da
UFBA

Programa de Engenharia Industrial EP-UFBA

QUESTIONÁRIO**Fatores na interação Empresas-Cursos de Engenharia: uma contribuição para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem nas engenharias da Bahia**

Por favor, escolha um dos conceitos objetivos listados após cada questão e teça comentários caso julgue apropriado ou pertinente.

1. Os engenheiros nas várias formações contratados por sua empresa ou unidade de negócio nos últimos 05 anos se graduaram em cursos de engenharia de universidades baianas?

| | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|
| Nunca | raramente | às vezes | frequentemente | sempre |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|

Comentários:

2. Quantos engenheiros sua empresa ou unidade de negócio contratou em média, por ano, nos últimos 05 anos?

| | | | | |
|---------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| [até 2] | [entre 3 e 4] | [entre 5 e 6] | [entre 7 e 8] | [9 ou mais] |
|---------|---------------|---------------|---------------|-------------|

Comentários:

3. Quantos projetos sua empresa ou unidade de negócio desenvolveu em média, por ano, nos últimos 05 anos em parceria com escolas de engenharia de universidades de Salvador ou RMS que envolvam professores de engenharia?

| | | | |
|---------|---------|---------|-------------|
| [até 2] | [3 a 5] | [6 a 8] | [9 ou mais] |
|---------|---------|---------|-------------|

Comentários:

4. Quantos projetos sua empresa ou unidade de negócio desenvolveu em média, por ano, nos últimos 05 anos em parceria com escolas de engenharia de universidades de Salvador ou RMS que envolvam conjuntamente professores de engenharia e alunos dos **cursos de graduação**?

| | | | |
|---------|---------|---------|-------------|
| [até 2] | [3 a 5] | [6 a 8] | [9 ou mais] |
|---------|---------|---------|-------------|

Comentários:

5. Quantos projetos sua empresa ou unidade de negócio desenvolveu em média, por ano, nos últimos 05 anos em parceria com escolas de engenharia de universidades de Salvador ou RMS que envolvam conjuntamente professores de engenharia e alunos dos **cursos de pós-graduação**?

| | | | |
|---------|---------|---------|-------------|
| [até 2] | [3 a 5] | [6 a 8] | [9 ou mais] |
|---------|---------|---------|-------------|

Comentários:

6. Os projetos desenvolvidos nos últimos 05 anos, em parceria com os cursos de **pós-graduação** em engenharia das universidades baianas, integram atividades conduzidas pelos respectivos Grupos de Pesquisa do CNPq dos quais participam os professores-pesquisadores dessas instituições (www.dgp.cnpq.br/buscaoperacional/)?

| | | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|-----------------|
| Nunca | raramente | às vezes | frequentemente | sempre | não sei afirmar |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|-----------------|

Comentários:

7. A capacitação dos engenheiros contratados nos últimos 5 anos por sua empresa ou unidade de negócio tem atendido às expectativas quanto ao conhecimento desejado e às habilidades requeridas por sua empresa ou unidade de negócio para um eficiente desempenho do trabalho?

| | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|---------------|
| Nunca | raramente | Às vezes | frequentemente | integralmente |
|-------|-----------|----------|----------------|---------------|

Comentários:

8. Engenheiros experientes da sua empresa ou unidade de negócio incluem no seu plano de trabalho a participação em palestras, seminários, cursos, mesas-redondas ou atividades correlatas junto aos alunos dos cursos de engenharia nas universidades baianas?

| | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|
| Nunca | raramente | às vezes | frequentemente | sempre |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|

Comentários:

9. Professores dos **cursos** de engenharia das universidades locais desenvolvem atividades como seminários, aulas, minicursos, consultorias ou eventos correlatos junto às áreas de engenharia da sua empresa ou unidade de negócio?

| | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|
| Nunca | raramente | às vezes | frequentemente | sempre |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|

Comentários:

10. Qual o percentual de engenheiros com **mestrado** dentre os engenheiros que atuam em sua empresa ou unidade de negócio?

| | | | | |
|--------|---------|----------|----------|--------------------|
| [0-5%] | [6-10%] | [11-20%] | [21-30%] | [maior do que 30%] |
|--------|---------|----------|----------|--------------------|

Comentários:

11. Qual o percentual de engenheiros com **doutorado** dentre os engenheiros que atuam em sua empresa ou unidade de negócio?

| | | | | |
|--------|--------|---------|----------|--------------------|
| [0-2%] | [3-5%] | [6-10%] | [11-15%] | [maior do que 15%] |
|--------|--------|---------|----------|--------------------|

Comentários:

12. Sua empresa ou unidade de negócio compartilha seus laboratórios de pesquisa com projetos e atividades experimentais envolvendo alunos e professores de cursos de engenharia?

| | | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|------------------------------------|
| nunca | raramente | às vezes | frequentemente | sempre | não temos laboratórios de pesquisa |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|------------------------------------|

Comentários:

13. Os projetos ou pesquisas desenvolvidos por sua empresa ou unidade de negócio junto com os cursos de engenharia de universidades da Bahia são financiados/apoiados pela FINEP, FAPESB, CNPq, CAPES ou outra instituição de financiamento similar?

| | | | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|------------------------------------|---|
| nunca | raramente | às vezes | frequentemente | sempre | não utilizamos tais financiamentos | não fazemos projetos de pesquisa com cursos de engenharia |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|------------------------------------|---|

Comentários:

14. Sua empresa ou unidade de negócio recebe anualmente estagiários de engenharia para cumprir períodos de 6 meses ou 1 ano de atividades práticas na sua organização?

| | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|
| Nunca | raramente | às vezes | frequentemente | sempre |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|

Comentários:

15. Sua empresa ou unidade de negócios recebe anualmente *trainees* de engenharia após a conclusão do curso para cumprir períodos de 1 a 2 anos de atividades na sua organização?

| | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|
| Nunca | raramente | às vezes | frequentemente | sempre |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|

Comentários:

16. A captação de engenheiros-*trainees* para sua empresa ou unidade de negócio é feita prioritariamente dentre os egressos dos cursos de engenharia de universidades da Bahia?

| | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|
| Nunca | raramente | às vezes | frequentemente | sempre |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|

Comentários:

17. O aproveitamento dos engenheiros-*trainees* para os quadros de profissionais da sua empresa ou unidade de negócio, durante ou após a conclusão do período de atividades no programa, ocorre com que frequência?

| | | | | |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|
| Nunca | raramente | às vezes | frequentemente | sempre |
|-------|-----------|----------|----------------|--------|

Comentários:

18. Quais engenheiros das categorias de **profissionais de engenharia** abaixo descritas têm sido mais requisitados em contratações por sua empresa ou unidade de negócio nos últimos 5 anos?

| | | | |
|------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------|
| automotiva/aeronáutica | civil | de agrimensura e cartográfica | da computação |
| de controle e instrumentação | de materiais | de minas | de produção |
| de transportes | elétrica/eletrônica | mecânica | mecatrônica |
| metalúrgica | naval/oceânica | sanitária e ambiental | química |

APÊNDICE F. Relação das Empresas Pesquisadas no Pólo Industrial de Camaçari

F. Relação das Empresas Pesquisadas no Pólo Industrial de Camaçari

Empresa

ABB

Acqua Service

Acrinor

Air Products

Ambev

Arembepe Energia

Bahiagás

BSC

BASF

BMD

Braskem - UNIB 1

Braskem - PE1

Braskem - PE2

Braskem - PE3

Braskem - PVC 1

Braskem - CS 1

Bridgestone

CEPED

Cetrel

Cetrel Lumina

Chesf

CibraFertil

Columbian

Continental

Empresa

Fertilizantes Heringer

Ford

IMBE

IPC

ITF Chemical

Kordsa

Limpec

Linde Gases

Log In

Millennium

Monsanto

Netlog

Newsul

Oleoquímica

Oxiteno

Paranapanema

Peroxy

Petrobras Fafen

Petrobras/Bacam

Petrobras/Gás

Petrobras/Transpetro

Petrobras/UTEBahia

Proquigel

QGN

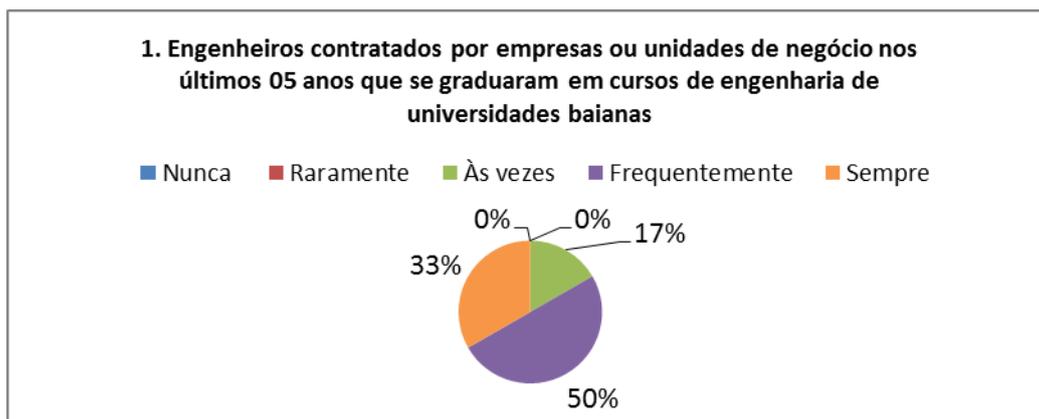
| | |
|---------------------|-----------------------|
| Copenor | Quantas Biotecnologia |
| Daxoil | Saint Gobain |
| Deten | Sansuy |
| Dow Brasil | Tequimar |
| Du Pont | Thyssenkrupp |
| EDN | Tigre |
| Elekeiroz | Unigel |
| Emca | Vamtec |
| Energética Camaçari | Vopak |
| Fafen Energia | White Martins |

APÊNDICE G. Resultados da Pesquisa junto às Empresas do Pólo Industrial de Camaçari

G. Resultados da Pesquisa junto às Empresas do Pólo Industrial de Camaçari

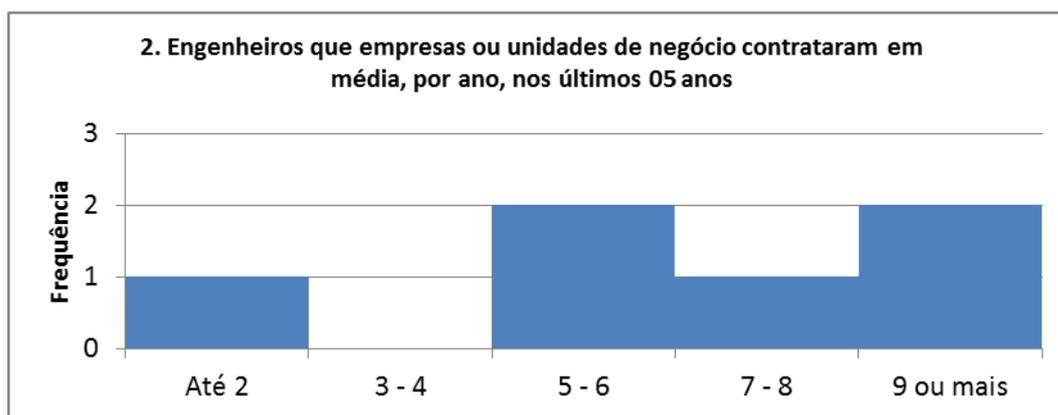
As **Figura 30** a **Figura 47** resumem os resultados obtidos com a pesquisa junto às empresas do Pólo Industrial de Camaçari.

Figura 30. Engenheiros contratados por empresas ou unidades de negócio nos últimos 05 anos que se graduaram em cursos de engenharia de universidades baianas



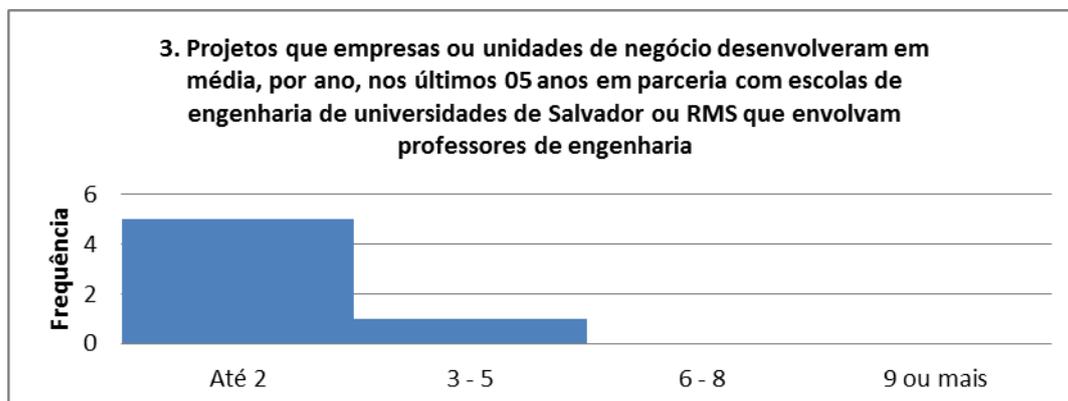
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 31. Engenheiros que empresas ou unidades de negócio contrataram em média, por ano, nos últimos 05 anos



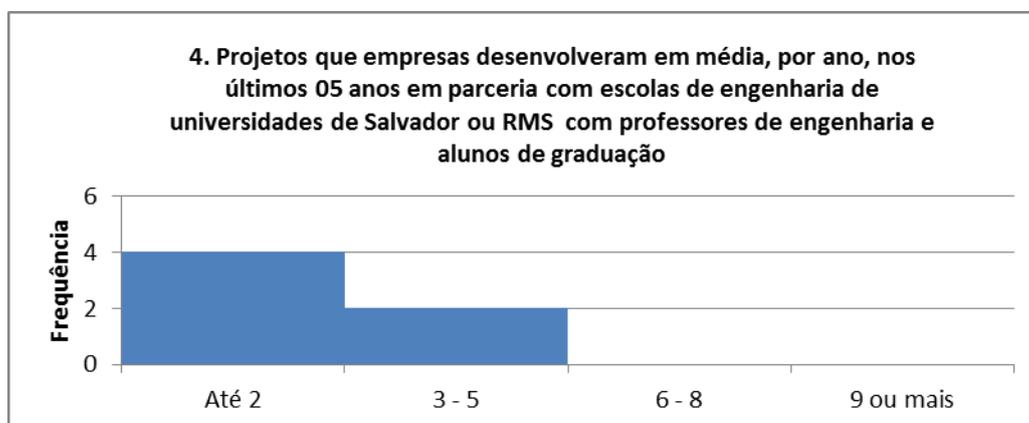
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 32. Projetos que empresas ou unidades de negócio desenvolveram em média, por ano, nos últimos 05 anos em parceria com escolas de engenharia de universidades de Salvador ou RMS que envolvam professores de engenharia



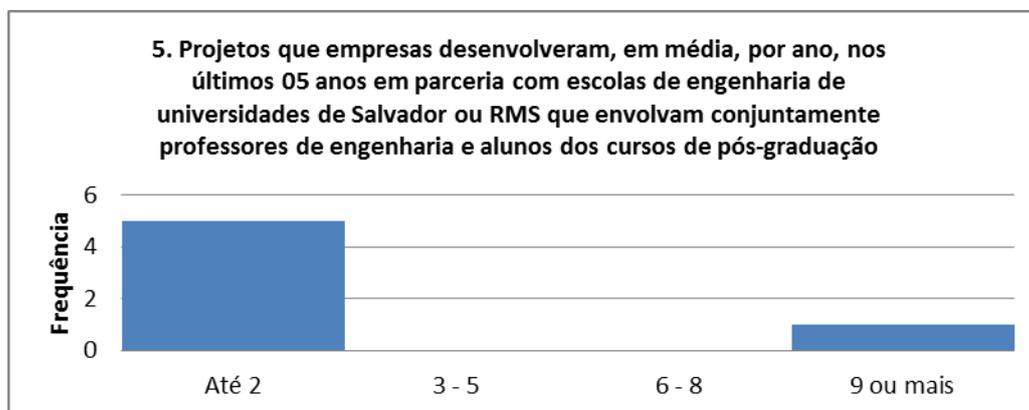
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 33. Projetos que empresas ou unidades de negócio desenvolveram em média, por ano, nos últimos 05 anos em parceria com escolas de engenharia de universidades de Salvador ou RMS que envolvam conjuntamente professores de engenharia e alunos dos cursos de graduação



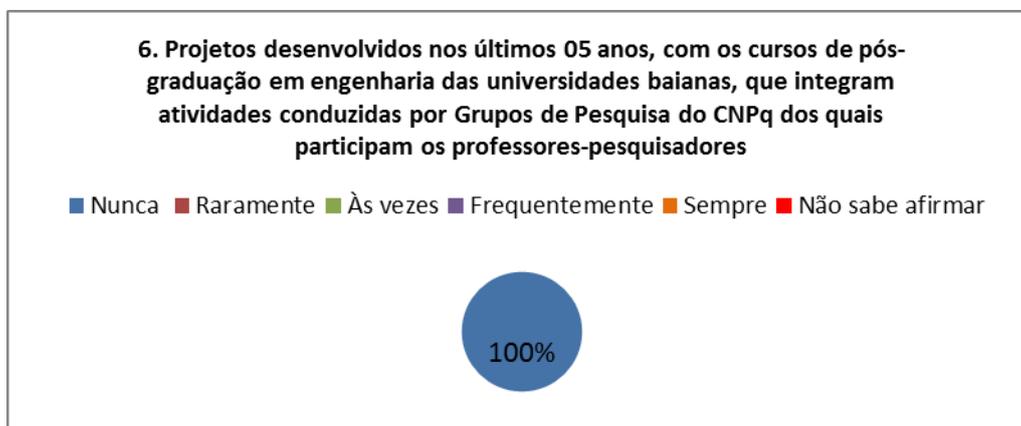
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 34. Projetos que empresas ou unidades de negócio desenvolveram em média, por ano, nos últimos 05 anos em parceria com escolas de engenharia de universidades de Salvador ou RMS que envolvam conjuntamente professores de engenharia e alunos dos cursos de pós-graduação



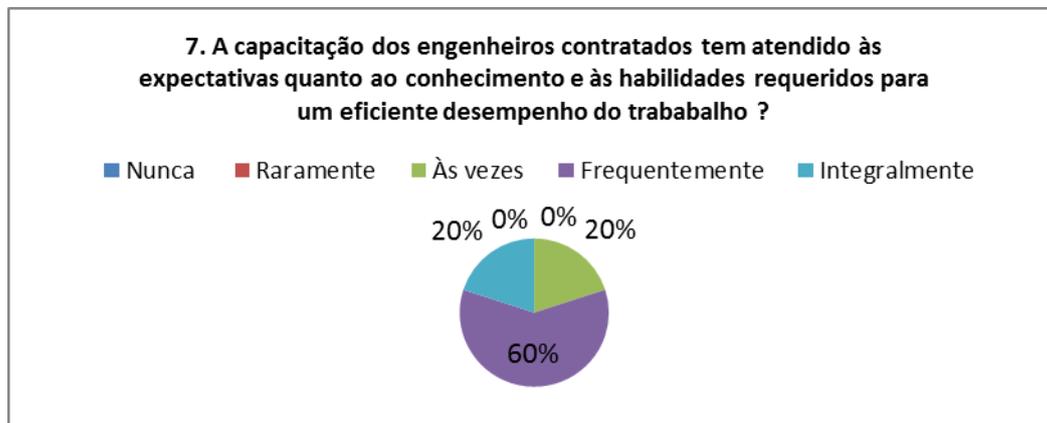
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 35. Projetos desenvolvidos nos últimos 05 anos, em parceria com os cursos de pós-graduação em engenharia das universidades baianas, que integram atividades conduzidas pelos respectivos Grupos de Pesquisa do CNPq dos quais participam os professores-pesquisadores dessas instituições



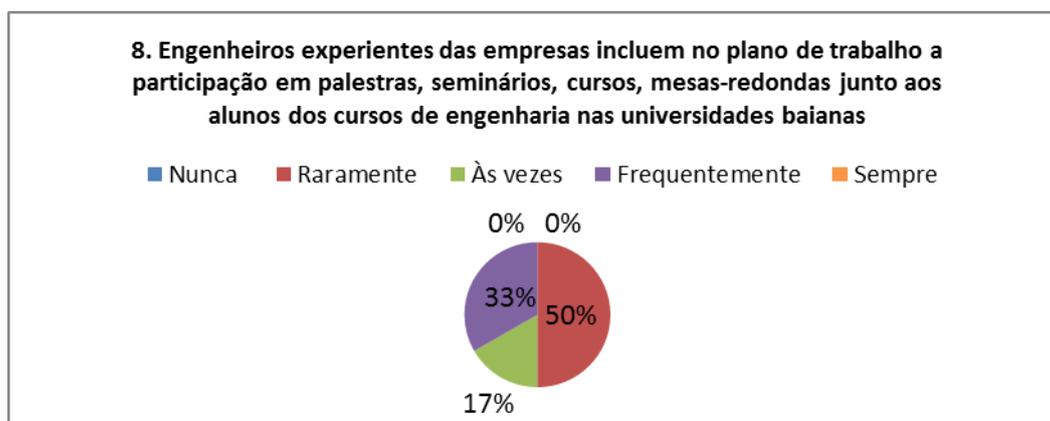
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 36. Capacitação dos engenheiros contratados nos últimos 5 anos por empresas ou unidades de negócio atendem às expectativas quanto ao conhecimento desejado e às habilidades requeridas por elas para um eficiente desempenho do trabalho



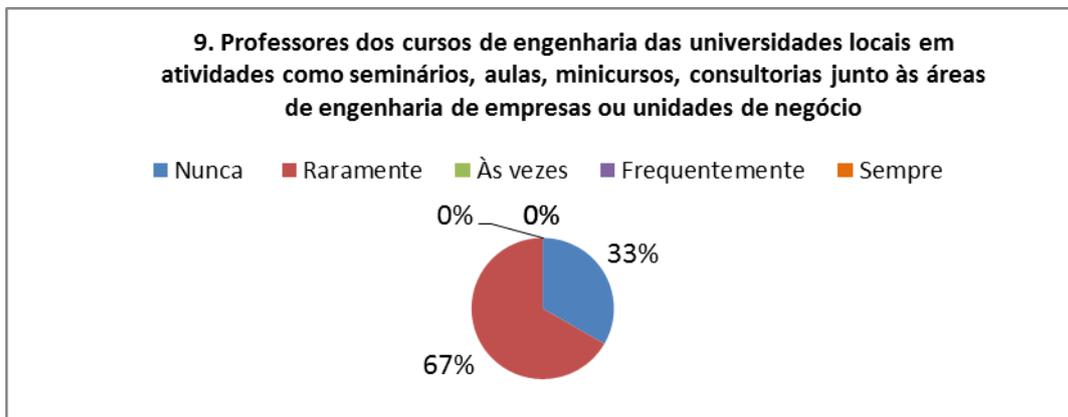
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 37. Engenheiros experientes das empresas ou unidades de negócio incluem no seu plano de trabalho a participação em palestras, seminários, cursos, mesas-redondas ou atividades correlatas junto aos alunos dos cursos de engenharia nas universidades baianas



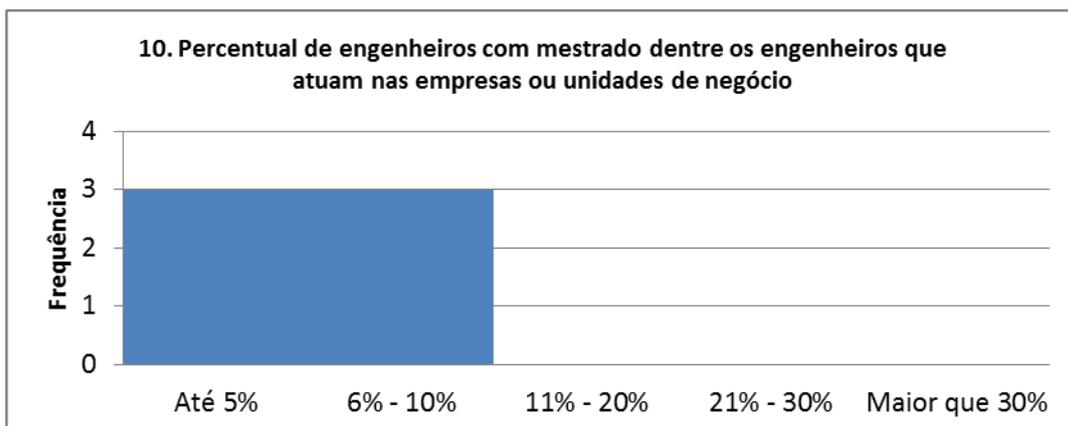
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 38. Professores dos cursos de engenharia das universidades locais desenvolvem atividades como seminários, aulas, minicursos, consultorias ou eventos correlatos junto às áreas de engenharia de empresas ou unidades de negócio



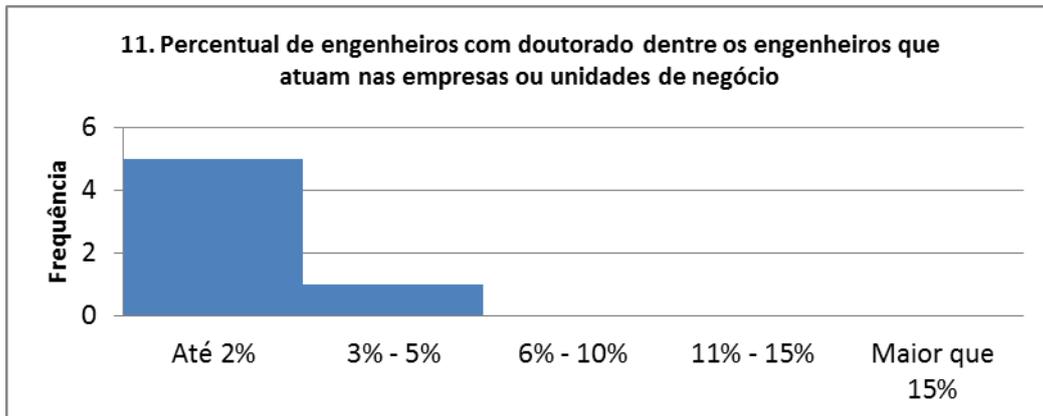
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 39. Percentual de engenheiros com mestrado dentre os engenheiros que atuam nas empresas ou unidades de negócio



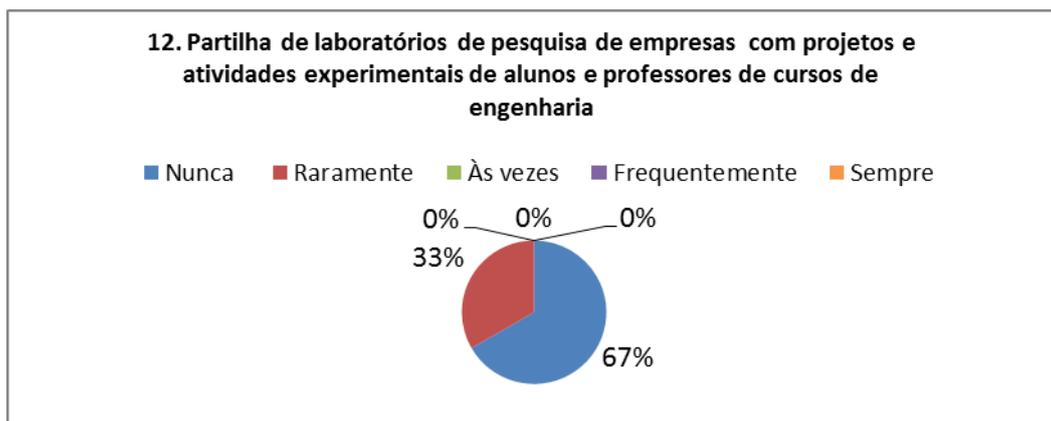
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 40. Percentual de engenheiros com doutorado dentre os engenheiros que atuam nas empresas ou unidades de negócio



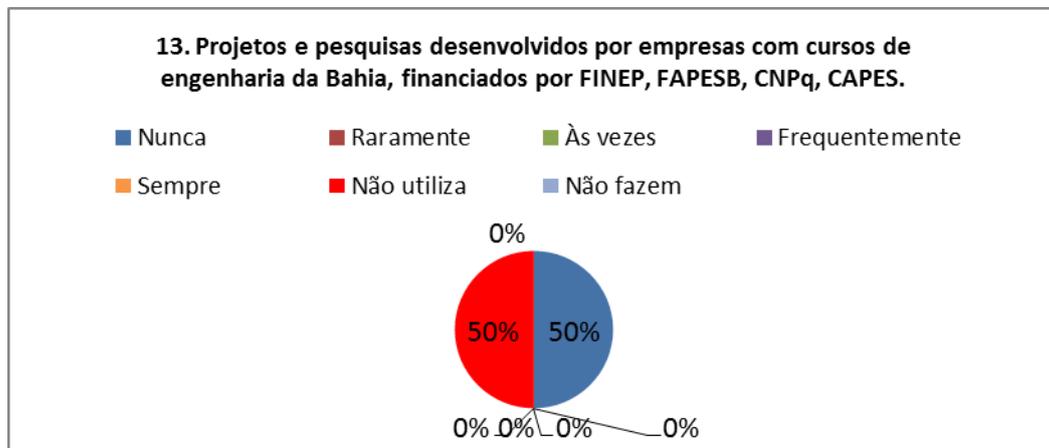
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 41. Partilha de laboratórios de pesquisa de empresas ou unidades de negócio com projetos e atividades experimentais envolvendo alunos e professores de cursos de engenharia



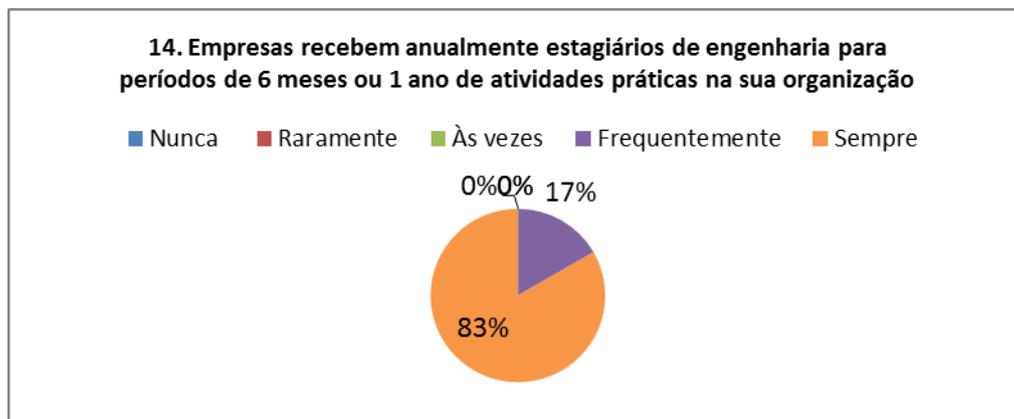
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 42. Projetos e pesquisas desenvolvidos por empresas ou unidades de negócio junto com os cursos de engenharia de universidades da Bahia financiados/apoiados pela FINEP, FAPESB, CNPq, CAPES ou outra instituição de financiamento similar



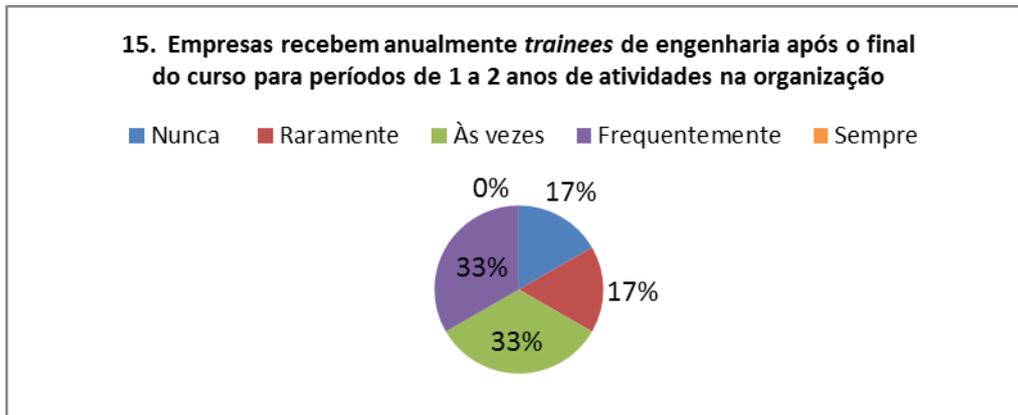
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 43. Empresa ou unidades de negócio recebem anualmente estagiários de engenharia para cumprir períodos de 6 meses ou 1 ano de atividades práticas na sua organização



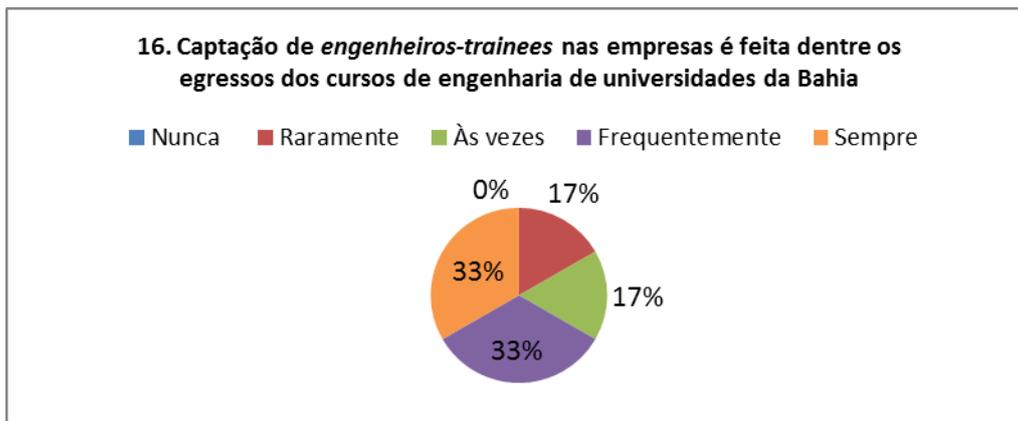
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 44. Empresa ou unidades de negócios recebem anualmente *trainees* de engenharia após a conclusão do curso para cumprir períodos de 1 a 2 anos de atividades na sua organização



Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 45. Captação de engenheiros-*trainees* nas empresas ou unidades de negócio é feita prioritariamente dentre os egressos dos cursos de engenharia de universidades da Bahia



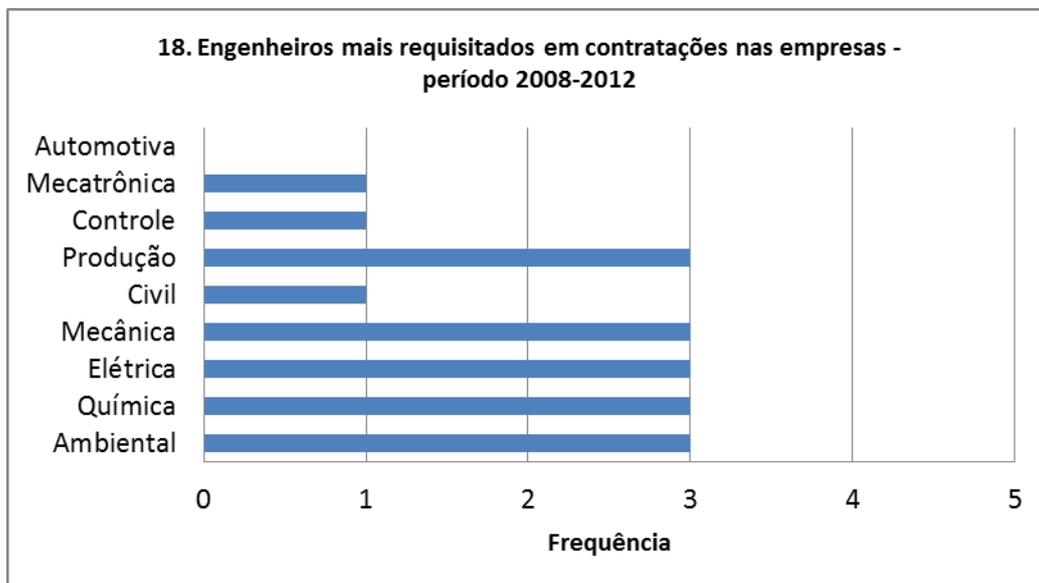
Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 46. Aproveitamento dos engenheiros-*trainees* para os quadros de profissionais de empresas ou unidades de negócio, durante ou após a conclusão do período de atividades no programa



Fonte: Elaboração pelo autor.

Figura 47. Categorias de engenheiros mais requisitadas em contratações pelas empresa ou unidades de negócio nos últimos 5 anos



Fonte: Elaboração pelo autor.

APÊNDICE H. Cursos de Engenharia e IES em Salvador e Municípios Próximos

H. Cursos de Engenharia e IES em Salvador e Municípios Próximos

Tabela 9. Cursos de engenharia em IES localizadas em Salvador

| Cursos de Engenharia | UFBA | UNEB | IFBA | UNIFACS | SENAI/CIMATEC | UNIJORGE | ÁREA 1 - Devry | FTC | UNIRB | RUY BARBOSA | UCSAL | Estácio - FIB | Maurício de Nassau | D. Pedro II |
|----------------------------|------|------|------|---------|---------------|----------|----------------|-----|-------|-------------|--------|---------------|--------------------|-------------|
| Química | x | | x | x | | x | | | x | | x | | x | |
| Elétrica | x | | x | x | x | x | x | | | | x | x | | x |
| Mecânica | x | | x | x | x | x | | | | | x | x | | x |
| Civil | x | | | x | x | x | x | x | | | x | x | x | x |
| Ambiental | | | x | x | | | | x | | | | | | |
| de Minas | x | | | | | | | | | | | | | |
| de Produção | x | x | | x | x | x | x | x | x | x | [e.c.] | x | x | |
| Sanitária e Ambiental | x | | | | | x | x | | x | | | x | x | |
| Controle e Automação | x | | | | x | | x | x | | | | | | |
| Mecatrônica | | | | x | | | | x | | | | | | |
| de Petróleo | | | | x | | x | | | | | | x | | |
| Computação | x | | | x | | | x | x | | | | | | |
| de Materiais | | | | x | x | | | | | | | | | |
| Agrimensura e Cartográfica | x | | | | | | | | | | | | | |
| Florestal | | | | | | | | | | | | | | |
| de Pesca | | | | | | | | | | | | | | |
| Alimentos | | | | | | | | | | | | | | |

Tabela 10. Cursos de engenharia em IES localizadas em municípios próximos a Salvador

| Cursos de Engenharia | FAMEC | FAN - NOBRE | FSS Sacramento | FAT | UNIBAHIA | FTC | UNIRB | UNIRB | UNIME - FCT | UFRB | UEFS |
|-----------------------------------|--------------|--------------------|-----------------------|------------|-----------------|------------|--------------|--------------|--------------------|-------------|-------------|
| Município | C | FS | A | FS | LF | FS | A | FS | LF | CA | FS |
| Química | | | | | | | | | | | |
| Elétrica | | x | | | | | | | x | | |
| Mecânica | | x | | | | | | | x | x | |
| Civil | | | | | | x | | | x | x | x |
| Ambiental | x | | | | | x | | | | | |
| de Minas | | | | | | | | | | | |
| de Produção | x | | x | x | x | x | | x | x | | |
| Sanitária e Ambiental | | | | | | | | | | x | |
| Controle e Automação | x | | | | | | | | | | |
| Mecatrônica | | | | | | | | | | | |
| Petróleo | | | | | | | x | | | | |
| Computação | | | | | | | | | | x | x |
| de Materiais | | | | | | | | | | | |
| Agrimensura e Cartográfica | | | | | | | | | | | |
| Florestal | | | | | | | | | | x | |
| de Pesca | | | | | | | | | | x | |
| Alimentos | | | | | | | | | | | x |

Nota-Municípios: **C** – Camaçari; **FS** – Feira de Santana; **A** – Alagoinhas; **LF** – Lauro de Freitas; **CA** – Cruz das Almas.

UFBA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA INDUSTRIAL - PEI

Rua Aristides Novis, 02, 6º andar, Federação, Salvador BA
CEP: 40.210-630
Telefone: (71) 3283-9800
E-mail: pei@ufba.br
Home page: <http://www.pei.ufba.br>

