

DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

Formação acadêmica e atuação profissional,
Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos



Organizadores:

Vanderlí Fava de Oliveira
Adriana Maria Tonini
Sandra Rufino Santos

Autores Coordenadores:

Gustavo Ribeiro da Costa Alves
Miguel Angel Chincaro Bernuy
Lindolpho Oliveira de Araújo Júnior
Simone Leal Schwertl
Elaine Gomes Assis
Adriana Maria Tonini

DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA:

Formação acadêmica e atuação profissional, Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos

Organizadores:

Vanderlí Fava de Oliveira

Adriana Maria Tonini

Sandra Rufino Santos

Autores Coordenadores:

Gustavo Ribeiro da Costa Alves

Miguel Angel Chincaro Bernuy

Lindolpho Oliveira de Araújo Júnior

Simone Leal Schwertl

Elaine Gomes Assis

Adriana Maria Tonini



Este livro foi organizado a partir das Sessões Dirigidas realizadas no XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2016 – Natal, 27 a 30 de setembro de 2016.

O COBENGE é um evento anual promovido pela Associação Brasileira de Educação em Engenharia – ABENGE.

A ABENGE, fundada em 12 de setembro de 1973, é uma sociedade civil de âmbito nacional, sem fins lucrativos, de caráter educacional e cultural, que objetiva o aprimoramento, a integração e a adequação à realidade nacional e internacional da educação em Engenharia e o contínuo aperfeiçoamento das instituições filiadas.

Diretoria da ABENGE

Nival Nunes de Almeida	Presidente
Marcos José Tozzi	Vice-presidente
Ana Maria Mattos Rettl	Diretora Administrativa
Vanderlí Fava de Oliveira	Diretor de Comunicação
Benedito Guimarães Aguiar Neto	Diretor Acadêmico

Comissão Organizadora do COBENGE 2015

Luiz Alessandro Pinheiro da Câmara de Queiroz
Sandra Rufino Santos
Rafael Monteiro de Vasconcelos
Marize Brito Silva Camara de Queiroz
Fagner Alexandre Nunes de França
Fabiana Villela da Motta
Wattson Jose Saenz Perales

Conselho Editorial da ABENGE (2015-2018)

Adriano Péres – FURB
Armando José Pinheiro Marques Pires – ITS/Portugal
Benedito Guimarães Aguiar Neto – UPM
Carlos Almir Holanda – UFC
Cristina Gomes de Souza – CEFET-RJ
Erickson Rocha e Almendra – UFRJ
Fabio do Prado – FEI
Gustavo Alves – IPPISEP/Portugal
Humberto Abdalla Júnior – UnB
João Bosco Laudares – PUC-MG / CEFET-MG
João Sergio Cordeiro – UFSCar
José Alberto dos Reis Parise – PUC-Rio
Laurete Zanol Sauer – UCS
Liane Ludwig Loder – UFRGS
Luiz Carlos Scavarda do Carmo – PUC-Rio
Lueny Morell – HP/EUA
Maria José Gazzzi Salum – UFMG
Mário Neto Borges – UFSJ
Mauro Conti Pereira – UCDB
Michelle da Rosa Andrade – FURG
Milton Vieira Junior – UNINOVE
Nival Nunes de Almeida – UERJ
Octavio Mattasoglio Neto – CEUNIMT
Osvaldo Shigeru Nakao – USP
Ricardo Kalid – UFBA
Tânia Regina Dias Silva Pereira – UNEB
Vanderlí Fava de Oliveira – UFJF
Vicente Albéniz Laclaustra – EIC/Colômbia
Walter Antonio Bazzo – UFSC
Zacarias M. Chamberlain Pravia – UPF

© 2016 ABENGE – Associação Brasileira de Educação em Engenharia
SRTVN Bloco A Lote C Salas 730/732 - Centro Empresarial Norte
Condomínio Centro Empresarial Norte - Asa Norte
Brasília - DF – CEP: 70710-200

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610 de 19/02/1998.
Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito da Abenge,
poderá ser reproduzida ou transmitida, sejam quais forem os meios empregados:
eletrônicos, mecânicos, fotográficos, gravação ou quaisquer outros.

Ficha Técnica:

Coordenação Geral: Adriana Maria Tonini
Capa: Comissão Organizadora Cobenge 2015
Diagramação: Douglas Zimmermann

Tiragem: 1.000 exemplares

Ficha Catalográfica preparada pela ABENGE

DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: Formação Acadêmica e
atuação Profissional, Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos. /
Vanderlí Fava de Oliveira, Adriana Maria Tonini e Sandra Rufino Santos –
Organizadores – Brasília: ABENGE, 2017

271p

C749 XLIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE
2016) – Natal, 27 a 30 de setembro de 2016 – ABENGE

ISBN: 978-85-64541-10-8

1 – Educação em Engenharia; 2 – Aprendizagem Multidisciplinar; 3 –
Processos de Ingresso; 4 – Perfil do Professor

I. Título

CDU: 658.5

SUMÁRIO

Apresentação 7

Capítulo 01 8

LABORATÓRIOS REMOTOS NO ENSINO DA ENGENHARIA

Gustavo Ribeiro da Costa Alves, Juarez Bento da Silva, Ana Maria Beltran Pavani, Andreatta Carvalho da Costa, Dayane Carvalho Cardoso, Delberis Araujo Lima, Eduardo Kojy Takahashi, Gustavo Ribeiro da Costa Alves, Gabriela Rocha Roque, Guilherme Penello Temporão, Hermes Gustavo Fernandes Néri, Juarez Bento da Silva, Josiel Pereira, Luciano Antônio Mendes, Renner Martins de Moura, Rubens Gedraite, Simone Meister Sommer Bilessimo, Thiago Schaedler Uhlmann.

Capítulo 0246

PRÁTICAS PEDAGÓGICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INOVAÇÃO NA ENGENHARIA - ABORDAGENS POR PROJETOS

Miguel Angel Chincaro Bernuy, André Bittencourt Leal, Fernando César Meira Menandro, Edson Pedro Ferlin, Fabiana Costa Guedes, Alice Cristina Figueiredo, Janaína Antonino Pinto, Iara Alves Martins de Souza, Gabriela Ribeiro Peixoto Rezende Pinto, Álvaro Santos Alves, José Carlos Oliveira de Jesus, José Luís Michinel, Francisco José Gomes, Alberto Bastos do Canto Filho, Liane Ludwig Loder, Dianne Magalhães Viana, Ana Carolina Kalume, Carla M. C. e C. Koike, Flávio de Barros Vidal, Ricardo Zelenovski, Lucio Garcia Veraldo Junior, Benedito Manoel de Almeida, Cesar Augusto Botura, Alan Sovano Gomes, Carolina Gomes da Silva, Diorge de Souza Lima, Ubiratan Holanda Bezerra, Wellington da Silva Fonseca, Alinne Cristiane Aniceto Medeiros, Luiz Eduardo Pita Mercês Almeida, Oton Mathews Cardoso e Dantas, Rafael Pereira de Medeiros, Henrique Raldi Schlickmann, Caio Luis Guedes de Mello, Igor Martins Rocha, Bruno Luiz Dantas Aragão de Souza, Wellington Rick Guilherme Lacerda, Euler Cássio Tavares de Macedo, Nady Rocha, Ubirajara Franco Moreno, Simone Leal Schwertl, Marinez Cargnin-Stieler.

Capítulo 03.....126

A INDISSOCIABILIDADE DA TRÍADE – ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO –, OS PROGRAMAS DE EDUCAÇÃO TUTORIAL E O ENSINO EM ENGENHARIA: CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE PESQUISADORES E PROFISSIONAIS AUTÔNOMOS

Lindolpho Oliveira de Araújo Júnior, Leonardo de Carvalho Vidal, Alba Valéria da Silva Machado Vidal, André Bittencourt Leal, Bárbara Lima Barbosa, Camila Rolim Laricchia, Carlos Maurício Sacchelli, Carolina Rocha Luiz Vianna, Christopher Freire Souza, David Gentil de Oliveira,

Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim, Eliomar Araújo de Lima, Elis Regina Duarte, Elizabeth Regina Halfeld da Costa, Fernanda Vescovi Gonçalves, Fernando César Meira Menandro, Geiza Thamirys Correia Gomes, Giovanna Sponchiado, Gisele Vidal Vimieiro, Guilherme do Nascimento, Gustavo Carlos Knabben, João Maurício de Andrade Goulart, Jonathan Lopes Florencio, Lucas Becker, Luciano Barbosa dos Santos, Luis Fernando

Ramos Molinaro, Mariana Santos Matos Cavalca, Miguel Alexandre Vieira Fusco, Robervaldo Carvalho de Souza, Saulo Joel Oliveira Leite, Tatiana Renata Garcia, Valéria Cristina Palmeira Zago, Vinicius Martins Freire, Wellington da Silva Fonseca

Capítulo 04166

COMO OS CURSOS DE ENGENHARIA TÊM TRABALHADO AS DIFICULDADES MATEMÁTICAS DOS ALUNOS INGRESSANTES EM TEMPOS DE WEB 2.0?

Simone Leal Schwertl, Marinez Cargin-Stiele, Alberto Bastos do Canto Filho, Ana Paula Ladeira, André Felipe de Almeida Xavier, Antonio Marcos de Oliveira Siquiera, Bruna Cavagnoli Boff, Cláudia Renate Ferreira, Edinéia Zarpelon, Gilson Luis Firmino, Ivete Ana Schmitz Booth, Juliana C. F. Mendonça, Laurete Zanol Sauer, Leonardo Benedito Oliveira Rezende, Liane Ludwig Loder, Luis Mauricio M. Resende, Márcio Lúcio Cezar, Maria Helena Mello, Nadia Sanzovo, Paloma de Oliveira Campos, Raquel Leite, Simone A. C. Kiefer Oliveira, Valquíria Villas Boas, Tânia Regina Dias Silva Pereira e Telma Dias Silva dos Anjos.

Capítulo 05208

O ENADE, A FORMAÇÃO PROFISSIONAL E A RESOLUÇÃO 1.073 DO CONFEA, DE 22 DE ABRIL DE 2016

Elaine Gomes Assis, Josias Gomes Ribeiro Filho, Antonio Wagner Forti, Dianne Magalhães Viana, Thamy Cristina Hayashi, Diego Jose Rativa Millan, Sergio Campello Oliveira, Halley Wanderbak, Iara A. M. de Souza, Maria Elizabete V. Santiago, Renata dos Santos.

Capítulo 06236

FORMAÇÃO ACADÊMICA E ATUAÇÃO DE PROFISSIONAIS DA ENGENHARIA NA INDÚSTRIA E CULTURA DA SUSTENTABILIDADE

Adriana Maria Tonini, José Geraldo Pedrosa, Bráulio Roberto Gonçalves Marinho Couto, Bruno Martins Moreira, Fabiano Gontijo Maia, Gabriela Camargos Lima, Rosana Rios Corgosinho, Tatiane Augusta Godinho de Carvalho

APRESENTAÇÃO DO LIVRO

Este é o oitavo livro organizado a partir dos resultados dos trabalhos apresentados e discutidos em Sessões Dirigidas (SDs) do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE. Isto significa a consolidação dessa modalidade de apresentação e discussão de trabalhos em congressos científicos. Os capítulos deste volume foram construídos nas SDs realizadas durante o COBENGE 2016, ocorrido em Natal – RN, de 27 a 30 de setembro de 2016.

A proposta de SD tem sua origem na constatação de que, através das tradicionais sessões técnicas em eventos dessa natureza, os trabalhos dos pesquisadores dispõem de pouco tempo para apresentação e discussão, o que acaba frustrando os interessados em um maior aprofundamento nos trabalhos apresentados. Cada SD foi composta por um coordenador e um relator de instituições distintas. As propostas submetidas foram aprovadas em função da pertinência, exequibilidade e enquadramento no temário do evento. Além da proposição original dos autores, cada SD ainda recebeu inscrições de artigos de autores interessados, dos quais foram selecionados trabalhos para apresentação e composição das SDs.

A Sessão Dirigida não se inicia nem termina no período de realização do congresso. Os coordenadores e relatores das SDs iniciam a interação e a discussão com os autores dos trabalhos selecionados, pelo menos, 30 dias antes do evento, com vista à organização do mesmo. Esta interação continua após a realização das SDs, quando são consolidados os artigos e as discussões havidas durante o evento em capítulo do presente livro.

No seu conjunto, os capítulos deste livro, que se alinhavam pela temática relativa à “DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA: Formação acadêmica e atuação profissional, Práticas Pedagógicas e Laboratórios Remotos”, constituem-se em um importante material produzido por autores de diferentes instituições, que foram significativamente enriquecidos pelas discussões com grupos afins em cada Sessão. Com isso, este livro representa não só a visão de seus autores, mas também os resultados dos debates das ideias e das conclusões que estes autores submeteram à discussão nas suas respectivas SDs.

O processo de construção dos capítulos deste livro, a partir das sugestões iniciais dos renomados pesquisadores que são os seus autores, passando pela discussão em um evento da envergadura do COBENGE, faz com que as ideias, as reflexões e as proposições constantes dessa obra sejam significativamente consistentes e sedimentadas. Além disso, a temática geral do livro, aliada à diversidade de abordagens implementadas pelos diferentes autores, faz desta uma importante obra colocada à disposição de professores, de estudantes, de profissionais e dos demais interessados.

LABORATÓRIOS REMOTOS NO ENSINO DA ENGENHARIA

Gustavo Ribeiro da Costa Alves
Instituto Politécnico do Porto – IPP

Juarez Bento da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Ana Maria Beltran Pavani
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUCRJ

Dayane Carvalho Cardoso
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Delberis Araujo Lima
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUCRJ

Eduardo Kojy Takahashi
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Gabriela Rocha Roque
Faculdade SATC

Guilherme Penello Temporão
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUCRJ

Hermes Gustavo Fernandes Neri
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Josiel Pereira
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Luciano Andreatta Carvalho da Costa
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

Luciano Antônio Mendes
Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR

Renner Martins de Moura
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Rubens Gedraite
Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Simone Meister Sommer Bilessimo
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Thiago Schaedler Uhlmann
Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR

Vanessa Aparecida Palomo Lima
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUCRJ

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1. JOGOS REMOTOS: PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO CONJUNTA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS E EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NO ENSINO DE ENGENHARIA.....	13
1.1 Aprendizagem baseada em jogos: aplicações correntes no ensino de engenharia.....	14
1.2 Jogos sérios e experimentação remota.....	16
1.3 Perspectivas de simulação de atividades produtivas na forma de jogos remotos	17
1.4 Considerações sobre o planejamento de jogos remotos.....	18
2. IMPLANTAÇÃO DE UM LABORATÓRIO REMOTO: UM PROJETO DE MÚLTIPAS FACETAS	20
2.1 O cenário atual e a PUC-Rio	21
2.2 A preparação do ambiente de tecnologia.....	24
2.4 O uso do VISIR no Laboratório de Circuitos Elétricos e Eletrônicos ..	25
2.5 O desenvolvimento de materiais para o uso do VISIR e que servem a outras disciplinas.....	26
2.6 Comentários e próximos passos	27
3. PROJETOS DE EXPERIMENTOS REMOTOS COMO ESTRATÉGIA FORMATIVA PARA ESTUDANTES DE ENGENHARIA.....	28
3.1 Uso pedagógico da experimentação remota	28
3.2 Os projetos e suas contribuições formativas	30
3.3 Comentários e próximos passos.....	31
4. PERCEPÇÕES ACERCA DE EXPERIMENTOS REMOTOS NO CONTEXTO DE UM CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS EXATAS	31
4.1 O curso de especialização	31
4.2 Pesquisa realizada com os estudantes do curso de especialização.....	32
4.3 Disciplina ministrada no curso de especialização.....	34
4.4 Comentários e próximos passos.....	35

5. PROGRAMA DE COOPERAÇÃO INTERINSTITUCIONAL PARA EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NOS PROCESSOS DE ENSINO E DE APRENDIZAGEM DE ENGENHARIA	36
5.1 O Grupo de Trabalho de Experimentação Remota Móvel (GT-MRE)	37
5.2 Gerenciamento do projeto de cooperação interinstitucional	39
5.3 Considerações sobre o projeto de cooperação interinstitucional.....	40
CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERÊNCIAS	41

Capítulo 1

LABORATÓRIOS REMOTOS NO ENSINO DA ENGENHARIA

INTRODUÇÃO

O presente capítulo contém uma seleção de artigos que foram apresentados na Sessão Dirigida: Laboratórios remotos no ensino da engenharia, realizada durante o XLIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE), de 27 a 30 de setembro de 2016, em Natal, Rio Grande do Norte.

Essa Sessão Dirigida propôs mostrar trabalhos que viessem a apresentar experiências baseadas em laboratórios remotos no ensino de engenharia, a fim de discutir e demonstrar as práticas ou técnicas propostas pelos grupos em diferentes realidades. Buscou, assim, expor pontos positivos e negativos para potenciais disseminações de projetos com semelhantes contextos. Portanto, o objetivo da Sessão Dirigida foi proporcionar um ambiente para discussão e reflexão referente à integração dos laboratórios remotos no ensino de engenharia.

Os cinco artigos apresentados neste capítulo foram selecionados entre aqueles que receberam a qualificação a partir da apresentação oral na Sessão Dirigida ou como convidados. O primeiro, escrito por Thiago Schaedler Uhlmann e Luciano Antonio Mendes, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), é intitulado “Jogos remotos: perspectivas de aplicação conjunta de aprendizagem baseada em jogos e experimentação remota no ensino de engenharia”. Tem como objetivo geral identificar possibilidades acerca do emprego da Aprendizagem Baseada em Jogos, associada a recursos de experimentação remota, no ensino de engenharia.

O segundo artigo selecionado foi escrito por Ana M. B. Pavani; Delberis A. Lima; Guilherme P Temporão; Vanessa A. P. Lima, vinculados à Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO). O documento, intitulado “Implantação de um laboratório remoto: um projeto de múltiplas facetas”, busca descrever a experiência de iniciar a implantação de um laboratório remoto nessa instituição, no âmbito do Projeto VISIR+.

O terceiro artigo, “Projetos de experimentos remotos como estratégia formativa para estudantes de engenharia”, foi escrito por Eduardo Kojoy Takahashi; Rubens Gedraite; Hermes Gustavo Fernandes Neri; Dayane Carvalho Cardoso e Renner Martins de Moura, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Os autores buscam apresentar uma possibilidade metodológica de formação básica de estudantes de engenharia, a partir do desenvolvimento colaborativo de projetos envolvendo experimentação remota e com o engajamento de professores-pesquisadores, estudantes de engenharia e estudantes do ensino médio que apresentem um potencial para a carreira de engenharia.

O quarto artigo, intitulado “Percepções acerca de experimentos remotos no

contexto de um curso de especialização em Educação em Engenharia e Ciências Exatas”, foi escrito por Luciano Andreatta Carvalho da Costa, da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS). No documento, o autor busca apresentar as percepções dos estudantes de um curso de especialização em Educação em Engenharia e em Ciências Exatas na UERGS, no âmbito da utilização de laboratórios remotos, a partir de uma disciplina ministrada no curso que trata do tema dos experimentos *online* e seus impactos para a formação na área tecnológica.

O quinto artigo, “Programa de cooperação interinstitucional para experimentação remota nos processos de ensino e de aprendizagem de engenharia”, é de autoria de Gabriela Rocha Roque (Faculdade SATC); Josiel Pereira e Simone Meister Sommer Bilessimo, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O documento descreve a uma iniciativa de cooperação entre duas instituições de ensino superior, a UFSC e a Faculdade SATC. Cooperação esta motivada pela integração de tecnologia no ensino de engenharia, através da utilização e do compartilhamento dos recursos de laboratórios de experimentação remota.

1. JOGOS REMOTOS: PERSPECTIVAS DE APLICAÇÃO CONJUNTA DE APRENDIZAGEM BASEADA EM JOGOS E EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NO ENSINO DE ENGENHARIA

As diferentes áreas da engenharia se caracterizam por uma crescente multidisciplinaridade. A busca contínua pela competitividade por meio da inovação e pelo aperfeiçoamento contínuo dos sistemas de produção requer a interação entre áreas de conhecimento distintas e envolve tanto aspectos tecnológicos como a formação de recursos humanos. A formação de profissionais nos vários campos da engenharia não mais se limita ao uso de meios tradicionais de ensino: além dos conhecimentos técnicos inerentes à profissão de engenheiro, o futuro profissional deverá adquirir habilidades relacionadas ao desenvolvimento humano, à criatividade, indispensável que é à inovação, além das competências necessárias para a solução de problemas com características nem sempre esperadas ou documentadas em manuais, artigos e livros.

Justifica-se, portanto, o emprego de métodos de ensino que explorem as formas previstas de atuação desse futuro profissional, e que esses sejam interativos, cooperativos, atrativos e motivadores para a formação. Entre tais métodos, encontra-se a Aprendizagem Baseada em Jogos (ABJ), que, neste trabalho, é tomada para uma análise de possibilidades de uso em conjunto com os conceitos de Experimentação Remota (ER), com vistas aos potenciais benefícios dessa combinação no ensino de engenharia. Para situar a questão mais adequadamente, foi feita uma breve revisão de pesquisas e tendências recentes, e, para uma primeira análise de possibilidades, foram tomados casos-exemplo relacionados com a área de Engenharia de Produção e Sistemas.

1.1 Aprendizagem baseada em jogos: aplicações correntes no ensino de engenharia

O ensino de engenharia abrange questões teóricas e práticas relativas às diferentes áreas do conhecimento, desde as tradicionalmente relacionadas às Ciências Exatas, como a Matemática, a Física e a Química, até o ensino de disciplinas relativas à área humana, como a Psicologia Organizacional, a Gestão Mercadológica e a Ergonomia. Pela sua natureza diversificada, as situações e desafios relativos à profissão de engenheiro não se limitam às que costumam ser exploradas no processo de ensino-aprendizagem tradicional. Tais situações podem ser incrementadas por meio de abordagens colaborativas e interativas, elementos presentes nos jogos com fins educacionais e que constituem formas de motivar os estudantes da atual geração, com crescente creditação.

O uso de jogos no ensino de engenharia já vem sendo adotado no ensino superior. A ABJ, conforme Mayer *et al.* (2014), busca suprir demandas educacionais, sendo cada vez mais adotada como método de ensino; porém, indicam, existe a necessidade do desenvolvimento de métodos estruturados para pesquisa e avaliação de sua efetividade como ferramenta educacional.

Bodnar *et al.* (2016) realizaram um levantamento nas bases de dados ScienceDirect, EBSCO, Scopus, Web of Science, Compendex, entre outras, em busca de evidências do uso de jogos no ensino de engenharia, encontrando um total de 191 publicações relacionadas, no período de 2000 a 2014. Foram identificadas aplicações em 16 disciplinas da engenharia, com destaque para as modalidades Elétrica, Mecânica, de Software, Civil e de Produção. Como resultado, em que pese ter sido observada uma predominância do uso de jogos digitais, foram encontradas também aplicações em formatos tradicionais, tais como cartas e tabuleiro, e, ainda, o emprego de técnicas de gamificação (*gamification*) – definidas pelos mesmos autores como abordagens a problemas em cenários não lúdicos com o uso de jogos – também foi observado. Desse trabalho de levantamento, ficou evidente que a ABJ no ensino de engenharia se encontra em franca expansão. Foram encontrados casos de aplicação de jogos e simulações voltados para o exercício da solução de problemas técnicos, semelhantes aos que o aluno poderá encontrar no seu exercício profissional, bem como jogos voltados ao estímulo de práticas ligadas à criatividade e à inovação.

Dessa forma, pode-se afirmar que está posto o espaço para aprofundamento da análise de possibilidades de aplicação da ABJ no ensino de engenharia. Um exemplo concreto na área de Gestão da Cadeia de Suprimentos pode ser encontrado em Uhlmann; Battaiola e Heemann (2014), com o sistema de jogo SCMDesign. Trata-se de um jogo de representação de personagens (*Role-playing Game*) em formato de tabuleiro, que possui como objetivo principal simular problemas e situações diversas relacionadas à Gestão da Cadeia de Suprimentos (Figura 1).



Figura 1 – SCMDesign

Fonte: Uhlmann, Battaiola e Heemann, 2014.

Nesse caso específico, as situações e problemas inerentes incluem elementos não-quantitativos (abrangendo negociações organizacionais, relações humanas, conflitos entre profissionais, entre outras). Cada jogador desempenha o papel de um profissional de uma organização inserida na cadeia de suprimentos, sendo as características desse profissional, e da empresa que ele representa, descritas em cartas e peças de tabuleiro. O jogo contempla o uso de cartas de eventos, enquanto a supervisão é feita pelo Moderador de Jogo. Situações e problemas são tratados à medida que acontece a evolução de uma narrativa.

Um sistema de jogo de tabuleiro como esse consiste em uma ferramenta para a promoção da interatividade entre alunos e professores no ensino de engenharia, sem necessidade do uso de artefatos de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). A simulação de situações não ocorre como no ambiente virtual: presencialmente, o aluno vivencia situações de negociação direta, instantânea, com os demais jogadores. Os resultados decorrentes das decisões dos jogadores são acompanhados através de modificações dos elementos icônicos sobre o tabuleiro.

Entretanto, a presença física conjunta, no mesmo espaço, constitui uma condição para a realização do jogo. Assumindo-se que a interação à distância entre os jogadores possa ser suprida pelas TIC, falta somente resolver o problema da movimentação dos elementos no tabuleiro – elementos que, com auxílio das mesmas TIC, podem deixar de ser simplesmente icônicos e passivos. Atualmente, a cooperação à distância em jogos já é amplamente explorada em plataformas comerciais de jogos lúdicos de entretenimento *online*. No caso do SCMDesign, a presença física na sessão de jogo favorece uma maior interação e colaboração direta entre os participantes. Por outro lado, a colaboração à distância bem representa uma das formas de interação a que estarão sujeitos os futuros engenheiros na Indústria 4.0, na era da Internet of Things (IoT), como assinalam Schuh *et al.* (2014). É nesse sentido que os recursos de ER podem agregar os elementos necessários para se combinar os benefícios da existência do sistema físico real,

fazendo as vezes do tabuleiro e seus componentes, com os da modificação dinâmica do mesmo a distância, com acompanhamento em tempo real e em regime de cooperação.

1.2 Jogos sérios e experimentação remota

Jogos de sucesso combinam elementos capazes de levar o jogador a dedicar sua atenção e concentração (imersão), motivado que está por alguma forma de possível premiação, mesmo que imaterial. Os elementos de desafio, competição, colaboração e socialização combinados em jogos, quando mobilizados para fins educacionais, concorrem para produzir resultados pedagógicos favoráveis.

Na ER, a motivação do estudante em manipular a distância elementos de um sistema real, fisicamente existente, é notadamente superior àquela de operar uma simulação que poderia, até mesmo, rodar localmente no seu próprio computador. De forma similar, a já inerente motivação proporcionada pelos jogos poderá ser ainda maior se as decisões tomadas pelos participantes implicarem alterações, modificações e consequências em um ambiente real, visualizado em tempo real, na forma de um cenário de elementos pertinentes, com capacidade de conquistar, assim, a sua imersão.

A partir dos argumentos anteriores, a pesquisa por formas inovadoras de aplicação da ABJ no ensino de engenharia se apresenta naturalmente, e possibilidades interessantes residem na referida combinação com conceitos de ER. Basicamente, essa união de conceitos significa adicionar ao contexto de um jogo o controle de elementos representativos do mundo real, desde que significativos e com comportamento ativo, localizados em um ambiente físico preparado e fazendo as vezes de um tabuleiro potencializado pela tecnologia. Portanto, considerando-se as mecânicas de interação e interfaces características dos jogos não-digitais (tais como os jogos de tabuleiro, de cartas, de esportes), somar-se-ão a esses a operação remota dos respectivos componentes no ambiente físico, agora caracterizado por conter uma quantidade de elementos automatizados.

O controle a distância dos elementos do jogo pode ser realizado por meio da conhecida gama de tecnologias empregadas na experimentação remota e/ou com recursos de automação dedicados. A movimentação dos componentes pode ser feita, por exemplo, com autômatos e/ou robôs, de sofisticação variável, adaptados conforme o contexto de cada jogo. Adicionalmente, através de recursos de sensoriamento, podem ser tomados dos elementos do sistema real os dados a serem usados, depois de tratados, pelos jogadores, na definição de suas estratégias. Para designar essa combinação de conceitos, sugerimos o uso do termo “Jogos Remotos” (“Remote Games”), preferencialmente no âmbito educacional.

1.3 Perspectivas de simulação de atividades produtivas na forma de jogos remotos

Com base no exposto anteriormente, há provável viabilidade do uso da combinação ABJ-ER com temáticas características das diferentes áreas da engenharia. Neste trabalho, nos limitaremos a discutir algumas possibilidades em torno da Engenharia de Produção e Sistemas, uma vez que são amplas e podem incluir até mesmo jogos com propostas lúdicas (desde que voltadas para finalidades de aprendizado). Nos parágrafos a seguir, são discutidas ideias para jogos com formato educativo.

A Logística é uma área que pode ser prontamente abordada no formato de jogos educacionais, em conexão com recursos tomados das conhecidas e bem-sucedidas competições de robótica móvel (MELCHIOR *et al.*, 2005). Essas competições têm motivado muitos alunos e proporcionado relevantes resultados na sua formação nas chamadas áreas STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). Se o controle dos robôs de competição, ou de conjuntos elaborados desses, for transferido para o usuário remoto (ou seus grupos organizados), abrem-se novas e amplas perspectivas. Em um jogo pensado em torno de questões de Logística, poderiam ser tratados aspectos como: armazenagem em locais específicos; transbordo entre modais; reabastecimento (recarga de baterias) em pontos específicos do tabuleiro; capacidade de carga de robôs móveis de diferentes modais; diversidade de cargas; tempos de transporte; otimização de roteiros; estratégias operacionais de máximo rendimento; missões de transporte de objetos de parte a parte, segundo regras do jogo. Ao traçar suas estratégias, os usuários deverão considerar as propriedades e os comportamentos característicos dos modais e do ambiente.

Para maximizar seu desempenho em tempo de jogo, os usuários poderão criar modelos de comportamento dos modais (o que pode ser feito *off-line*), com base nos dados observados durante o próprio jogo. A variação temporal de comportamento dos elementos ativos do jogo pode tornar esses modelos não estáticos, e que podem ser objeto de simulações feitas de antemão. Adicionalmente, o tabuleiro automatizado (ambiente físico de jogo) pode se tornar um espaço disponível de forma permanente.

A temática de Gestão da Cadeia de Suprimentos é tema do jogo Brass (WALLACE, 2007), que descreve as relações de fornecimento e distribuição de matérias-primas e produtos acabados característicos da era da Primeira Revolução Industrial, ocorrida na Inglaterra. A interação dos jogadores no tabuleiro situa-se no controle não somente de uma organização, mas de um sistema produtivo como um todo, composto por tecelagens, fontes de matéria-prima (ferro e carvão) e vias de acesso (hidrovias e ferrovias). A pontuação e a recompensa no jogo são mensuradas em retorno financeiro e em pontuação pelo desempenho operacional do jogador na gestão do sistema produtivo como um todo. Convenientemente, elementos representativos de finanças e controles de desempenho podem

ser mantidos em uma camada virtual, evitando-se a presença de suas respectivas formas tradicionais no tabuleiro (fichas, moedas do jogo, anotações, entre outros).

Outro jogo na mesma linha é o Automobile (WALLACE, 2009). Esse jogo aborda os processos de desenvolvimento, fabricação, distribuição e venda de automóveis, tendo como contexto a Segunda Revolução Industrial norte-americana (Figura 2). Entre as decisões tomadas pelos jogadores, encontram-se questões relacionadas a atividades como Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos, Gestão de Recursos Humanos (recrutamento de profissionais), Marketing (abrangendo questões como posicionamento de produto em razão de um determinado público-alvo e ações de propaganda), Gestão Financeira.



Figura 2 – Automobile
Fonte: fotografada pelos autores.

Os jogos anteriormente descritos possuem componentes, interfaces e mecânicas que possibilitam a exploração de problemas típicos de sistemas produtivos, bem como o exercício da busca pelas soluções mais efetivas, tanto quantitativa como qualitativamente, para os problemas existentes em tais sistemas. O uso das tecnologias associadas à ER, no caso desses jogos, poderia ser explorada, principalmente, para prover a movimentação de peças de forma automatizada, ou mesmo com a realização de modificações representativas no cenário do jogo (montagem de “trabalhos” que levem a estruturas, por exemplo).

1.4 Considerações sobre o planejamento de jogos remotos

No planejamento de um novo jogo remoto, inicialmente, procede-se ao estudo dos requisitos pedagógicos, ou seja, deve-se relacionar todos os aspectos que deverão ser abordados para que se possa proporcionar a experiência de aprendizado desejada. Conforme o formato de jogo remoto, pode ser necessário prever os requisitos relacionados com a supervisão de um facilitador ou professor. Nessa primeira etapa, incluem-se, tipicamente: contexto de jogo, objetivos a serem cumpridos e resultados de aprendizado esperados.

Em uma segunda etapa, devem ser definidas as mecânicas e os processos, tanto de aprendizado como de jogabilidade, podendo tomar-se como base as recomendações de Arnab *et al.* (2015). Com relação a mecânicas de aprendizado (*learning mechanics*), pode-se explorar: Participação; Observação; Competição; Questionamento e Resposta; Avaliação; Identificação; Descoberta; Incentivo e Simulação. Segue-se com a definição das mecânicas de jogo (*game mechanics*), tais como: Gestão de Recursos; Níveis (*Levels*); *Feedback*; História; Recompensas; Coleta e Seleção; Pontos de Ação; Movimento; Colaboração; Restrições de Tempo.

O planejamento do ambiente físico remoto contempla tanto o desenvolvimento da estrutura física (componentes, peças, dimensão do espaço físico, substâncias, entre outros), como dos elementos de Automação e Tecnologia de Informação que serão utilizados para a operação do jogo (elementos mecânicos, *software*, *hardware*, gestão de dados e telecomunicações). Essa é a etapa mais intensiva da engenharia do sistema do jogo. A título de uma organização modular, poderia ser empregada uma estrutura física de confinamento dos sistemas (tabuleiro, elementos automatizados, câmeras), inspirada no modelo já existente do projeto Weblab Deusto (GARCIA-ZUBIA *et al.*, 2006), porém, com dimensões suficientes para os contedores. A prototipagem digital do jogo remoto pode ser feita com o uso de ferramentas computacionais de modelagem, tanto de componentes mecânicos e de *hardware* (CAD) como de processos (*software* de simulação, a exemplo de Arena e Simio). A Figura 3 ilustra um esquema básico de um jogo remoto voltado para a ABJ, que, em essência, é bastante similar ao encontrado em uma ER.

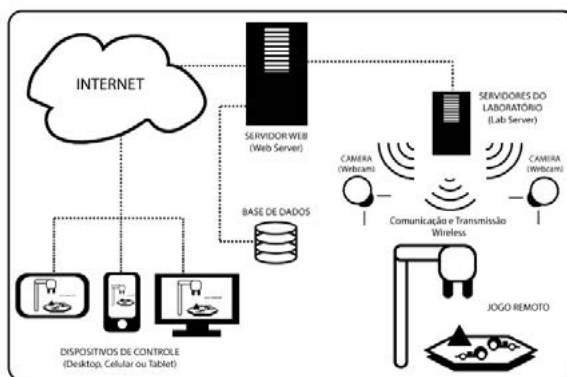


Figura 3 – Arquitetura possível de um Laboratório Remoto voltado para a Aprendizagem Baseada em Jogos

Fonte: elaborada pelos autores

Os sistemas encarregados de agendamento, autorização e autenticação de usuários, normalmente prestados por um corretor de serviços (*Service Broker*), devem suportar a gestão de equipes, controlar um calendário de rodadas de jo-

gos e coordenar a ordem permitida para a realização de ações pelos jogadores.

Nesta seção foram exploradas, de forma não exaustiva, possíveis abordagens para o uso da combinação ABJ-ER em temáticas relacionadas à engenharia, particularmente em situações características tomadas da Engenharia de Produção e Sistemas. Das análises realizadas, depreende-se que a citada combinação representa uma fronteira a ser explorada. Deve-se a viabilidade projetada para a ABJ-ER à disponibilidade corrente das tecnologias necessárias, em particular à maturidade das soluções de ER e à acreditação crescente do uso dos jogos sérios no ensino.

A combinação ABJ-ER acrescenta novos requisitos à automação dos sistemas remotamente operados, de modo que se deve esperar por uma complexidade de projetos superior àquela normalmente observada em implementações de ER. Nesse sentido, observa-se que o processo de desenvolvimento de projetos de jogos remotos poderá ser mais bem conduzido com o uso de metodologias sistemáticas, que poderão levar, a partir do acúmulo de experiências, à criação de futuros modelos de referência.

A validação da contribuição pedagógica será provida, em grande medida, pelas mesmas formas de análise já aplicadas na ABJ. A expansão de possibilidades em torno das dinâmicas de jogo, com relação aos tabuleiros tradicionais (traçadas pela ER), decerto somente virão a agregar valor à ferramenta educacional, até mesmo pela motivação que o próprio formato inovador, entende-se, deverá suscitar nos usuários, estudantes ou jogadores.

2. IMPLANTAÇÃO DE UM LABORATÓRIO REMOTO: UM PROJETO DE MÚLTIPLAS FACETAS

A formação de engenheiros tem, tradicionalmente, requerido atividades de laboratório. Na Engenharia Elétrica, essas atividades devem estar associadas ao estudo de Circuitos Elétricos e Eletrônicos, Controles e Conversão Eletromecânica de Energia, entre outros.

As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) têm, ao longo das últimas décadas, oferecido ferramentas cada vez mais variadas e versáteis para auxiliar no processo de aprendizagem. As áreas contidas na sigla *STEM – Science, Technology, Engineering and Mathematics*, por sua natureza, são beneficiárias diretas das TIC. Atualmente, várias opções estão disponíveis e podem ser usadas de forma integrada e não sendo mutuamente exclusivas. A tecnologia, porém, é um conjunto de ferramentas e a sua escolha adequada depende dos objetivos acadêmicos a serem atingidos no processo de aprendizagem. É nessa escolha que se inserem os educadores envolvidos com a educação assistida por TIC. Cabe a eles a seleção, a preparação, a integração, a aplicação e o acompanhamento do uso de tais ferramentas.

Ao mesmo tempo, o uso das TIC, com propriedade e qualidade, é custoso

em termos de tempo e de recursos. Em contrapartida, oferece muitas possibilidades de compartilhamento e de cooperação.

Este trabalho aborda a experiência inicial – de implantação – da PUC-Rio como uma das instituições participantes do Projeto VISIR+ – *Educational Modules for Electric and Electronics Circuit Theory and Practice Following an Enquiry-based Learning and Teaching Methodology Supported by VISIR*. VISIR é o nome do *Remote Laboratory System for Electric and Electronics Circuits*.

A próxima seção faz uma apresentação geral das ferramentas de TIC ora disponíveis e que estão sendo usadas pela PUC-Rio. Considera, também, tendências internacionais na área. A Seção 3 é voltada à apresentação da preparação do ambiente de tecnologia para a implantação e o uso do VISIR na PUC-Rio, do ponto de vista geral. A Seção 4 trata da criação e aplicação do VISIR em uma atividade complementar; atividades complementares são mandatórias nos currículos brasileiros de engenharia. A seção 5 aborda o uso do VISIR em uma das aulas da disciplina Laboratório de Circuitos Elétricos e Eletrônicos. As três seções mencionadas apresentam os materiais desenvolvidos e disponibilizados em acesso aberto que serviram de preparação para os alunos da atividade complementar e da disciplina. A Seção 6 discute o desenvolvimento de materiais de suporte para as atividades mencionadas e que são úteis a outras disciplinas e atividades. Finalmente, a seção 7 faz uma rápida avaliação desses passos iniciais e apresenta o plano para os próximos.

2.1 O cenário atual e a PUC-Rio

A evolução das TIC nas últimas décadas tem propiciado a introdução de novas formas de aprendizado que têm como base alguns termos-chave. Podem ser citados compartilhamento, reutilização e cooperação.

O compartilhamento se manifesta de várias maneiras, algumas já existentes há muitos anos e outras mais recentes, mas que são reorganizações das mais antigas. Um exemplo de ambiente de compartilhamento é o MERLOT – Multimedia Educational Resources for Learning and Online Teaching (<http://www.merlot.org/>) – um ambiente na Internet para disponibilização de recursos educacionais on-line. O MERLOT foi criado em 1997, pela California State University Center for Distributed Learning (<http://www.cdl.edu/>) para disponibilizar materiais e ferramentas. Ao longo de quase 20 anos, passou por várias etapas de evolução, e hoje conta com parceiros de várias naturezas (universidades, empresas, organizações não governamentais), em todos os continentes. O número de títulos de materiais referenciados pelo MERLOT é superior a 65 mil; essa base armazena, somente, informações referenciais, ficando os recursos nas instituições que os produziram; essas instituições estão em todas as regiões do mundo e há recursos nas mais variadas línguas. A PUC-Rio contribui com o MERLOT desde 2010.

Atualmente, uma sigla bastante utilizada é OER – Open Educational Resour-

ces. Ela indica recursos educacionais que estão em acesso aberto na Internet e que podem ser compartilhados.

Em 2007, o ISKME – Institute for the Study of Knowledge Management in Education (<http://iskme.org/>) criou o projeto OER Commons (<http://www.oercommons.org/>), que, além de ser um repositório de materiais em acesso aberto, oferece ferramentas para autores desenvolverem seus próprios conteúdos. Estão disponíveis mais de 100 mil itens em todas as áreas e níveis de educação. Os provedores de itens são também de todas as partes do mundo.

O exame dessas duas bases indica os níveis de compartilhamento que os autores atribuem aos recursos que disponibilizam – desde o simples uso até a permissão para implementar modificações e compartilhá-las com outros. Muitas vezes, as permissões são especificadas, nos próprios recursos, através de uma Licença Creative Commons (<http://www.creativecommons.org/>) ou GNU – GPL (<https://www.gnu.org/licenses/licenses.en.html#GPL>).

A importância dos recursos de TIC apoiando a educação, bem como do seu compartilhamento, pode ser vista pelos tópicos da chamada de trabalhos do ACE 2016 – 11th IFAC Symposium on Advances in Control Education (<http://www.ace2016.sk/>): entre 16 tópicos, estão: (1) *teaching aids for control engineering*; (2) *virtual and remote labs*; (3) *open educational resources*; (4) *e-learning & blended learning in control engineering*; (5) *tele-operation, independent learning*; (6) *centralized Internet repository for control education*; e (7) *Internet-based control systems materials*. Percebe-se que quase 50% dos tópicos têm relação com TIC e OER.

Um tópico que vale destacar é “laboratórios virtuais e remotos”. Ainda que sejam distintos, podem ser usados em conjunto, sendo os virtuais preparatórios aos remotos e/ou aos tradicionais.

Assim como outros materiais *online*, há laboratórios virtuais disponibilizados em acesso aberto; um exemplo é o Automatic Control Laboratory (<http://www.contlab.eu/en/>) descrito por Cech *et al.* (2013). Outros laboratórios virtuais compartilhados que podem ser citados são o Sakshat Virtual Labs (<http://iitg.vlab.co.in/index.php>) e o Interactive Learning Modules Project (<http://aer.ual.es/ilm/index.php>).

Os laboratórios remotos são outra fonte de compartilhamento e cooperação entre instituições. Orduña *et al.* (2012) apresentaram um interessante estudo de caso de compartilhamento do VISIR. Rivera e Larrondo-Petrie (2016) trataram da classificação de diferentes tipos de laboratórios e suas combinações e as descreveram através de modelos UML em suas integrações com os ambientes educacionais; os papéis dos usuários foram também abordados. Há abundante literatura sobre laboratórios remotos, abordando diferentes aspectos.

As atividades com uso de TIC na Educação em Engenharia Elétrica na PU-C-Rio começaram em agosto de 1995. Os primeiros trabalhos foram voltados ao desenvolvimento de materiais *online* desenvolvidos em html; as limitações tec-

nológicas eram bastante grandes, tanto no que diz respeito aos produtos para o desenvolvimento quanto no que concerne à velocidade das redes, inclusive a Internet. Os materiais eram disponibilizados através do Sistema Maxwell (<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/>), a integração de um *IR – Institutional Repository* e um *LMS – Learning Management System*. À medida que o tempo passou, o desenvolvimento ampliou-se, cobrindo cada vez mais áreas da Engenharia Elétrica e introduzindo recursos melhores.

Em 2000, foram disponibilizados materiais *online* com pequenas animações e, em 2001, animações com interatividade.

Em 2008, foi lançada uma coleção de Livros Interativos de Engenharia Elétrica, com dois livros – *Circuitos elétricos* e *Sinais e sistemas*. A coleção foi aumentada, em 2010, com a introdução do Livro Interativo de *Controles e servomecanismos* e, em 2016, com o de *Eletrotécnica geral*. Esses materiais, como diz o nome, são interativos, consolidando a tendência de apresentar recursos que envolvem os alunos de maneira participativa, uma tendência internacional.

Em 2012, foi iniciado o desenvolvimento de Objetos Educacionais em Engenharia Elétrica (<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/series.php?tipBusca=dados&n-rseqser=5>). A série conta com 44 objetos publicados em português e duas versões para o inglês; três novos estão em desenvolvimento. Em 2013, mais uma série foi lançada – *Circuitos em Vídeo* (<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/series.php?tipBusca=dados&n-rseqser=8>). Ela disponibiliza 35 vídeos contendo toda a ementa da disciplina Circuitos Elétricos e Eletrônicos e foi preparada para o passo seguinte – as disciplinas na modalidade semipresencial.

Em 2014, três disciplinas entraram na modalidade semipresencial – Circuitos Elétricos e Eletrônicos, Controles e Servomecanismos, e Sinais e Sistemas. Em 2015, mais quatro disciplinas passaram a essa modalidade – Proteção de Sistemas, Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica, Subestações e Tarifação em Sistemas de Transmissão de Energia Elétrica.

A necessidade de oferecer recursos interativos motivou a criação de mais uma série de objetos contendo simuladores – Simulações em Engenharia Elétrica (<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/series.php?tipBusca=dados&n-rseqser=12>). Essa série conta com 10 objetos em português e quatro versões para o inglês; quatro novos estão em desenvolvimento.

Alguns resultados das atividades de desenvolvimento de materiais *online* e disciplinas na modalidade semipresencial podem ser vistos em Pavani e Temporão (2014) e Pavani e Barbosa (2016).

Uma área na qual a PUC-Rio nunca atuou é a de laboratórios remotos. O Projeto VISIR+ oferece essa oportunidade. No primeiro semestre de 2016, duas atividades foram desenvolvidas utilizando o equipamento VISIR da CUAS – Carinthia University of Applied Sciences (<https://www.fh-kaernten.at/en/startpage/>). Elas são descritas mais adiante, neste trabalho.

2.2 A preparação do ambiente de tecnologia

Como mencionado anteriormente, a PUC-Rio possui um LMS integrado a um Repositório Institucional. Esse ambiente abriga as atividades de educação tradicional apoiada por TIC, disciplinas na modalidade semipresencial e cursos a distância. Ao LMS será integrado o ambiente para acesso ao laboratório remoto VISIR e aos demais que venham a ser implementados na universidade. O estágio atual é de testes da conexão do NI LabView com o Sistema Maxwell.

A primeira atividade complementar utilizando o VISIR realizada na PUC-Rio buscou destacar a importância de diferentes estímulos no processo de aprendizagem de circuitos elétricos. Especificamente, as seguintes atividades foram desenvolvidas:

- i. Apresentação e desenvolvimento de atividades nos diferentes tipos de laboratórios utilizados nos estudos relacionados a circuitos elétricos;
- ii. Avaliação de duas estratégias de ensino para oferecer a base de conhecimento para o uso de laboratório local (laboratório real com componentes elétricos, medidores, etc.). A primeira estratégia foi uma combinação de atividades usando o simulador CircuitLab e o laboratório remoto VISIR. Já a segunda foi utilizando apenas o CircuitLab.

Onze estudantes participaram da atividade, antes da qual assistiram alguns vídeos com a teoria relacionada a cada atividade. Os vídeos foram preparados exclusivamente para a atividade complementar e estão em acesso aberto, podendo ser vistos através dos repositórios Maxwell e Youtube, a partir dos seguintes links:

- <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/26405/26405.HTM>;
- <https://www.youtube.com/watch?v=QB7KgPf5HSk>.

No Quadro 1, é apresentado o número de visualização dos vídeos até 15/06/2016, em cada repositório.

Quadro 1: Número de visualizações em cada repositório.

Repositórios	Visualizações
Maxwell	73
Youtube	179

Fonte: levantamento dos autores.

Dos 11 estudantes, 2 eram alunos de Ciência da Computação, 5 de Engenharia Elétrica e 4 eram alunos de Engenharia Mecânica.

A atividade começou no laboratório computacional, onde todos os alunos

utilizaram o simulador CircuitLab. Depois, seis desses alunos foram para o laboratório local para realizar os mesmos experimentos feitos no simulador. Cinco deles continuaram no laboratório computacional para usar o VISIR (laboratório remoto). Finalmente, os estudantes que ainda estavam no laboratório computacional foram para o laboratório local e os alunos do laboratório local retornaram ao laboratório computacional para usar o VISIR.¹

O tempo total da atividade foi de 4 horas e todos os alunos fizeram os experimentos corretamente. Em termos de eficiência no tempo da atividade, como esperado, os estudantes de Engenharia Elétrica tiveram melhor desempenho, seguidos por alunos de Engenharia Mecânica e, finalmente, pelos alunos de Ciência da Computação.

Os estudantes também preencheram um formulário para avaliar a atividade, em uma escala que variava de 1 a 5, sendo 1 considerado de pouco impacto, e 5 como de muito impacto. Seis alunos (portanto, a maioria) avaliaram a atividade com nota 5; 4 deles deram nota 4; e 1 deles deu nota 3. A maioria deles fortemente recomendaria (8 alunos) ou apenas recomendaria (3 alunos) a atividade para seus colegas. Em termos de avaliação das estratégias de ensino, como esperado, a maioria acredita que a combinação CircuitLab e VISIR é fortemente recomendada como preparação para o laboratório local. A maioria dos alunos (5 dos 6 alunos que se prepararam para o laboratório local com a combinação CircuitLab e VISIR) acreditam fortemente que a combinação ajudou na preparação para o laboratório local, atribuindo nota 5 a essa combinação; apenas 1 aluno atribuiu nota 4 à combinação. Por outro lado, dos alunos que utilizaram apenas o simulador CircuitLab como preparação para o laboratório local, apenas 1 atribuiu nota 5; 2 atribuíram nota 4; e os 3 alunos restantes atribuíram notas 3, 2 e 1. Como conclusão, a atividade sinalizou que o uso de simuladores e laboratórios remotos tem grande potencial para melhorar o processo de ensino, não só por vantagens associadas à segurança ou pela possibilidade de utilização a qualquer hora, via Internet, mas também pela forte preparação que o aluno tem para usar componentes elétricos e/ou eletrônicos nos laboratórios reais.

2.4 O uso do VISIR no Laboratório de Circuitos Elétricos e Eletrônicos

A disciplina de Circuitos Elétricos e Eletrônicos é cursada no quinto período dos cursos de Engenharia Elétrica, Engenharia de Controle e Automação e Engenharia da Computação da PUC-Rio. É nessa disciplina que os alunos têm seu primeiro contato com o laboratório de eletrônica e seus equipamentos, tais como osciloscópios, multímetros e geradores de função.

É muito comum, especialmente nas primeiras experiências de laboratório, que os alunos apresentem certa dificuldade em realizar a montagem correta dos

¹ Mais detalhes sobre a atividade podem ser acessados em <https://www.youtube.com/watch?v=P_7kvVphE8> e as fotos da realização do evento podem ser vistas em <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/VISIR/scrapbook4.html>>.

circuitos e as medidas subsequentes dentro do limitado tempo de aula, que é, atualmente, de duas horas. Além disso, assim como em qualquer área do conhecimento, o processo de aprendizagem envolve acertos e erros; no caso de uma disciplina de laboratório, erros na montagem de circuitos elétricos, muitas vezes, resultam em danos causados aos equipamentos ou aos componentes, mesmo quando os alunos se encontram sob supervisão do professor. É aqui que o VISIR se encaixa perfeitamente: além de permitir que o aluno já consiga adquirir familiaridade com os equipamentos e componentes antes da aula presencial, ele oferece total liberdade de cometer erros sem nenhum risco de causar danos. A combinação desses aspectos permite que o tempo de aula seja mais bem aproveitado e resulte em menos frustrações decorrentes de problemas de montagem.

No primeiro semestre de 2016, realizamos um teste em uma das últimas experiências, referente à Resposta em Frequência de Circuitos de Primeira e Segunda Ordens. Nessa experiência, os alunos deveriam observar como a amplitude e a fase de uma tensão elétrica de saída se comportam à medida que a frequência da fonte (senoidal) de entrada é variada. A experiência proposta consistiu em quatro etapas: análise teórica dos circuitos a serem montados; simulação dos circuitos; montagem dos circuitos no VISIR; e, por último, montagem dos circuitos no laboratório.²

Dado que, à época da elaboração deste artigo, ainda não tínhamos chegado ao fim do semestre letivo, os alunos ainda não haviam preenchido o formulário de avaliação da disciplina, e, portanto, não há dados a respeito do uso do VISIR nessa ocasião.³ De toda forma, estão previstas novas experiências utilizando o VISIR para o próximo semestre, especialmente nos tópicos mais introdutórios, nos quais os alunos são ainda mais inexperientes.

2.5 O desenvolvimento de materiais para o uso do VISIR e que servem a outras disciplinas

A utilização do VISIR na PUC-Rio requer materiais complementares de apoio relacionados à teoria e à prática de laboratório de circuitos elétricos. Um ponto importante e que deve ser ressaltado é que muitos dos materiais já estão disponíveis em acesso aberto e podem ser acessados nos endereços mencionados na seção 02. Porém, devido à especificidade dos experimentos como um laboratório remoto, foi criada a série VISIR+ que pode ser vista em <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/series.php?tipBusca=dados&nrseqser=14>. Além dos cinco roteiros desenvolvidos para o uso específico do VISIR, um contém informações gerais de sobre laboratórios remotos e os outros quatro sobre preparação para a realiza-

2 O roteiro da experiência pode ser visto em <<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/acessoConteudo.php?nrseqoco=87269>>.

3 As fotos da atividade podem ser vistas em <<http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/VISIR/scrapbook5.html>>.

ção das atividades no VISIR que podem ser vistos em <http://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/series.php?tipBusca=dados&nrseqser=14>. Estes materiais poderão ser utilizados em atividades futuras, que utilizam o VISIR ou o CircuitLab. Três novos simuladores, que já estão em desenvolvimento, serão disponibilizados. São eles: circuitos de primeira ordem e circuitos RLC de segunda ordem em diferentes configurações.

Até o momento, em todas as preparações das atividades realizadas pela equipe da PUC-Rio para utilização do VISIR, foram planejadas as atividades e desenvolvidos materiais para auxiliar o entendimento do aluno tanto na parte teórica como para na realização do experimento no próprio VISIR e no laboratório tradicional. Estes materiais poderão ser utilizados em outras disciplinas e atividades.

2.6 Comentários e próximos passos

Os primeiros usos do VISIR, aqui apresentados, foram possíveis por ser ele um laboratório remoto – o equipamento da PUC-Rio ainda não se encontra instalado quando da realização dessa experiência. O VISIR usado foi o da CUAS, como mencionado na seção 2.

O que esses usos ensinaram é que a implantação de um laboratório remoto, do ponto de vista acadêmico, é um projeto de múltiplas facetas e que envolve profissionais de diferentes perfis. Dentre as atividades pertinentes ao projeto, destacam-se: (1) a definição e o planejamento do que será feito; (2) a definição dos tipos de processos de aprendizagem a serem usados – simuladores, objetos interativos, textos, etc.; (3) o desenvolvimento dos materiais de preparação e apoio para uso remoto; e (4) a preparação da equipe de apoio. Para essas atividades são necessários professores, alunos de pós-graduação e equipe de TI em educação.

A equipe de TI, com o apoio dos professores, já integrou o LabView ao Sistema Maxwell; a integração se deu com um processo que não é o VISIR. Assim, logo que o VISIR for instalado, ele poderá ser utilizado a partir do LMS, que controla turmas, horários de atividades, etc.

No próximo semestre, o uso de VISIR em Circuitos Elétricos e Eletrônicos será expandido, assim, como novas atividades complementares serão realizadas. A equipe planeja apresentar o VISIR a outros professores para aumentar o número de disciplinas que o utilizarão. As disciplinas de Eletrônica Analógica provavelmente serão as próximas. Para todos esses usos, serão feitas avaliações com os alunos para verificar a eficácia da ferramenta.

3. PROJETOS DE EXPERIMENTOS REMOTOS COMO ESTRATÉGIA FORMATIVA PARA ESTUDANTES DE ENGENHARIA

Atrair bons estudantes para a carreira tecnológica ou científica tem sido o constante desafio das universidades nacionais e internacionais. Por bons estudantes não queremos simplesmente referenciar aqueles que lograram atingir boas médias nas disciplinas escolares, mas os que conseguiram construir uma formação geral mais abrangente, que inclui, além das competências cognitivas, as habilidades psicomotoras e o desenvolvimento afetivo (FERRAZ; BELHOT, 2010).

Não é raro encontrar estudantes ingressantes nos cursos de engenharia da Universidade Federal de Uberlândia que apresentam alta competência cognitiva, mas habilidades psicomotoras (autonomia, senso crítico, saber-fazer) apenas razoáveis.

Como a responsabilidade pela formação inicial dos estudantes ingressantes nos cursos de engenharia se restringe, em larga escala, aos professores de Física, Química e Matemática, torna-se importante a busca por novas metodologias em disciplinas dessas áreas do conhecimento que articulem mais a teoria e prática pelo incremento do tempo dedicado às atividades experimentais.

Considerando, ainda, que alguns estudantes do ensino médio seguirão a carreira de engenharia, a viabilidade de implantação de uma formação mais específica também para esse público escolar, no sentido de estimular o saber-fazer, pode ser ampliada por meio do desenvolvimento de projetos com base tecnológica.

Dessa forma, com o intuito de contribuir para o desenvolvimento de competências específicas desejadas de um engenheiro (GAMA; SILVEIRA, 2003) e, ao mesmo tempo, atrair estudantes da Educação Básica para os cursos de engenharia, consideramos o engajamento de estudantes de engenharia e estudantes do ensino médio – que apresentavam propensão a atividades de natureza mais aplicada – no desenvolvimento colaborativo de projetos relacionados a experimentos remotos (ER).

A escolha pela ER permite, ao mesmo tempo, reforçar o uso de experimentos no ensino médio, como, também, viabilizar projetos para construir e/ou disponibilizar experimentos para práticas laboratoriais a distância, estimulando o aprender e o saber-fazer.

Os resultados pedagógicos desse empreendimento foram encorajadores para a sua adoção como estratégia de ensino, tanto no nível superior quanto no nível médio, e estão apresentados neste trabalho.

3.1 Uso pedagógico da experimentação remota

O uso de ER como recurso didático-pedagógico para a implantação de uma nova concepção de ensino experimental, que alia tecnologias de informação e

comunicação (TIC) aos equipamentos laboratoriais, tem sido reiteradamente justificado na literatura (DZIABENKO; GARCIA-ZUBIA, 2013; ROCHADEL; AQUINO; SILVA, 2012), com demonstrações de algumas vantagens em relação à metodologia de ensino experimental tradicional.

Existem duas maneiras pelas quais se podem disponibilizar experimentos para serem acessados e controlados a distância: projetar e construir artesanalmente tanto os equipamentos laboratoriais quanto o sistema de acesso e controle do mesmo pela Internet ou adquirir os equipamentos e projetar e desenvolver o sistema de acesso e controle remoto do mesmo. Cada uma possui suas vantagens: a construção artesanal, por exemplo, permite explorar o que Latour (2000) considera como abrir as caixas-pretas que foram tornadas fatos, isto é, levar o estudante a conhecer em detalhes os princípios e os embates científicos, tecnológicos e econômicos envolvidos na construção do artefato laboratorial, levando o empreendedor a tomar decisões e reconhecer a tecnologia enquanto está sendo construída e não apenas em seu formato final, pronto, utilizável; já a aquisição de um equipamento comercial permite o acesso a experimentos de grande sofisticação tecnológica, cuja complexidade de confecção exigiria conhecimentos muito especializados, ou recursos técnicos e materiais muito avançados e/ou dispendiosos.

Nesse trabalho, fizemos uso dos dois tipos de ER: um, construído artesanalmente, na forma de uma maquete residencial e dedicado ao estudo do tema Energia; e outro, um *kit* experimental adquirido junto a tradicional fornecedor que atua no mercado internacional (experimento de Millikan da gota de óleo) e voltado para a determinação da carga elementar do elétron.

Os projetos constituem um lugar que permite aproximar-se da identidade dos estudantes e favorecer a construção da subjetividade longe de um prisma paternalista, gerencial ou psicologista (HERNÁNDEZ, 1998), bem como revisar a organização do currículo e a maneira de situá-lo no tempo e no espaço escolares e levar em conta o que acontece fora da escola, auxiliando o estudante a aprender a dialogar de uma maneira crítica com todos os fenômenos do cotidiano. Dewey (1989, p. 184) afirma que, no curso de seu desenvolvimento, o projeto deve apresentar problemas que despertem nova curiosidade, criem uma demanda de informação e a necessidade de continuar aprendendo.

O saber-fazer, a resolução de problemas práticos e o trabalho em equipe são elementos cotidianos da engenharia (TONINI; MELO, 2015).

Quando pessoas que possuem pelo menos uma dessas competências são postas a trabalhar em equipe, o resultado pode ser uma aprendizagem bastante significativa para todos.

Neste trabalho, o desenvolvimento dos projetos de confecção de ER foi realizado por um grupo colaborativo, que incluiu um professor-pesquisador em Física, um professor-pesquisador em Engenharia Química, um estudante do curso de Engenharia de Controle e Automação, um estudante da Engenharia Biomédica, uma doutoranda em Educação e seis estudantes do Ensino Médio.

3.2 Os projetos e suas contribuições formativas

O ER para estudos de Energia consiste em uma maquete residencial com três cômodos, alimentada pela energia proveniente de uma placa fotovoltaica. Cada cômodo da maquete trata de algumas propriedades da energia: em um cômodo ocorrem transformações da energia elétrica em energia térmica e luminosa e se pode realizar medidas da temperatura em dois locais distintos no ambiente e do tempo de tomada dessas medidas; em outro ambiente, ocorrem transformações da energia elétrica em energia sonora, da energia elétrica em mecânica e da energia sonora em energia luminosa e se pode realizar medidas das potências envolvidas; em um terceiro ambiente, ocorrem transformações da energia elétrica em luminosa e podem ser determinados os coeficientes de absorção térmica de diferentes frequências luminosas incidentes em objetos de cores diversas.

Foram utilizados na sua construção: uma placa fotovoltaica de 20W nominais, uma plataforma Arduino Uno para os ambientes acústico e óptico da maquete, uma plataforma Arduino Mega para o ambiente térmico da maquete, um sensor LDR de 3 mm, três sensores de temperatura LM35, um display de LCD 16x2 para mostrar os valores de tempo e de temperatura, um módulo DS1302 para a marcação de tempo e LEDs branco, vermelho, azul e verde para o ambiente óptico.

O ER de Millikan consiste em um capacitor isolado, no interior do qual podem ser borrifadas gotas de óleo que, sob o efeito do campo elétrico produzido entre as placas do capacitor, adquirem equilíbrio mecânico ou movimentos ascendentes ou descendentes. O comportamento dinâmico das gotas pode ser observado por meio de um microscópio contendo um micrômetro.

O usuário necessita borrifar gotas de óleo no interior do capacitor utilizando uma bombinha de borracha, manipular duas chaves comutadoras e atuar sobre o potenciômetro da fonte de tensão para regular a voltagem entre as placas do capacitor. Deverá, também, visualizar a gota no microscópio, ajustando a sua posição em torno do capacitor, o seu foco na gota e utilizar a escala micrométrica.

A função dos estudantes de engenharia nos projetos foi projetar os sistemas sob a supervisão dos professores-pesquisadores, construir os sistemas juntamente os estudantes do ensino médio (EM) e coordenar o trabalho dos estudantes do EM.

Percebeu-se que, no movimento de transpor o estudante ingressante de engenharia da posição de espectador e usuário do artefato tecnológico experimental para o de ator ou produtor desse artefato, ocorreu o acionamento de mecanismos mais complexos do pensamento desses estudantes. A partir da análise das notas, filmagens e entrevistas realizadas ao longo do desenvolvimento do projeto, percebeu-se uma contribuição significativa no estabelecimento das seguintes características: construção da autonomia e capacidade gerencial de projeto e de grupo; desenvolvimento da iniciativa, da criatividade, do senso crítico e da capacidade de trabalho em equipe; aperfeiçoamento da lógica computacional,

do pensamento científico, do processo de soldagem estanho-chumbo e do uso de torno mecânico.

3.3 Comentários e próximos passos

Este trabalho possibilitou vivenciar a modificação no comportamento do estudante por meio da incorporação de valores e conhecimentos que permitiram a tomada de decisões conscientes, mobilizando as condições necessárias para que uma aprendizagem significativa ocorra. Outro ponto que merece destaque foi a composição da equipe multidisciplinar de trabalho, considerando a inclusão de estudantes do Ensino Médio, pois os egressos dos cursos de engenharia se defrontarão com essa realidade ao ingressarem no mercado de trabalho.

4. PERCEPÇÕES ACERCA DE EXPERIMENTOS REMOTOS NO CONTEXTO DE UM CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS EXATAS

A utilização de experiências de laboratório é extremamente rica para a formação de profissionais nas mais diversas áreas, em especial nas Engenharias e nas Ciências Exatas. Grande parte das propriedades dos materiais utilizados em diferentes aplicações são obtidas a partir de ensaios de laboratório, sendo, portanto, primordial que os cursos utilizem laboratórios para promover a aprendizagem. Existem algumas reflexões desse impacto pedagógico no caso de laboratórios virtuais (BIANCHINI; GOMES, 2006; SILVA, 2011; DIWAKAR *et al.*, 2012), reais ou através de experimentos remotos (GARCIA-ZUBIA *et al.*, 2008; RESTIVO; FERREIRA, 2012; SILVA *et al.*, 2016), que são o objeto deste tópico.

4.1 O curso de especialização

Ao longo de 2015, foi concebido, elaborado e aprovado, na Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), o primeiro curso de especialização, com o intuito de atender, em especial, professores de engenharias e de cursos das áreas exatas que sejam docentes ou que tenham interesse em ser professores. O curso tem os seguintes objetivos:

Geral: Prover aos professores informações sobre conhecimentos necessários para integrar a sua área de origem com fundamentação metodológica e pedagógica apropriada.

Específico:

Capacitar os professores em:

- Diferentes teorias e metodologias educacionais;
- Aplicações das diferentes disciplinas na futura profissão dos alunos de

- cursos técnicos;
- Aspectos ligados à história da técnica e da tecnologia;
- Utilização de Tecnologias Educacionais.

Procurou-se inovar na concepção do curso ao dividi-lo em quatro eixos, quais sejam: (i) Evolução Histórica das Ciências e Tecnologia; (ii) Teorias Cognitivas; (iii) Estratégias Didático-pedagógicas e Metodologia; (iv) Tecnologias Aplicadas ao Ensino Tecnológico. Mais do que estruturar de forma diferente, a ideia é que os professores do curso efetivamente façam a diferença na sua prática docente no curso, levando em conta o perfil dos alunos, que conta com professores em exercício, mestres e até recém-doutores. Para surpresa dos coordenadores do curso, houve 155 inscritos para as 30 vagas, o que possibilitou a seleção de um grupo de alunos com uma formação e uma trajetória profissional diferenciadas. O curso está no primeiro ano, e a sua finalização está prevista para o ano de 2017.

4.2 Pesquisa realizada com os estudantes do curso de especialização

Com o intuito de se obter uma percepção inicial dos estudantes do curso acerca do tema da experimentação em laboratório e, em especial, através de aplicações remotas, foi elaborado um questionário a ser preenchido depois da leitura da proposta dessa seção dirigida, conforme figuras 4 e 5.

LABORATÓRIOS REMOTOS PARA EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS EXATAS

Para responder as questões abaixo, ser o texto disponível em: <http://abeng.org.br/pt-br/area-conhecimento/tecnologia/educacao-ingenieria/>

<p>1. Tenho o seguinte tempo de experiência profissional com atividades de laboratório: <small>Mark only one oval</small></p> <p><input type="radio"/> Mais de 10 anos</p> <p><input type="radio"/> Entre 5 e 10 anos</p> <p><input type="radio"/> Entre 1 e 5 anos</p> <p><input type="radio"/> Menos de 1 ano</p> <p>2. Área com a qual trabalho: <small>Mark only one oval</small></p> <p><input type="radio"/> Matemática</p> <p><input type="radio"/> Física</p> <p><input type="radio"/> Engenharia</p> <p><input type="radio"/> Química</p> <p><input type="radio"/> Outra</p>	<p>3. Qual dos exemplos abaixo entendeu que seja a simulação de um experimento, o que caracterizamos como laboratório virtual: <small>Mark only one oval</small></p> <p><input type="radio"/> https://remotedeb.it.usp.pt/remote_experimentos.php</p> <p><input type="radio"/> https://remotedeb.it.usp.pt/remote_experimentos.html</p> <p><input type="radio"/> http://mla.ufsc.br/labv10/</p> <p><input type="radio"/> http://mla.ufsc.br/labv10/</p> <p><input type="radio"/> https://remotedeb.it.usp.pt/remote_experiment_measurement.php</p> <p>4. Qual dos exemplos abaixo entendeu que seja o acesso remoto a um experimento real, o que caracterizamos como laboratório remoto: <small>Mark only one oval</small></p> <p><input type="radio"/> https://remotedeb.it.usp.pt/curriculo/2/informacao.php</p> <p><input type="radio"/> https://remotedeb.it.usp.pt/curriculo/2/informacao.php</p> <p><input type="radio"/> http://mla.ufsc.br/labv2/</p> <p><input type="radio"/> https://remotedeb.it.usp.pt/remote_experimentos.php</p> <p><input type="radio"/> https://remotedeb.it.usp.pt/curriculo/2/informacao.php</p>
---	--

Figura 4 – Questionário – Questões 1 a 4.

Fonte: levantamento dos autores

5. Conheces alguma experiência existente no Brasil de laboratórios virtuais ou laboratórios remotos? Se sim, qual? (4)

6. É mais fácil aprender através de laboratórios remotos do que através de laboratórios reais. (Mark only one oval.)

Discordo totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo totalmente

7. Para o curso de graduação que realizas, as atividades de laboratório são importantes. (Mark only one oval.)

Discordo totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo totalmente

8. Os laboratórios remotos reduzem os problemas de falta de infraestrutura laboratorial em muitas escolas secundárias e técnicas no Brasil. (Mark only one oval.)

Discordo totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo totalmente

9. A presença física dos alunos em laboratórios reais não é tão importante. (Mark only one oval.)

Discordo totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo totalmente

10. As atividades de laboratório não são prioritárias em cursos de Engenharia e de Ciências Exatas. (Mark only one oval.)

Discordo totalmente

Discordo

Indiferente

Concordo

Concordo totalmente

Figura 5 – Questionário – Questões 5 a 10.
Fonte: levantamento dos autores

A ideia é que se possa identificar o quanto os alunos/professores valorizam as atividades de laboratório, a partir de sua área, bem como o quanto os mesmos compreendem a importância dos experimentos remotos, especialmente em países com as dimensões do Brasil.

Alguns resultados interessantes puderam ser observados nas respostas desse questionário, preenchido por 25 dos 30 alunos. Em primeiro lugar, cabe destacar que mais de 80% dos alunos possuem menos 5 anos de experiência profissional com atividades de laboratório, sendo que pouco mais de 50% têm menos de 1 ano de experiência. Observa-se que ainda há pouco conhecimento sobre a diferença entre laboratórios virtuais e experimentos remotos.

Qual dos exemplos abaixo entendes que seja a simulação de um experimento, o que caracterizamos como laboratório virtual:
(25 responses)

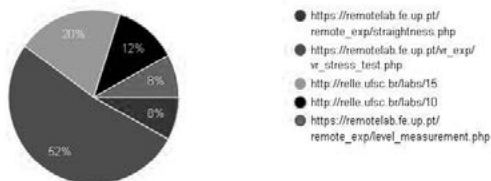


Figura 6 – Respostas à Questão 3.
Fonte: levantamento dos autores

Todavia, na pergunta 4, quando se devia escolher o experimento remoto, entre 5, sendo 4 deles laboratórios virtuais (ver resultados na Figura 7):

Qual dos exemplos abaixo entende que seria o acesso remoto a um experimento real, o que caracterizamos como laboratório remoto: (24 responses)

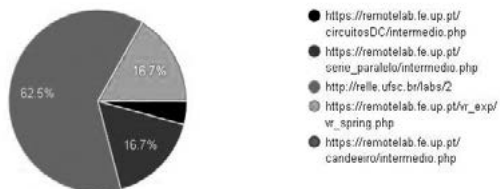


Figura 7 – Respostas à Questão 4.
Fonte: levantamento dos autores

Do ponto de vista da importância da presença física dos alunos nas experiências de laboratório, apenas 4% concordam que ela não é tão importante, e apenas 8,3% considera que é mais fácil aprender a partir de experimentos remotos em comparação com experimentos reais.

4.3 Disciplina ministrada no curso de especialização

A partir de agosto de 2016, será ministrada a disciplina chamada Experimentos online na Educação em Engenharia, cuja ementa consta na Figura 8.

Ementa:
Apresentações de diferentes possibilidades relacionadas a realizações de experimentos online voltados para a Educação em Engenharia, envolvendo simulações, realidade virtual com interação háptica, acesso remoto a laboratórios reais e possibilidades para a Educação a Distância.
Bibliografia
<p>ANDREATTA-da-COSTA, L.; NIETZKE, J. A. (Orgs.) A educação em engenharia: fundamentos teóricos e possibilidades didático-pedagógicas. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012.</p> <p>M. R. Quintas, M. T. Restivo, J. Rodrigues, P. Ubaldo. "Let's use Hapitcs," International Journal of Engineering Pedagogy, 2013, 9(8): pp. 65-67.</p> <p>M. T. Restivo, A. M. Lopes, L. Padilla, P. Chaves, T. Duarte. "Haptic Systems for Determining the Young Modulus of Materials," International Journal of Engineering Pedagogy, 2013, 9(8): pp. 68-70.</p> <p>Artigos publicados nos principais periódicos em Educação em Engenharia, Educação a Distância e experimentos online</p>

Figura 8 – Ementa da Disciplina Experimentos online na Educação em Engenharia.
Fonte: UERGS

Como se pode observar na ementa, busca-se trabalhar as três possibilidades de acesso a experiências de laboratório, quais sejam laboratórios virtuais, experimentos reais e experimentos remotos. Levando-se em conta que o curso é formado por professores em exercício, alunos de doutorado e até recém-doutores, a proposta de trabalho na disciplina é que os alunos proponham atividades a partir de diferentes possibilidades de utilização de experimentos remotos (RELLE, 2016; ONLINE Experimentation, 2016). Deseja-se que os alunos apliquem essas atividades nas suas turmas.

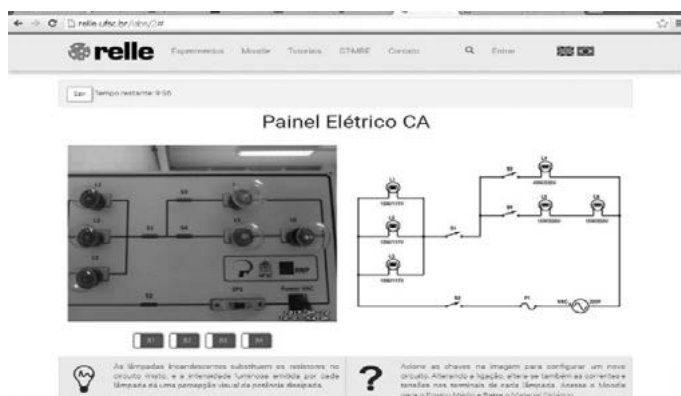


Figura 9 – Experiência em eletricidade.
 Fonte: <http://relle.ufsc.br/labs/2> (2016)

A aplicação da Figura 9 pode ser utilizada em cursos de Física ou de Matemática do Ensino Médio, ou mesmo em cursos técnicos e tecnológicos que envolvam a eletricidade. É claro que um trabalho fundamental do professor é conceber atividades utilizando esse experimento remoto, levando em conta o perfil e o conhecimento prévio dos seus alunos e o conteúdo a ser trabalhado, entre outros aspectos. A ideia é que já se tenham as atividades desenvolvidas e algumas aplicadas pelos alunos quando da realização da seção dirigida, levando-se em conta que a disciplina encerra ainda no mês de setembro.

4.4 Comentários e próximos passos

Como se pode observar, este artigo apresenta um trabalho que está em construção, a partir da experiência de docência em um curso de Pós-graduação *lato sensu* em Educação em Engenharia e Ensino de Ciências e Matemática. A disciplina irá iniciar-se em agosto, porém, já houve uma interação prévia com alunos em relação ao tema, a partir da disponibilização do material dessa sessão dirigida, bem como do preenchimento de um questionário baseado nesse material. Pode-se observar que ainda há um desconhecimento parcial, por parte dos acadêmi-

cos, do verdadeiro potencial dos experimentos remotos, apesar de a maior parte indicar que é uma ferramenta importante para um país com as dimensões do Brasil. Boa parte ainda não conseguiu identificar a diferença entre os experimentos remotos e os laboratórios virtuais, e a questão da presença do aluno também deverá ser problematizada ao longo do curso, tendo em vista que a maioria ainda considera fundamental que o aluno esteja presente nas experiências. Talvez o conceito de presença possa ser trabalhado e relativizado quando se fala em experimentos remotos. Espera-se, por fim, que essa experiência com os alunos de pós-graduação enriqueça as reflexões acerca da importância dos experimentos remotos para a Educação em Engenharia.

5. PROGRAMA DE COOPERAÇÃO INTERINSTITUCIONAL PARA EXPERIMENTAÇÃO REMOTA NOS PROCESSOS DE ENSINO E DE APRENDIZAGEM DE ENGENHARIA

Os avanços da tecnologia ocorridos nos últimos anos transformaram o comportamento dos estudantes em relação à aprendizagem, assim, métodos de ensino tiveram que ser remodelados, e os sistemas atuais de educação enfrentam diferentes desafios (KINSHUK *et al.*, 2016). O ensino de engenharia está incluso nesse cenário, com a frequente utilização da tecnologia como ferramenta de apoio pedagógico. Vale a pena destacar que, para Loureiro, Pereira e Pacheco (2014), a construção do perfil profissional do engenheiro deve ir além das habilidades técnicas, de modo a ser capaz de lidar com aspectos sociais, ambientais e tecnológicos, por meio do pensamento crítico e interdisciplinar. Para atender tais aspectos, instituições de ensino superior (IES), das diversas engenharias, procuram aliar aulas teóricas com aulas práticas, com a inserção do aluno em sua realidade profissional, por meio da contextualização. Para Roncarelli (2014), a contextualização é fator fundamental para uma educação de qualidade, e se observa que não é possível aprender assuntos de forma isolada, pois todo o conhecimento está inserido em um contexto que, para ser compreendido, exige interdisciplinaridade.

Outro aspecto importante, segundo Gillet *et al.* (2005) é que, nos cursos de engenharias, uma tarefa fundamental para sustentar o processo de ensino-aprendizagem é a utilização da experimentação (*hands-on*). Experimentação e validação de resultados são características do ensino e pesquisa em engenharias. Aulas práticas são possíveis com experiências laboratoriais, porém, exigem a instalação de laboratórios físicos, que geram algumas ressalvas: elevação de custo, limitações de capacidade espacial, problemas de segurança, tempo e manutenção. Laboratórios remotos podem ser uma excelente alternativa, já que permitem que os alunos tenham acesso a experimentos sem restrições de tempo e localização, e ainda proporcionam segurança tanto pessoal, quanto aos equipamentos (SAN-

TANA *et al.*, 2013).

A experimentação remota visa a ampliar a capacidade humana com a utilização de recursos de internet e demais tecnologias, capazes de promover o acesso remoto e possibilitar o compartilhamento de recursos educacionais. Com base nessa premissa, o Laboratório de Experimentação Remota (RExLab), na Universidade de Federal de Santa Catarina (UFSC), atua de forma colaborativa, com o objetivo de popularizar conhecimentos científicos e tecnológicos e incentivar melhorias em processos de ensino-aprendizagem, nos mais diversos níveis de educação.

Um dos resultados das atividades desenvolvidas pelo RExLab é o Grupo de Trabalho de Experimentação Remota Móvel (GT-MRE), que faz parte de um Programa de Grupos de Trabalho promovido pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP). O objetivo do GT-MRE é o desenvolvimento, implantação e compartilhamento de plataforma que integra ambiente virtual de ensino e de aprendizagem através da disponibilização de conteúdos didáticos abertos *online*, acessados por dispositivos móveis ou convencionais e complementados pela interação com experimentos remotos (REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA, 2015).

Uma das ações prioritárias mencionadas no documento emitido pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação ENCTI 2016-2019, foi o “fortalecimento de programas de cooperação interinstitucional para a formação de recursos humanos de alto nível...” (BRASIL, 2016, p. 79). Nesse mesmo sentido, o RExLab procurou estabelecer um processo colaborativo interinstitucional com a Faculdade SATC, com o objetivo de inserir experimentação remota em cursos de engenharia, de modo a validar a integração de laboratórios remotos nesse nível de ensino. A Faculdade SATC localiza-se na cidade de Criciúma, Santa Catarina, e dispõe de cursos de engenharias da Computação, de Minas, Elétrica, Mecânica, Mecatrônica e Química.

Este estudo apresenta, assim, um programa de cooperação interinstitucional apoiado na utilização e gerenciamento de aplicações de experimentos remotos disponibilizados pelo GT-MRE em cursos de engenharia da Faculdade SATC. Também contempla esse programa o desenvolvimento, em parceria, e disponibilização de novos experimentos remotos.

5.1 O Grupo de Trabalho de Experimentação Remota Móvel (GT-MRE)

O GT-MRE, inicialmente, teve como objetivo o desenvolvimento e a construção de um conjunto de experimentos remotos, de ambiente para gerenciamento para os recursos de *hardware* e *software* implementados, e também a elaboração de conteúdos didáticos para dar suporte à validação do protótipo junto às instituições de ensino parceiras no projeto, conteúdos didáticos esses disponibilizados através de ambiente virtual de aprendizagem (AVA). A Figura 10 ilustra a visão

macro do GT-MRE.

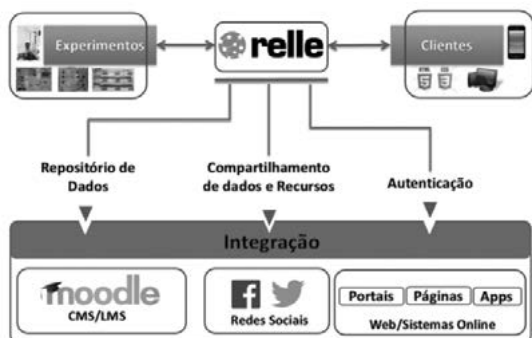


Figura 10 – GT-MRE – Visão Geral.

Fonte: <<http://rexlabs.ufsc.br/gt-mre/sobre.php>>.

O núcleo do serviço oferecido pelo GT-MRE é formado pelos experimentos remotos, pelo Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos (Remote Labs Learning Environment – RELLE) e por Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). O acesso aos experimentos remotos pode ser efetuado a partir do RELLE ou a partir do AVA (SILVA, 2013).

Todos os *softwares* e *hardwares* desenvolvidos pelo grupo são preparados para ser acessados por dispositivos convencionais (microcomputadores, laptops, etc.) e também em dispositivos móveis, tais como tablets, smartphones, etc. Além disso, todos os recursos construídos e utilizados pelo GT-MRE são baseados em *hardwares* e *softwares open source*, a fim de, favorecer a replicação do projeto e integração desses em um ambiente distribuído de ensino e aprendizagem (SILVA, 2013).

Os experimentos remotos foram implementados a partir da arquitetura padronizada, de *hardware* e *software* básico. A diferenciação entre os experimentos é constatada nos diversos tipos de sensores e atuadores, que são instalados de acordo com as especificidades dos experimentos remotos disponibilizados.

A arquitetura foi dividida em quatro módulos: o Laboratório Real, que trata dos experimentos; Computador Embarcado, que compreende a parte de disponibilização do experimento na rede; RELLE (Remote Labs Learning Environment ou Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos), que é o sistema de gerenciamento; e cliente, que trata do modelo de acesso utilizado para manipulação dos experimentos e o AVA (Figura 11) (LIMA *et al.*, 2015).

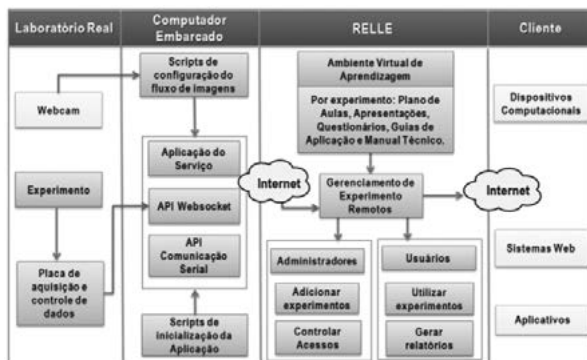


Figura 11 – Arquitetura do serviço proposto.

Fonte: <<http://rexlab.ufsc.br/gt-mre/sobre.php>>.

O módulo RELLE é responsável pelo gerenciamento de usuários e experimentos e, entre suas funções estão à criação e edição de usuários e experimentos remotos, e também a emissão de relatórios e controle de acessos à plataforma. A Figura 12 apresenta a tela de acesso ao RELLE.



Figura 12 – Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos.

Fonte: <<http://relle.ufsc.br/labs>>.

5.2 Gerenciamento do projeto de cooperação interinstitucional

Um projeto é uma atividade sistematizada com início e fim definidos para o desenvolvimento de um produto, serviço ou resultado, onde parâmetros de tempo, custo, recursos e qualidade devem ser respeitados pelos seus gestores (RAMOS; MOTA, 2016).

Para esse programa de cooperação interinstitucional, foi desenvolvido um plano de projeto através de um fluxograma (Figura 13), baseado nos cinco grupos de processos do gerenciamento de projetos: início, planejamento, execução,

monitoramento e controle, e encerramento. Para a construção dessa ferramenta, participaram pessoas envolvidas das duas instituições, UFSC e Faculdade SATC.

Outros aspectos serão considerados ao longo do programa, como exemplo, gerenciamento de recursos, qualidade, tempo, integração, entre outros. No entanto, o processo de colaboração interinstitucional encontra-se na fase de planejamento.

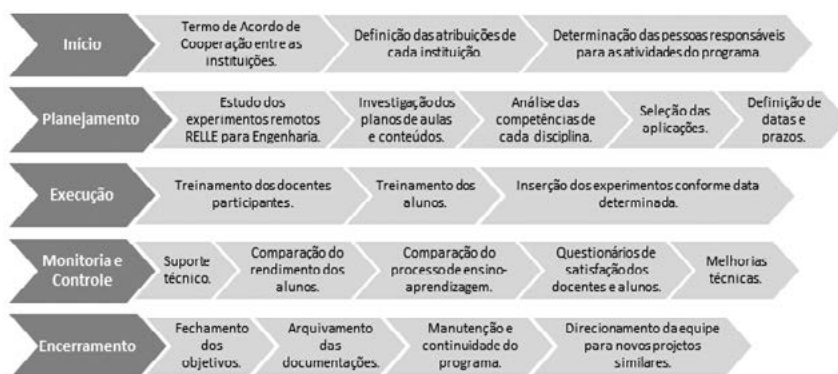


Figura 13 – Fluxograma dos processos do gerenciamento para o programa interinstitucional.

Fonte: elaborado pelos autores

Esse fluxograma teve como objetivo inicial situar e apresentar o programa de cooperação interinstitucional para as partes envolvidas. Ao longo do programa, algumas melhorias e correções podem ser realizadas.

5.3 Considerações sobre o projeto de cooperação interinstitucional

Este estudo buscou evidenciar a importância da tecnologia educacional apoiada pela experimentação remota, aplicada nos processos de ensino e de aprendizagem de engenharias.

Descreveu-se o processo de colaboração entre duas IES, apoiado no incentivo à pesquisa científica colaborativa para uma formação de qualidade de alunos, professores e pesquisadores, bem como parte dos recursos disponibilizados. Por meio dessa percepção, o RExLab e a Faculdade SATC reconhecem os efeitos positivos de um trabalho de cooperação, em contrapartida, para obtenção de resultados positivos, exige-se uma gestão de projetos com eficiência e eficácia.

Com este estudo, foi possível apresentar parte do programa de cooperação interinstitucional com o desenvolvimento do fluxograma apresentado. Afirmar que, é possível elevar a qualidade da formação dos engenheiros com a experi-

mentação remota, compartilhamento de dados, conhecimentos e experiências.

Para que esse processo colaborativo interinstitucional, entre o RExLab e a Faculdade SATC, apresente resultados satisfatórios, tornam-se necessárias pesquisas e ações interdisciplinares baseadas na inovação e no gerenciamento de projetos, com foco em estratégias para o processo de ensino e de aprendizagem com a utilização de experimentos remotos em engenharias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Num artigo recente, Froyd, Wankat e Smith (2012) afirmam que os laboratórios remotos constituem parte das cinco principais mudanças ocorridas no ensino de engenharia, nos últimos 100 anos. Os laboratórios remotos se inserem precisamente na quinta mudança, denominada de “Influência das Tecnologias da Computação, Informação e Comunicação na Educação em Engenharia”. Mais recentemente ainda, Johnson *et al.* (2014), num estudo sobre tecnologias educacionais emergentes e seu previsível impacto no sistema de Ensino Superior no Brasil, se referem aos laboratórios remotos (e virtuais) como uma das tecnologias educacionais com um tempo de adoção de entre 2 a 3 anos. Esses aspectos se combinam para relevar da importância dessa tecnologia educacional no contexto do ensino de engenharia no Brasil.

Neste capítulo, buscou-se focalizar os laboratórios remotos, pela relevância da natureza real dos resultados obtidos na realização das experiências remotas. O tipo de competências experimentais obtidas pelos alunos e alunas, através da utilização desses laboratórios e a sua avaliação e validação, do ponto de vista educacional. Seus ganhos (educativos e operacionais) decorrentes da possibilidade de utilização 24/7, bem como a problemática associada à concepção, implementação, manutenção, e integração no contexto operacional das Instituições de Ensino Superior.

REFERÊNCIAS

ARNAB, S. *et al.* Mapping learning and game mechanics for serious games analysis. **British Journal of Educational Technology**, 46, 391-411, 2015.

BIANCHINI, D.; GOMES, F. S. C.; O. **Ensino de engenharia por meio de laboratórios virtuais de eletrônica: uma reflexão entre a montagem no Protoboard e a simulação.** Anais: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Passo Fundo: UPF, 2006.

BODNAR, C. *et al.* Engineers at play: games as teaching tools for undergraduate engineering students. **Journal of Engineering Education** 105, 147-200, 2016.

CECH, M.; SCHLEGEL, M.; BALDA, P.; SEVERA, O. **A New Extensive Source for**

Web-based Control Education. Anais do ACE 2016 – 10th IFAC Symposium on Advances in Control Education, p. 1-6, Sheffield, UK, 2013.

DEWEY, J. **Cómo pensamos.** Barcelona: Paidós, 1989.

DIWAKAR, A; POOJARY, S; NORONHA, S. B., **Virtual labs in engineering education:** implementation using free and open source resources. Technology Enhanced Education (ICTEE), 2012 IEEE International Conference on, Kerala, 2012, p. 1-4.

DZIABENKO, J.; GARCIA-ZUBIA, J. (Org.). **IT Innovative Practices in Secondary Schools:** remote experiments. Bilbao: University of Deusto, 2013.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R.V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção.** São Carlos; v. 17, n. 2, p. 421-431, jan. 2010.

FROYD, J. E.; WANKAT, F.C.; SMITH, K. A. **Five major shifts in 100 years of engineering Education.** Proceedings of the IEEE. 100, Special Centennial Issue, p.1344-1360. 2012.

GAMA, S. Z.; SILVEIRA, M. A. **As competências do engenheiro:** visão do mercado de trabalho. Anais do COBENGE-2003. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2003/artigos/PRP089.pdf>>. Acesso em 1º jul. 2016.

GARCIA-ZUBIA, J. *et al.* Questions and answers for designing useful weblabs. **International Journal of Online Engineering.** 2006.

GILLET, D. *et al.* Collaborative web-based experimentation in flexible engineering education. **IEEE Trans. Educ.**, [s.l.], v. 48, n. 4, p. 696-704, nov. 2005. Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE). <<http://dx.doi.org/10.1109/te.2005.852592>>.

HERNÁNDEZ, F. **Transgressão e mudança na educação:** os projetos de trabalho. Porto Alegre: Artmed, 2007. 152 p.

http://archive.usfirst.org/uploadedFiles/Who/Impact/Brandeis_Studies/FRC_eval_finalrpt.pdf. Acesso em: 30 jun. 2016.

SILVA, J. B. *et al.* A DC Electric Panel Remote Lab, 2016. **International Journal of Online Engineering**, v. 12. n. 4, p. 30-32, 2016.

GARCIA-ZUBIA, J.; LOPEZ-DE-IPINA, D.; ORDUNA, P. **Mobile devices and remote labs in engineering education**, 2008. Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Santander, Cantabria, 2008, p. 620-622.

JOHNSON, L. *et al.* **2014 NMC Technology Outlook for Brazilian Universities:** a horizon project regional report. Austin, Texas: The New Media Consortium, 2014.

KINSHUK *et al.* Evolution is not enough: revolutionizing current learning environments to smart learning environments. **Int J Artif Intell Educ**, [s.l.], v. 26, n. 2, p. 561-581, 17 fev. 2016. Springer Science + Business Media. <<http://dx.doi.org/10.1007/s40593-016-0108-x>>.

LATOUR, B. **Ciência em ação:** como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

LIMA, J. P. C. *et al.* **GT-MRE: Grupo de Trabalho em Experimentação Remota Mó-**

vel – Relatório Final. Fase 1. Araranguá, 2015.

LOUREIRO, S. M.; PEREIRA, V. L. D. V.; PACHECO, W. New profile training for engineers through incorporation of competences for sustainable development in engineering education. **Interciencia Association**. [s./], p. 821-828. 1 nov. 2014.

MAYER, I. *et al.* The research and evaluation of serious games: toward a comprehensive methodology. **British Journal of Educational Technology** 45, 502-527, 2014.

BRASIL. MCTI. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2019**. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), 2016.

MELCHIOR, A. *et al.* **More than robots: an explanation of the FIRST Robotics Competition Participant and Instructional Impacts**. 2005. Disponível em:

ONLINE Experimentation @ FEUP. Disponível em: <<https://remotelab.fe.up.pt/>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

ORDUÑA, P.; RODRIGUEZ-GIL, L.; LÓPEZ-DE-IPÍÑA, D. E; GARCIA-ZUBIA, J., **Sharing the remote laboratories among different institutions: a practical case**. Anais da REV 2012 – International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, p. 1-4, Bilbao, Spain, 2012.

PAVANI, A. M. B; BARBOSA, W. S. **Interactive digital resources for a blended learning controls course**. Anais do ACE 2016 – 11th IFAC Symposium on Advances in Control Education, p. 198-202, Bratislava, Slovakia, 2016.

PAVANI, A. M. B.; TEMPORÃO, G. P. **From traditional to blended learning: a signals and systems course – first results**. Anais do WEEF 2014 – World Engineering Education Forum, ICL – International Collaborative Learning, SPEE Special Track TaT 2014 – Talking About Teaching, p. 1003-1011, Dubai, UAE, 2014.

RAMOS, P. A.; MOTA, C. M. M. Exploratory study regarding how cultural perspectives can influence the perceptions of project success in Brazilian companies. **Prod.**, [s./], v. 26, n. 1, p. 105-114, mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <<http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.173114>>.

REDE NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA. **Grupos de Trabalho. Rio de Janeiro, 2015**. Disponível em: <<https://www.rnp.br/pesquisa-e-desenvolvimento/grupos-trabalho>>. Acesso em: 7 ago. 2017.

RELLE – Ambiente de Aprendizagem com Experimentos Remotos. Disponível em: <<http://relle.ufsc.br/>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

RESTIVO, T; FERREIRA, J. M. M. Laboratórios on-line: casos de estudo e direções de trabalho futuro. In: ANDREATTA-DA-COSTA, Luciano.; NITZKE, Julio Alberto (Orgs.). **A educação em engenharia: fundamentos teóricos e possibilidades didático-pedagógicas**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. v. 1.

REXLAB. 2016. Disponível em: <<http://rexlab.ufsc.br/>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

RIVERA, L. F. Z.; LARRONDO-PETRIE, M. M. **Models of remote and collaborative roles for learning environments**. Anais da REV 2016 – International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, p. 423-429, Madrid, Spain, 2016.

ROCHADEL, W.; AQUINO, E. L. C.; SILVA, J. B. Desenvolvimento de aplicação para interfaceamento com experimentos remotos por smartphones. **Novas Tecnologias na Educação**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2012.

RONCARELLI, D. **ÁGORA: concepção e organização de uma taxionomia para análise e avaliação de Objetos Digitais de Ensino-Aprendizagem**. Tese de doutorado. Florianópolis, 2012.

SANTANA, I. *et al.* Remote Laboratories for Education and Research Purposes in Automatic Control Systems. **IEEE Transactions On Industrial Informatics**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 547-556, fev. 2013. Institute of Electrical & Electronics Engineers (IEEE). <<http://dx.doi.org/10.1109/tii.2011.2182518>>.

SCHUH, G. *et al.* Collaboration mechanisms to increase productivity in the context of Industrie 4.0. **Procedia CIRP** 19, 51-56. 2014.

SILVA, J. B. *et al.* Mobile remote experimentation applied to education. In: DZIA-BENKO, J.; GARCIA-ZUBIA, J. (Org.). **IT Innovative Practices in Secondary Schools: remote experiments**. Bilbao: University of Deusto, 2013.

SILVA, S. R. X.; GOMES, F. S. **Desenvolvimento de um laboratório virtual para o ensino de Física em cursos de engenharia através do Physlets**. Anais: Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Blumenau: FURB, 2011.

TONINI, A. M.; MELO, A. C. O. **Evoluções nos marcos normativos do estágio supervisionado no Brasil: uma análise sobre os aspectos legais e contribuições para a formação de engenheiros**. Trabalho & Educação, v. 24, n. 2, p. 185-207, 2015.

UHLMANN, T.S.; BATTAIOLA, A. L.; HEEMANN, A. Design Thinking e Ciência da Fábrica: uma abordagem centrada no usuário por meio do Roleplaying Game. **Revista Estudos em Design**. v. 22, 2014.

WALLACE, M. **Automobile. Jogo de tabuleiro**. Mayfair Games, 2009.

WALLACE, M. **Brass. Jogo de tabuleiro**. 2007.

WENGER, E.; McDERMOTT, R.; SNYDER, W. **Cultivating Communities of Practice**. Boston: Harvard Business Press, 2002.

PRÁTICAS PEDAGÓGICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INOVAÇÃO NA ENGENHARIA - ABORDAGENS POR PROJETOS

Miguel Angel Chincaro Bernuy

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR / Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

André Bittencourt Leal

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC / Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Fernando César Meira Menandro

Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

Edson Pedro Ferlin

Faculdade Padre João Bagozzi

Fabiana Costa Guedes, Alice Cristina Figueiredo, Janaína Antonino Pinto, Iara Alves Martins de Souza

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI – Campus de Itabira

Gabriela Ribeiro Peixoto Rezende Pinto, Álvaro Santos Alves, José Carlos Oliveira de Jesus, José Luís Michinel

Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS

Francisco José Gomes

Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF

Alberto Bastos do Canto Filho, Liane Ludwig Loder

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Dianne Magalhães Viana, Ana Carolina Kalume, Carla M. C. e C. Koike, Flávio de Barros Vidal, Ricardo Zelenovski

Universidade de Brasília – UnB

*Lucio Garcia Verardo Junior, Benedito Manoel de Almeida,
Cesar Augusto Botura*

Centro Universitário Salesiano de São Paulo – UNISAL

*Alan Sovano Gomes, Carolina Gomes da Silva, Diorge de Souza Lima,
Ubiratan Holanda Bezerra, Wellington da Silva Fonseca*

Universidade Federal do Pará – UFPA

*Alinne Cristiane Aniceto Medeiros, Luiz Eduardo Pita Mercês Almeida,
Oton Mathews Cardoso e Dantas, Rafael Pereira de Medeiros, Hen-
rique Raldi Schlickmann, Caio Luis Guedes de Mello, Igor Martins Ro-
cha, Bruno Luiz Dantas Aragão de Souza, Wellington Rick Guilherme
Lacerda, Euler Cássio Tavares de Macedo, Nady Rocha*

Universidade Federal da Paraíba – UFPB

Ubirajara Franco Moreno

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Simone Leal Schwertl

Universidade Regional de Blumenau – FURB

Marinez Carginin-Stieler

Universidade do Estado do Mato Grosso – UNEMAT

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	50
1.1 O que é inovação, criatividade e imaginação?.....	52
1.2 Como se desenvolve a inovação?	53
1.3 Como se desenvolve a aprendizagem por projetos na Engenharia?	54
2 DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA A INOVAÇÃO NOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA EM DISCIPLINAS DO NÚCLEO DE CONTEÚDOS BÁSICOS	55
2.1 A abordagem baseada em projetos como alternativa para Introdução à Engenharia Mecânica – a experiência da UFES.....	55
2.2 A aplicação do método PBL em um curso de engenharia na região Amazônica associado à responsabilidade social e ambiental	60
3 DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA A INOVAÇÃO NOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA EM DISCIPLINAS DO NÚCLEO DE CONTEÚDOS PROFISSIONALIZANTES	66
3.1 O Projeto Integrador como elemento norteador no processo de ensino-aprendizagem no curso de Engenharia da Computação	67
3.2 Estudo de caso da metodologia por projetos: Engenharia de Software	73
3.3 Integração de saberes de estudantes de Engenharia de Computação e do MNPEF a partir de uma estratégia didática baseada em PBL	78
4 DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA A INOVAÇÃO NOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA: MÉTODOS E MODELOS.....	83
4.1 O Alinhamento Construtivo de Biggs e Taxonomia de Bloom na estratégia PjBL	84
4.2 Image Based Learning	90
5 DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA A INOVAÇÃO NOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA POR MEIO DE PROJETOS INTERDISCIPLINARES	95
5.1 Ambiente de Aprendizagem Baseada em Projeto para formação do perfil inovador	96
5.2 Inovação acadêmica na aprendizagem ativa por projetos – prática interdisciplinar do UNISAL	102
6 DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA A INOVAÇÃO NOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA POR MEIO DE PROJETOS DE EXTENSÃO	109

6.1 Feira de Engenharia Elétrica da UFPB como metodologia ativa para o ensino de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática.....	110
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	116
BIBLIOGRAFIA	117

Capítulo 2

PRÁTICAS PEDAGÓGICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA INOVAÇÃO NA ENGENHARIA - ABORDAGENS POR PROJETOS

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste capítulo é apresentar uma categorização de práticas pedagógicas para o desenvolvimento da inovação nos estudantes de engenharia no contexto da aprendizagem por projetos, a partir de uma amostra de dez práticas acadêmicas de instituições de ensino de diferentes regiões do Brasil. Ao longo do capítulo, a inovação é estudada a partir da diversidade de percepções e ações sobre essas percepções. Neste caso, parece relevante observar que essa diversidade pode ser vista como alternativas complementares, ou combinadas, de ações. Assim, uma das questões mais relevantes, nesse contexto da educação em engenharia, é saber qual é o perfil do engenheiro que a sociedade precisa para solucionar suas principais demandas de infraestrutura, energia, mobilidade, produção de alimentos e outras relacionadas às engenharias. Diante dessa questão encontramos respostas que apontam para um engenheiro que seja capaz de inovar e que tenha um sólido domínio técnico e conceitual da sua área de atuação (FROYD; WANKAT; SMITH, 2012; RAJALA, 2012).

Desta forma, surge a necessidade de encontrar uma definição para a inovação, e, também, surge a necessidade de conjecturar sobre as possibilidades de desenvolver essa inovação nos estudantes, garantindo o desenvolvimento dos domínios específicos.

As práticas pedagógicas que são usadas para o desenvolvimento da inovação nos estudantes dos cursos de engenharia no contexto de projetos são resultantes de diversos aspectos acadêmicos, tais como as experiências acumuladas pelos docentes no desenvolvimento de técnicas criativas, ou, ainda, o contexto do problema a ser resolvido, entre outros. Nesse contexto, é relevante que se faça um estudo de possíveis categorias de ações que promovam comportamentos inovadores nos estudantes de engenharia, com a finalidade de organizar os tipos de intervenções que podem ser feitas nas práticas pedagógicas.

Neste capítulo estão organizadas cinco categorias de desenvolvimento da inovação, sendo que a organização seguirá um contexto de ação.

Nas duas primeiras categorias são apresentadas as experiências com disciplinas baseadas em projetos, sendo duas disciplinas do núcleo de conteúdos básicos e três disciplinas do núcleo profissionalizante. Nas disciplinas do núcleo de conteúdos básicos são apresentadas duas experiências, sendo a primeira na disciplina de Introdução à Engenharia para o curso de Engenharia Mecânica na Universidade Federal do Espírito Santo e a segunda na disciplina de Metodologia Científica e Tecnológica para os cursos de Engenharia Biomédica e Elétrica na Universidade Federal do Pará. Nas disciplinas do núcleo profissionalizante são

apresentadas três experiências. Na primeira experiência foi desenvolvido um trabalho com disciplinas de Projeto Integrador na Engenharia da Computação da Faculdade Padre João Bagozzi. Na segunda experiência é apresentada uma prática pedagógica na disciplina Engenharia de *Software* no curso de Engenharia da Computação da Universidade Federal de Itajubá, no *Campus* Itabira. Na terceira experiência são apresentadas as integrações entre disciplinas de graduação em Engenharia da Computação e o Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física na Universidade Estadual de Feira de Santana.

Na terceira categoria são apresentadas duas abordagens metodológicas, sendo que a primeira, desenvolvida na Universidade Federal de Juiz de Fora, propõe que os objetivos educacionais estejam alinhados às competências de alto nível, nas dimensões do processo cognitivo, e às atividades que serão desenvolvidas. Na segunda abordagem, desenvolvida na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o uso de imagens no contexto multimodal para a aprendizagem é adotado para trabalhar a motivação intrínseca.

Nas categorias quarta e na quinta são apresentados três estudos para o desenvolvimento das competências inovadoras por meio de projetos, sendo dois interdisciplinares e um de extensão, respectivamente. Na categoria interdisciplinar a primeira experiência, realizada na Universidade de Brasília, trata do desenvolvimento de um ambiente de aprendizagem por meio de projetos interdisciplinares, colaborativos e autônomos. Na segunda experiência da categoria interdisciplinar, realizada no Centro Universitário Salesiano de São Paulo, é apresentada uma proposta de ensino das engenharias por projetos interdisciplinares baseada em doze padrões de qualidade centrados em Conceber, Projetar, Implementar e Operar. Na categoria associada à extensão, realizada pela Universidade Federal da Paraíba – com apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba –, é apresentada uma experiência de ensino em engenharia, integrando estudantes do Ensino Médio e de Engenharia Elétrica por meio da realização de uma Feira de Engenharia Elétrica na perspectiva de conceitos de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática.

A metodologia usada para o desenvolvimento deste trabalho foi a integração de experiências por meio de quatro discussões entre os autores que foram previamente selecionados pela Coordenação Geral das Sessões Dirigidas no COBENGE 2016, sendo três não presenciais e uma presencial. Nas discussões não presenciais tratou-se do alinhamento e da clareza dos textos com o foco no objetivo principal, que era sistematizar um conjunto de experiências pedagógicas para o desenvolvimento de competências criativas na educação em engenharia. Durante a discussão não presencial também foi analisada e debatida a caracterização das contribuições, resultando as cinco categorias apresentadas. Na discussão presencial foram debatidas as contribuições das experiências e o resultado foi disponibilizado em um conjunto de vídeos que serão referenciados posteriormente.

A estruturação das pesquisas apresentadas servirá como uma referência para pesquisadores que desejem trabalhar com o desenvolvimento da inovação

nos estudantes de engenharia em contextos específicos, tais como as categorias identificadas.

Desta forma, viu-se a necessidade de apresentar uma interpretação referente aos significados que podem ser atribuídos para inovação, criatividade e imaginação, tendo como objetivo mostrar suas diferenças para que o leitor possa compreender aspectos epistemológicos associados à inovação no setor produtivo e nas práticas pedagógicas usadas para desenvolver nos estudantes as competências que circundam a aprendizagem por projetos.

1.1 O que é inovação, criatividade e imaginação?

A palavra inovação tem significados que dependem do contexto de sua aplicação e, por isso, não possui uma única representação. Com o objetivo de identificar um consenso no escopo deste capítulo, buscaremos, na análise histórica sobre a Inovação e Criatividade de Benoît Godin (GODIN, 2008; 2014), alguns elementos que possam contribuir para esse consenso.

Nessa perspectiva, percebe-se que a inovação tem uma conotação histórica que reflete o contexto e o pensamento dominante, produzindo e reproduzindo o conhecimento intelectual durante as civilizações. Na Grécia Antiga, a inovação representou uma ideia de corte, fragmentação ou ruptura com aquilo que se tinha como estabelecido, e que, ao entrar no discurso filosófico, passou a formular as mudanças políticas no sentido de se estabelecer a ordem. Na Idade Média, a inovação no contexto religioso provocou uma ruptura no pensamento predominantemente católico, introduzindo a doutrina protestante. Em seguida, na Revolução Industrial, a inovação se manifestou pela ruptura do contexto burguês dominante, inserindo violentos confrontos de reforma social e econômica. Assim, a partir da Idade Média a inovação carregou um estigma negativo que durou até o século XX, quando ganhou, no contexto científico e industrial, uma conotação positiva, marcada pelo utilitarismo econômico e pela originalidade artística. Contudo, o utilitarismo se manifestou predominantemente e, por isso, é possível constatar a ideia de que a inovação não é suficientemente abrangente para promover rupturas que busquem a reorganização do que se deseja inovar, pois a subjetividade e a sensibilidade acabam ficando em um plano de menor atenção.

De uma forma mais sistêmica, Schumpeter, em seu trabalho sobre a dinâmica da economia, desenvolvido em 1964 (SCHUMPETER, 1997), aborda a inovação como um fato novo que desencadeia um ciclo de transformações, como exemplo a troca de equipamento, a quebra de monopólios e outros, que resultam, após um regime transitório, uma nova condição de equilíbrio. Ou seja, a inovação provoca novas realidades de valores de mercadorias, salários e condições de trabalho, por exemplo.

Assim, é notável que essa evolução histórica da inovação, que é acolhida ou rejeitada por grupos intelectuais, ocorre no contexto de interesses de poder e

opressão. Por exemplo, os governos – que em momentos específicos da história censuravam violentamente a inovação para preservar a ordem social e econômica – em outros momentos históricos a promovem para preservar essa mesma ordem social e econômica.

Por outro lado, ao contrário da inovação, existe a associação de ideias, que é um processo que estabelece conexões entre as informações perceptíveis e a memória. Desta forma, a memória armazena e fornece informações associadas às percepções, mas se a associação é feita de forma livre, então se cria uma condição que favorece a imaginação. Ou seja, a memória armazena e envia informações que não são necessariamente originárias da percepção sensorial. Contudo, quando se tenta estabelecer regras para essa condição de associação livre, então se perde a capacidade infinita de associar, mas, por outro lado, de forma antagonista, ganha-se instrumentos controláveis pela razão. Esta forma de orientar a imaginação se sedimenta na construção da ciência desde o século XVIII, fortalecendo a organização fragmentada do conhecimento com o argumento de que este possa ser reprodutível. Isto legitima a imaginação de forma positiva, porém de maneira não totalmente livre.

De forma histórica se estabelecem conceitos de criatividade ligados à imaginação produtiva por meio de doutrinação da associação de ideias; e a partir dessa concepção surge um conflito epistemológico da inovação, que por conveniência utilitarista do conhecimento, cria definições de inovação que servem para explicar a dinâmica de geração de soluções em diversas áreas do conhecimento. De uma forma específica, este conflito se materializa quando se relaciona elementos próximos, porém distintos, tais como relacionar imaginação com criatividade, e esta última com a inovação.

Por último, a partir da metade do século XX, os processos de dualidade, nos quais se busca a combinação de elementos opostos, são incorporados ao processo de imaginação, reunindo a objetividade e a subjetividade e funcionando como motores para a imaginação.

Desta forma, é possível distinguir que existem diferenças entre a inovação, a criatividade e a imaginação, que têm aspectos não apenas históricos, mas também aspectos epistemológicos.

1.2 Como se desenvolve a inovação?

Existem diversas formas de realizar processos criativos. Estes podem ser organizados de forma linear (BACK *et al.*, 2008; ROZENFELD *et al.*, 2006; SAREN, 1984) ou também em pequenos ciclos (BROWN; ROWE, 2008; CLUNE; LOCKREY, 2014; DESIGN COUNCIL, 2005; NONAKA; TOYAMA; KONNO, 2000).

A forma linear é organizada em etapas sequenciais e a forma de pequenos ciclos possui poucas etapas (3 ou 4 etapas em sua maioria), não necessariamente sequenciais. Os processos criativos que são aplicados na forma de ciclos pequenos também podem ser aplicados nas etapas da forma linear, ou seja, para cada

etapa da forma linear seria possível organizar subetapas de pequenos ciclos (Figura 2.1).

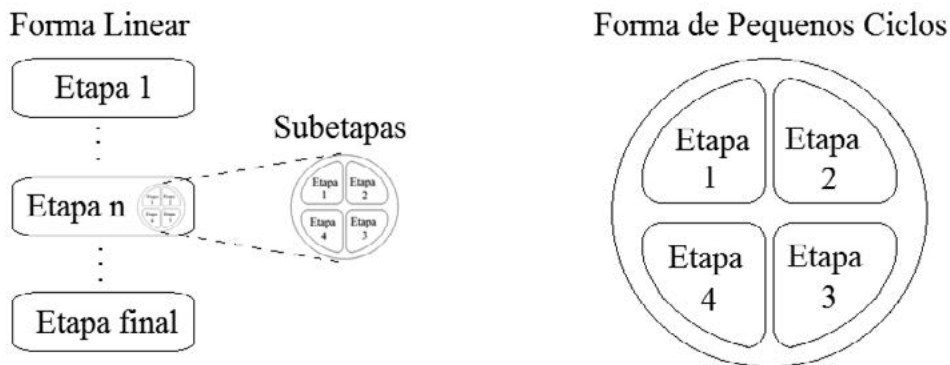


Figura 2.1 - Formas de processos criativos.
Fonte: Autores (2016).

Os processos criativos lineares são mais adequados para o desenvolvimento de sistemas maiores ou mais complexos; e os processos criativos de pequenos ciclos são mais adequados para o desenvolvimento de sistemas de pequeno porte ou menor complexidade. Contudo, fica a critério do gestor do projeto a escolha da melhor forma.

As etapas correspondentes à forma de pequenos ciclos podem ser caracterizadas em sua grande maioria em quatro etapas, sendo as Etapas 1 e 3 com características divergentes e as Etapas 2 e 4 com características convergentes, e, além disso, para cada uma existe um conjunto de ferramentas que podem ser usadas para seu desenvolvimento (GAEBLER; SANTOS, 2015).

1.3 Como se desenvolve a aprendizagem por projetos na Engenharia?

Certamente encontramos diversas formulações sobre a aprendizagem por projetos. Cada uma destas é decorrente da interpretação de práticas pedagógicas dos métodos de aprendizagem, centrada no estudante e no professor (CUBAN, 1984), formando práticas híbridas adequadas às condições de cada instituição de ensino.

Neste capítulo iremos abordar uma diversidade de interpretações que serão descritas nas próximas cinco seções. Em cada seção é descrita uma categoria de ação, conforme o descrito na introdução do capítulo.

2. DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA A INOVAÇÃO NOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA EM DISCIPLINAS DO NÚCLEO DE CONTEÚDOS BÁSICOS

O desenvolvimento das competências para a inovação, por meio de práticas pedagógicas no contexto das disciplinas do núcleo de conteúdos básicos para os cursos de engenharia, trata de tópicos listados no artigo 6 da Resolução CNE/CES 11 de 2002. A abordagem desses conteúdos por meio de projetos é um assunto em investigação na atualidade e tem como ênfase o desenvolvimento de conhecimentos básicos para todas as engenharias regulamentadas no Brasil. Nesta seção serão apresentados estudos que tratam de metodologias específicas para disciplinas no contexto de conteúdos básicos em cursos de engenharia específicos. O primeiro estudo apresenta a aplicação de uma metodologia de ensino para a disciplina de Introdução à Engenharia no curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo, baseada em projetos no nível preliminar de produtos, usando métricas referentes aos objetivos construídos colaborativamente pelas equipes para ajudar no desenvolvimento destes. A metodologia adotada possibilitou trabalhar com a criatividade, pesquisa tecnológica, modelos e simulação no contexto do projeto, usando temas relacionados a problemas atuais, tais como o consumo de água ou energia, ou problemas mais específicos, tais como acessibilidade para pessoas com deficiência. O segundo estudo demonstra aplicação de uma metodologia de aprendizagem por projetos na disciplina Metodologia Científica e Tecnológica dos cursos de Engenharia Biomédica e Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Pará. Neste estudo o método científico é apresentado com atividades de complexidade gradualmente crescentes, iniciando com resumo de textos selecionados e seguindo com experimentos usando materiais recicláveis, para tratar de conceitos básicos das ciências exatas na engenharia, e, finalmente, desenvolvendo um projeto e a produção de um artigo.

2.1 A abordagem baseada em projetos como alternativa para Introdução à Engenharia Mecânica – a experiência da UFES

A disciplina Introdução à Engenharia existe nas diferentes modalidades de engenharia e em grande número de projetos pedagógicos no Brasil. Não há, no entanto, um consenso sobre o conteúdo programático dessas disciplinas.

Por certo, os conceitos referentes à profissão de engenharia (BAZZO, 2008), os conhecimentos, as habilidades e competências inerentes à modalidade de engenharia cursada (WICKERT; LEWIS, 2015), as noções de ética na profissão, bem como o projeto pedagógico do curso ao qual a disciplina pertence devem fazer parte do conteúdo da disciplina. No entanto, estes enfoques se apresentam demasiadamente descritivos, uma vez que a disciplina é ministrada ainda no pri-

meio período do curso e os alunos não dispõem até então de informações para compreender todas as implicações ou teorias envolvidas nos conhecimentos a serem adquiridos ou visualizam o projeto pedagógico apenas como um fluxograma de disciplinas de nomes exóticos.

Lecionando a disciplina Introdução à Engenharia Mecânica na Universidade Federal do Espírito Santo, iniciamos uma prática baseada nas proposições de Clive Dym, um pesquisador americano do ensino de engenharia (DYM, 1999; 2005) que, fortemente influenciado pelas ideias de Herbert Simon (1988), propôs uma metodologia para ensino de técnicas de projeto a alunos iniciantes de engenharia (DYM, 1994; DYM *et al.*, 2010). As técnicas de projeto ou, como preconizado por Simon, ciências do artificial, constituem uma disciplina básica de qualquer formação em engenharia, pois estão fortemente ligadas ao conceito de inovação.

Nesta seção pretende-se analisar alguns resultados da aplicação da metodologia proposta em um curso de Introdução à Engenharia. O objetivo desta seção é apresentar a aplicação da metodologia de ensino de Introdução à Engenharia baseada por projetos descrita no livro de Dym e Little (DYM *et al.*, 2010). Pretende-se, ainda, apresentar as alterações da metodologia aplicáveis à realidade brasileira, para adequação ao respectivo projeto pedagógico.

A metodologia de apresentação será abordada por meio de exemplo retirado (DUMMER *et al.*, 2016) de trabalhos dos alunos, com a devida autorização destes, mostrando o desenvolvimento de um projeto proposto em sala de aula.

O problema proposto, tradicionalmente apresentado como competição em feiras de engenharia, é o do transporte de um objeto entre duas plataformas. Nas feiras, em geral, propõe-se a construção de um equipamento para transportar um ovo entre duas mesas posicionadas a uma determinada distância para um conjunto de materiais fornecido. Na nossa proposta de concepção do projeto, foi generalizada a proposição para um objeto (qualquer) entre duas plataformas, e foi solicitada a elaboração de um projeto preliminar ao invés de um protótipo, uma vez que nosso enfoque é nas técnicas de projeto.

Resultados obtidos no experimento

As diferentes equipes na disciplina chegaram a soluções diversas, devido a escolhas ocorridas durante o processo de projeto.

Será utilizada a descrição de um projeto, especificamente, para demonstração das etapas do desenvolvimento.

Etapa 1 – Problema

Após a proposição inicial do professor, coube aos alunos elaborar uma lista de objetivos por meio da discussão e das sugestões de diferentes objetivos pertinentes ao problema. Técnicas de incentivo à criatividade, tais como *brainstorming*, foram usadas neste processo. Coube então aos alunos a avaliação das prioridades entre os objetivos e a revisão da declaração de problema original:

projetar um equipamento para transporte de um objeto entre duas plataformas.

Etapa 2 – Lista e tabela de prioridades

Com base nos objetivos propostos foram montados gráficos de comparação em pares (PCC - *Pairwise Comparison Charts*), a partir dos quais foi elaborada uma tabela agregada de comparação dos objetivos (Tabela 2.1). Dessa forma, cada integrante do grupo avaliou a importância relativa de cada objetivo, concedendo a nota 1 ou 0, conforme avaliava ser aquele o objetivo da linha mais ou menos importante que o outro. Dos gráficos resultantes, foi elaborada a tabela agregada, somando-se às contribuições das preferências dos sete integrantes do grupo, utilizando ferramentas da teoria da decisão de K. J. Arrow (1951, *apud* DYM *et al.*, 2010). Ao ler a tabela encontram-se na coluna de totais os favoritos (maiores somas), enquanto os perdedores totalizam maior valor na última linha.

As prioridades avaliadas foram, então: eficiente, seguro, durável, fácil de usar, barato, ajustável e móvel.

Foram também definidas métricas para avaliar o cumprimento dos objetivos pelas diferentes soluções propostas.

Etapa 3 – Declaração revisada de problema

O equipamento para transporte entre as plataformas a ser construído será resistente e fará o transporte de uma carga frágil de forma eficiente e precisa, sem danificá-la, oferecendo segurança ao objeto e ao usuário do equipamento, que terá facilidade em manuseá-lo. Além disso, ele poderá ser deslocado com certa facilidade e poderá transportar objetos com formatos diferentes e com distâncias a serem definidas.

	Seguro	Fácil de usar	Eficiente	Durável	Barato	Ajustável	Móvel	VENCE
Seguro	-	7	3	7	7	7	7	38
Fácil de usar	0	-	0	2	5	5	6	18
Eficiente	4	7	-	7	7	7	7	39
Durável	0	5	0	-	5	4	7	21
Barato	0	2	0	2	-	6	6	16
Ajustável	0	2	0	3	2	-	7	14
Móvel	0	1	0	0	1	0	-	2
PERDE	4	24	3	21	27	29	40	148

Tabela 2.1 – Tabela agregada de comparação dos objetivos (DUMMER *et al.*, 2016)
Fonte: Autores (2016).

Etapa 4 – Especificação das funções

Na especificação das funções que o equipamento deverá realizar, foram utilizadas diversas técnicas de análise funcional (DYM *et al.*, 2010). Segundo as técnicas sugeridas na referência, foi utilizado um esquema de caixa-preta (Figura 2.2), em que fica representado graficamente o sistema ou objeto (neste caso, equipamento) que está sendo projetado com todas as suas entradas e saídas. É importante salientar todas as entradas, referentes ao fluxo de energia, materiais e informações necessárias ao funcionamento do equipamento, bem como todas as saídas, inclusive subprodutos indesejados tais como som ou vibrações.

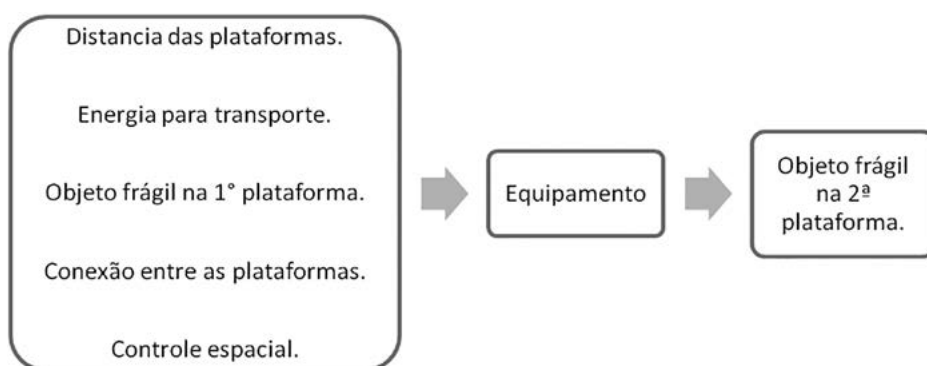


Figura 2.2 – Caixa Preta
Fonte: (DUMMER *et al.*, 2016)

Após determinadas e enumeradas as funções, e ainda como parte da análise funcional, foram sugeridos meios de implementação das mesmas, organizadas em uma árvore função-meio (Figura 2.3), em que são representadas graficamente todas as funções que o equipamento irá executar e as diferentes implementações (meios) possíveis para a execução de cada uma destas funções. A árvore função-meio tem a finalidade de levantar necessidades específicas (funções secundárias) inerentes à cada implementação distinta, bem como a de iniciar o processo de associação entre o que deve ser feito e o modo como deve ser feito. No problema em questão, as principais funções a serem executadas eram pegar (fixar) o objeto e transportá-lo: essas funções foram representadas na árvore função-meio. As funções secundárias –

tais como fornecer energia para o transporte, suportar o peso próprio e posicionar corretamente o equipamento de fixação – não foram aqui descritas por falta de espaço.

Etapa 5 – Opções de projeto

A partir do levantamento dos objetivos, funções e possíveis materiais, cada um dos sete membros do grupo levantou três ideias de projeto, que foram criticadas pelos demais membros. Após considerar as críticas, cada um fez um esboço de sua ideia mais aceita, para depois ser escolhida uma definitiva. Este processo de trabalho incentiva a criatividade e possibilita o surgimento de melhores ideias a partir da combinação das possibilidades sugeridas pelos diferentes membros da equipe de projeto.

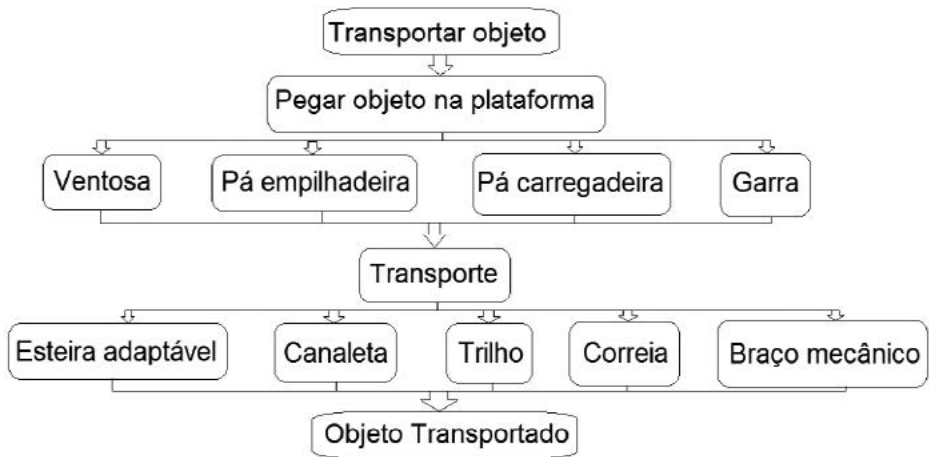


Figura 2.3. Árvore função-meio

Fonte: (DUMMER *et al.*, 2016)

Etapa 6 – Escolha do projeto

As diferentes opções foram analisadas e votadas pelo grupo. A opção escolhida foi a que obteve a melhor avaliação das métricas referentes aos objetivos, segundo a ordem de prioridade destas.

A versão final do projeto proposto por este grupo (Figura 2.3) contemplava duas garras para posicionamento do objeto sobre a esteira transportadora, ressalto na esteira, para impedir o rolamento do objeto (ovo), e ajustes de posicionamento na esteira para permitir seu nivelamento. Outras soluções propostas incluíam guindastes com braços retráteis (com contrapeso), com acionamento manual ou eletrônico.

Análise da experiência

A metodologia adotada conseguiu abordar temas de engenharia tais como: criatividade (na elaboração dos objetivos e na sugestão das diferentes implemen-

tações sugeridas), pesquisa tecnológica, modelos e simulação, bem como referenciar outras disciplinas que o aluno deverá cursar, sempre devido às necessidades do projeto.

A qualidade dos projetos elaborados foi significativa, e o interesse dos alunos pela disciplina facilmente perceptível.

Em outras realizações do curso foram propostos projetos ora mais amplos, como soluções para economia de água ou energia, ora mais específicos, como uma solução (mecânica) de mobilidade para um laboratório que não possui acessibilidade para deficientes. A solução proposta para economia de água ou energia, bastante ampla, solicitava aos alunos o desenvolvimento de um equipamento residencial para redução do consumo de água (ou energia). O laboratório com problemas de acessibilidade, devido a um acidente, ficou sem acesso à sua entrada principal, localizada a 1,5m da calçada. Foi solicitado aos alunos que desenvolvessem um equipamento móvel (para, por exemplo, permitir também o acesso a empilhadeiras ou veículos de carga) que possibilitasse o acesso de alunos ou de pesquisadores em cadeiras de roda a essa porta elevada. Nas outras realizações da disciplina os resultados foram igualmente satisfatórios.

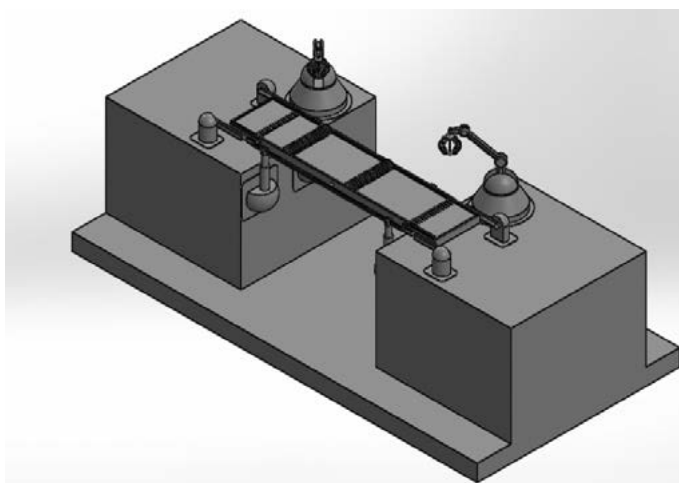


Figura 2.3 – Solução final
Fonte: (DUMMER *et al.*, 2016)

2.2 A aplicação do método PBL em um curso de engenharia na região Amazônica associado à responsabilidade social e ambiental

Segundo Silva *et al.* (2012), a qualidade de ensino tem relação direta com a otimização da aprendizagem, podendo ser alcançada utilizando experiências pré-

vias do discente, para dessa forma construir novos conhecimentos. Técnicas que foquem na aprendizagem ativa (integrando o conhecimento teórico ao prático) são cada vez mais estudadas e aplicadas no ensino superior, incluindo os cursos de graduação em engenharia.

Assim, o presente trabalho visa a expor a primeira experiência de aplicação parcial da metodologia PBL (Project Based Learning) – ou Aprendizagem Baseada em Projetos – em dois cursos de engenharia na disciplina de Metodologia Científica e Tecnológica, dos cursos de Engenharia Biomédica e Elétrica, na Universidade Federal do Pará. Os cursos, que apresentam as grades curriculares dispostas em regime regular, são baseados no método tradicional de ensino, com os alunos aprendendo de forma passiva a partir dos conteúdos ministrados pelo corpo docente.

A escolha dessa metodologia se deve ao fato dessa disciplina, de forma geral, não ser de grande interesse dos discentes, principalmente por ser extremamente teórica. Por isso, procurou-se uma abordagem em que os estudantes pudessem ter uma aprendizagem ativa para potencializar a assimilação do conteúdo, desenvolvendo em paralelo o pensamento crítico e investigativo necessário para conceber e elaborar uma pesquisa ou projeto (POUZADA, 1999; CAMPOS, 2009; SOUSA, 2000; NOBRE, 2006 *apud* SILVA *et al.*, 2012).

Durante as aulas, os graduandos foram incentivados a escrever trabalhos em modelo científico a partir de experiências de caráter lúdico e de projetos que exigissem conhecimentos prévios, sempre tendo como foco a responsabilidade socioambiental. Assim, houve ampla utilização de materiais recicláveis de baixo custo e a confecção de projetos que visassem ao controle/conscientização a respeito do gasto de recursos ambientais.

Por fim, vale frisar que a metodologia PBL não implica a extinção do método tradicional. É necessário fazer uma análise do contexto em que os alunos se encontram, verificando quais os recursos humanos e materiais disponíveis, qual a área de conhecimento em que se encontra a disciplina, entre outros fatores (RIBEIRO, 2008).

Nas duas primeiras aulas, o professor e o tutor – aluno de pós-graduação em engenharia elétrica – apresentaram-se às turmas e discutiram sobre o papel da disciplina na formação profissional de um engenheiro. Em seguida, iniciaram-se as aulas teóricas, sendo discutidos modelos de escrita e as habilidades necessárias para a confecção de artigos científicos, proporcionando um referencial teórico na hora da confecção dos trabalhos, seguindo o regime tradicional de ensino.

Somente um tutor foi necessário para auxiliar no desenvolvimento das propostas programadas para o semestre em ambas as turmas, devido à baixa carga horária e a uma quantidade reduzida de alunos, os quais somam 53 no total. O tutor aqui tem uma relação mais próxima dos alunos, auxiliando diretamente na confecção de projetos e fomentando as discussões durante as atividades, tendo um papel importante no processo de ensino-aprendizagem.

Nas aulas seguintes, houve a aplicação da metodologia PBL por meio de quatro atividades (sendo dois trabalhos individuais, uma aula com experimentos

e um projeto em grupo), das quais três culminaram na produção de artigos, usados como critério de avaliação. As duas primeiras atividades e aulas introdutórias ocuparam cerca de uma carga horária de 10h, enquanto cada atividade seguinte ocupou também uma carga horária de 10h, totalizando as 30h disponibilizadas à disciplina em sala de aula. Todos os trabalhos foram confeccionados seguindo o modelo disponibilizado pelo Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE) 2014, de forma a padronizar os artigos e facilitar as correções destes.

No organograma (Figura 2.4) é mostrado como foram realizados os experimentos e projetos. Estes utilizaram materiais alternativos e de baixo custo, uma vez que a temática socioambiental foi fortemente trabalhada.



Figura 2.4. Processo de trabalho desenvolvido nas turmas de engenharia da UFPA.

Fonte: Autores (2016).

Trabalho introdutório e experimentos

Inicialmente, solicitou-se aos discentes que fosse produzida uma introdução com base em dois artigos selecionados pelo tutor, com o intuito de verificar a absorção do conhecimento teórico ministrado nas primeiras aulas. Em seguida, o tutor solicitou que os alunos disponibilizassem alguns materiais alternativos e de baixo custo, como latinhas vazias de cerveja, garrafas PET e outros.

A partir disso, o tutor preparou juntamente com a turma alguns experimentos com os materiais solicitados. A temática principal era relacionada à física, campo de conhecimento de grande peso nos cursos de engenharia. O tutor trazia uma abordagem lúdica que ao mesmo tempo envolvia discussões e aprofundamento de conceitos físicos e matemáticos.

Foram abordados três experimentos principais: a “corrida de latinhas”, no qual são utilizados latinhas vazias de cerveja e um balão, cujo objetivo é mover

a latinha utilizando princípios de eletrostática; o “foguetinho de balão”, em que um balão é preso a um canudinho por onde passa um barbante e se discute, principalmente, o fundamento das leis de Newton e cinemática; o “foguetinho de álcool”, em que uma garrafa PET é presa por um clipe de papel a um barbante, com álcool depositado em seu interior (o qual servirá de combustível). Este último reforça os conceitos das leis de Newton e cinemática, além de abordar processos termodinâmicos (como a relação entre pressão, temperatura e volume) e reações químicas (como a reação de combustão).

Tais experimentos foram pensados a exemplo de Lima e Fonseca (2012), os quais julgaram válida a utilização desses materiais, que são facilmente encontrados e também por proporcionarem aos estudantes a possibilidade de reproduzir as práticas posteriormente.

Este é um ponto positivo, pois permite, além da coleta inicial de dados em sala de aula, uma posterior coleta de dados no horário extraclasse, possibilitando outros tipos de conclusões acerca dos fenômenos envolvidos que, por algum motivo, podem acabar não sendo discutidos na presença do professor ou tutor. Ademais, pelo fato da matéria possuir carga horária de 30 horas (segundo as grades curriculares dos cursos mencionados) nem sempre é possível a total exploração dos experimentos em sala, cabendo ao graduando um aprofundamento maior.

Projetos e sustentabilidade

No trabalho seguinte, o tutor propôs aos discentes a apresentação de projetos realizando uma abordagem socioambiental. Assim, técnicas e procedimentos típicos da elaboração de projetos e do pensamento científico puderam ser exercitados e praticados em um contexto diferente do anterior, ampliando os cenários que evidenciam a importância do pensamento científico.

De acordo com Zabala (1998), diversificar o contexto em que um procedimento se aplica se torna importante para mostrar as mais diversas situações em que se pode utilizar determinado conteúdo procedimental. Essa diversificação acaba sendo um ponto positivo em prol do aprendizado do processo como um todo por parte do aluno, ao invés deste simplesmente decorá-lo sem saber aplicá-lo de forma eficiente e concreta.

Dessa forma, a partir do incentivo à concepção de ideias e à criação de projetos foi possível promover a inovação na engenharia. Isso porque, com a aplicação da metodologia e com as propostas de atividades, os estudantes puderam montar alguns protótipos e começar um projeto que agrupou os conhecimentos preexistentes e a possibilidade de criar e ser protagonista da própria aprendizagem.

Com isso, a relação dos graduandos com a produção de conhecimento deixou de ser encarada como obrigação, pois os projetos elaborados partiram dos próprios alunos, os quais se mostraram mais interessados ao desenvolver suas ideias e discuti-las entre si e com o tutor.

Ademais, foi enfatizada a importância de se questionar sobre temáticas socioambientais. A Avaliação Ecológica do Milênio, documento escrito com

apoio da Organização das Nações Unidas (ONU), mostra as consequências de deixar questões ambientais em segundo plano, com muitas dessas consequências tendo implicações sociais (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005).

Assim, o desenvolvimento de uma sensibilidade com o meio ambiente torna-se indispensável enquanto requisito básico na formação profissional. Com base nessas orientações, os alunos desenvolveram e apresentaram seus trabalhos.

Análise da experiência

No decorrer da disciplina foi possível observar uma boa adequação e aceitação dos discentes a respeito da metodologia utilizada, apesar de no primeiro momento ter existido certo receio por não ser usado o método tradicional. Após o entendimento por parte dos graduandos de como funcionariam as aulas com a presença do tutor, foi estabelecida uma boa relação de comunicação entre ambos, pois o papel do tutor é auxiliar o aluno na busca e aplicação de conhecimentos, além de ter uma relação mais próxima com o estudante do que o professor.

Na primeira experiência, verificou-se o empenho dos alunos para entender os fenômenos e os conceitos da física, química e matemática envolvidos no experimento. Na atividade seguinte, que envolveu a criação de projetos e que utilizou como principal tema a sustentabilidade e o problema socioambiental, os alunos demonstraram interesse no tema e assimilaram conforme o planejamento. Diante disso, notou-se projetos que tratavam principalmente de questões hídricas e energéticas, como os apresentados na Figura 2.5.

Vale ressaltar que certos grupos de alunos optaram por utilizar a plataforma Arduino devido a alguns já terem tido contato prévio com a plataforma. Assim, foi possível trabalhar conceitos dentro das áreas de programação estruturada, sistemas digitais e circuitos elétricos, os quais fazem parte da grade curricular de ambos os cursos.

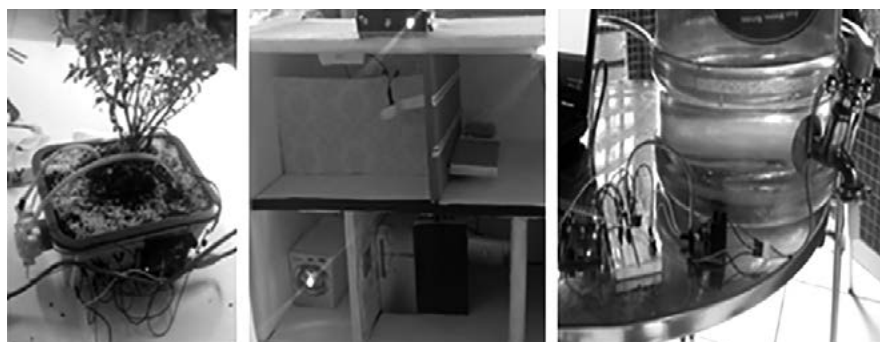


Figura 2.5. Respectivamente, protótipo de um irrigador automático para melhor aproveitamento de água; simulador de consumo de energia elétrica que utiliza indicadores visuais para alertar o usuário sobre o seu nível de consumo; protótipo de uma torneira que controla a vazão da água automaticamente. Fonte: Autores (2016).

Ao término da disciplina foi disponibilizado um questionário aos alunos para que eles fornecessem suas opiniões sobre a matéria e o método utilizado, visando a coletar dados e implementar possíveis adaptações na forma de ministrar as aulas futuramente. Foram criadas seis perguntas objetivas e duas discursivas para este fim e 33 discentes as responderam de um total de 53.

As respostas das perguntas objetivas foram representadas a partir de uma escala Likert de cinco pontos. Cada entrevistado deveria julgar o nível de aceitação de algumas afirmativas, em que “muito ruim” é o menor nível de aprovação e “muito bom” é o maior. Na Figura 2.6 estão apresentados os resultados obtidos. Após a análise, observou-se que o método utilizado no decorrer da disciplina teve uma boa aceitação por parte dos alunos já que foi considerado instigante e inovador, porém os discentes relataram que a matéria deveria possuir maior carga horária para o desenvolvimento de mais projetos.

Notou-se a partir da enquete que a turma aprovou a utilização do método PBL, por ter dado uma nova visão a respeito da produção de conhecimento e da dinâmica na sala de aula. A principal mudança observada pelos graduandos foi em relação ao tutor, que no primeiro momento foi encarado de forma negativa, mas que no decorrer da disciplina teve uma boa aceitação.

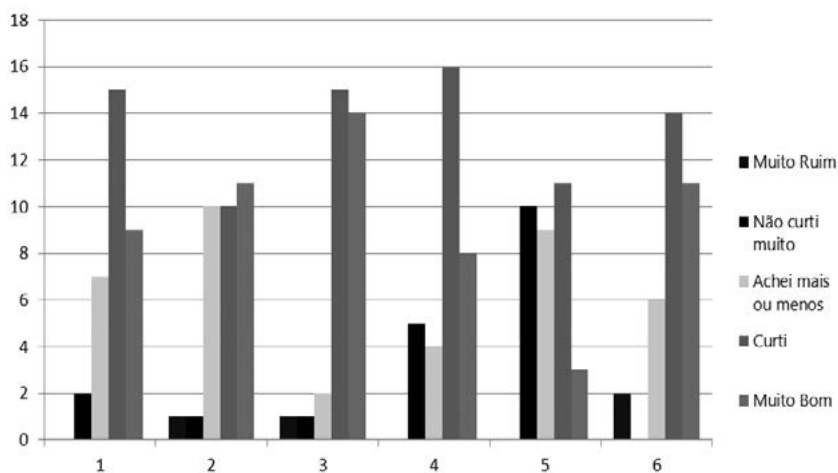


Figura 2.6. Resultados do questionário aplicado aos graduandos: (1) Afirmativa 1: É válida a utilização do método PBL na disciplina de metodologia científica nos cursos de engenharia. (2) Afirmativa 2: A aplicação da metodologia PBL pode influenciar de forma positiva no aprendizado. (3) Afirmativa 3: A utilização de materiais alternativos para a realização dos experimentos desenvolvidos em sala de aula pode ser aplicada em outras disciplinas com o objetivo de desenvolver no aluno a responsabilidade socioambiental. (4) Afirmativa 4: A participação do tutor contribuiu positivamente na aplicação da disciplina. (5) Afirmativa 5: No início da disciplina, a aceitação do tutor foi considerada boa. (6) Afirmativa 6: No final da disciplina, a aceitação do tutor foi considerada boa. Fonte: Autores (2016).

Constatou-se, assim, a viabilidade da aplicação do método PBL para o presente caso, já que os resultados obtidos se mostraram satisfatórios e tornaram claras as vantagens da mudança do método tradicional para o PBL na disciplina discutida. Essa disciplina carrega estereótipos negativos, pelo fato de sua alta carga teórica, como citado anteriormente, o que faz com que ela não seja vista com bons olhos pelos alunos de engenharia.

Como o método PBL permitiu aos graduandos a criação de projetos e desenvolvimento de ideias, o que incentivou o trabalho em equipe, resolução de problemas, tomada de decisões, e a proatividade dos discentes, os estudantes sentiram-se estimulados a ter uma nova visão da matéria. Além disso, a utilização de materiais de baixo custo e a busca por projetos que envolvessem a causa socioambiental possibilitaram um senso crítico a respeito deste tema.

A experiência da metodologia PBL nas turmas trouxe bons resultados tanto para os alunos quanto para o tutor, visto que possibilitou a aprendizagem ativa e uma forma inovadora de se trabalhar a disciplina Metodologia Científica e Tecnológica, pois o estudo dos instrumentos necessários para a elaboração de um trabalho científico aplicado a partir de experimentos desenvolvidos pelos discentes proporcionou uma nova visão a respeito da disciplina, que foi encarada com mais seriedade pela turma em comparação com outras que utilizaram o método tradicional.

Percebeu-se que os graduandos se sentiram estimulados à criação de projetos e à concepção de ideias, porém o tempo disponibilizado para a disciplina não foi suficiente. Assim, fica como proposta o aumento da carga horária da disciplina se utilizada a metodologia PBL, visto que os resultados são satisfatórios tanto para o tutor quanto para os graduandos, pois tiveram a possibilidade de desenvolver habilidades que serão necessárias em situações reais da engenharia.

3. DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA A INOVAÇÃO NOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA EM DISCIPLINAS DO NÚCLEO DE CONTEÚDOS PROFISSIONALIZANTES

O desenvolvimento da inovação nos estudantes de engenharia, que cursam disciplinas do núcleo de conteúdos profissionalizantes, apresenta maiores possibilidades de abordagens em função da diversidade destes conteúdos e da consolidação de conhecimentos trabalhados nas disciplinas iniciais, pois a maioria destas disciplinas já faz parte das fases intermediárias ou finais. Nesta seção serão apresentados três estudos envolvendo disciplinas que não fazem parte do núcleo de conteúdos básicos e, portanto, estão interligadas ao contexto da formação mais avançada do estudante de engenharia. No primeiro estudo é apresentada a disciplina Projeto Integrador do Curso de Engenharia da Computação da Faculdade Padre João Bagozzi, na qual, por meio de seis etapas, os estudantes planejam, organizam e executam propostas multidisciplinares acerca de uma si-

tuação-problema no contexto de temas direcionados e de interesse das equipes, considerando os espaços físicos da instituição. O segundo estudo apresenta a aplicação de uma metodologia de aprendizagem por projetos na disciplina de Engenharia de Software no curso de Engenharia da Computação da Universidade Federal de Itajubá – *Campus* Itabira, na qual os estudantes desenvolvem a modelagem de programas para problemas reais, usando técnicas de sala de aula invertida, instrução por pares e estudo sob medida. Cada projeto é desenvolvido em ciclos quinzenais de preparação e apresentação que acompanham o desenvolvimento dos conteúdos programáticos da disciplina, permitindo o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo, de habilidades de comunicação, gestão de projetos e da inovação. No terceiro estudo é apresentada uma experiência na consolidação da disciplina Informática em Educação no curso de Engenharia da Computação. Neste estudo é mostrada a concepção metodológica da disciplina organizada em sete passos para o desenvolvimento de projetos para problemas da vida social contemporânea, decorrente de uma integração de estudantes do curso com estudantes do Mestrado Nacional de Ensino de Física.

3.1 O Projeto Integrador como elemento norteador no processo de ensino-aprendizagem no curso de Engenharia da Computação

O projeto integrador vem ao encontro dos objetivos fundamentais do processo ensino-aprendizagem, pois coloca o estudante como ator principal de sua aprendizagem. Ainda deve-se destacar que uma característica básica desse projeto é a questão da multidisciplinaridade, além de explorar os vários níveis do processo cognitivo, principalmente os do nível metacognitivo, descritos na Taxonomia dos Objetivos Educacionais de Bloom (BLOOM, 1956), revisada por Anderson (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001).

A multidisciplinaridade está fundada em um saber-fazer, em que se pressupõe uma abordagem prática consolidada por uma forte conceituação teórica, que é um dos quatro pilares da educação (FERLIN *et al.*, 2005). O assunto multidisciplinaridade é explorado em diversas referências, entre as quais se podem citar FERLIN *et al* (2004) e PILLA e FERLIN (2010).

No curso de Engenharia da Computação da Faculdade Padre João Bagozzi a multidisciplinaridade permeia todas as disciplinas e períodos do curso e é materializada por meio dos Projetos Integradores, envolvendo as disciplinas tanto profissionais quanto de formação geral, culminando com o Trabalho de Conclusão de Curso, que explora a capacidade cognitiva dos estudantes. As capacidades cognitivas são: lembrar (nível factual), entender (ser capaz de lidar com conceitos), aplicar (nível procedimental), analisar, avaliar e criar, em que as três últimas capacidades pertencem ao nível mais alto da classificação, o nível metacognitivo.

A disciplina de Projeto Integrador

O curso de Engenharia da Computação da Faculdade Padre João Bagozzi, em Curitiba, Paraná, está organizado em cinco anos (noturno) no regime semestral, totalizando 10 semestres letivos (períodos), como descrito em Bagozzi (2013). Cada semestre contém um conjunto de disciplinas, entre elas o Projeto Integrador, no qual cada disciplina tem uma carga horária diferenciada, que totaliza 4320 horas, sem contar com o Estágio Supervisionado e com as Atividades Complementares.

A disciplina de Projeto Integrador (FERLIN; OLIANI, 2014) (FERLIN; OLIANI, 2015) é uma unidade curricular integradora, desenvolvida ao longo do semestre, congregando as demais disciplinas do período (semestre), com o objetivo de proporcionar ao estudante a construção de conhecimento científico sobre determinada área, por meio do planejamento, organização e execução de proposta acerca de uma situação-problema previamente formulada/escolhida no contexto profissional.

A carga horária da disciplina de Projeto Integrador é de 40h em cada período (semestre), essas horas são utilizadas para o acompanhamento dos projetos e orientação das equipes. É óbvio, contudo, que as equipes gastam bem mais horas fora de sala de aula para o desenvolvimento do projeto.

O plano de ensino, cronograma e calendário são propostos pelo professor da disciplina de Projeto Integrador em conjunto com os professores do período, em reunião pedagógica no início de cada semestre, e passam pela aprovação da coordenação do curso.

Sob orientação, porém não presencial, mas sob coordenação dos próprios grupos de estudos, o professor da disciplina deve orientar a execução e o desenvolvimento do projeto. Os estudantes deverão se apropriar dos estudos e desenvolver a construção do projeto nos espaços físicos da instituição. A disciplina de Projeto Integrador é a responsável por fomentar a multidisciplinaridade entre as demais disciplinas do período. O professor dessa disciplina tem como missão, sob orientação da coordenação do curso, interagir com os professores das demais disciplinas para que haja efetivamente a multidisciplinaridade.

Os demais professores do período (semestre) atuam como “consultores”, acompanhando e orientando tecnicamente o desenvolvimento dos projetos, conforme as características e especificidades de cada projeto, e não há uma quantidade de horas específicas, pois isso ocorre sob a demanda das equipes.

O professor da disciplina, num primeiro momento, com os estudantes, deve explanar sobre a proposta desse curso de 40h, como será seu desenvolvimento, seu calendário, sobre a metodologia, calendário acadêmico, plano de ensino, além de pactuar com os estudantes as regras de vivência, orientação e trabalho.

Em um segundo momento, esse professor deve, por meio de uma dinâmica e ou atividade específica, montar grupos de estudos que trabalharão com no mínimo dois e no máximo quatro componentes, entregar ficha de inscrição (formulário próprio) e os grupos formalmente serão integrados, bem como as regras de orientação.

Em um terceiro momento, o professor deve orientar os grupos para a elaboração de questões técnicas para o estudo sobre o tema. Para o plano operacional, suas etapas e recursos, o professor deve montar uma dinâmica para que os estudantes/grupos compreendam a importância e desenvolvam a competência de planejar. Deve, ainda, desdobrar o planejamento em cronograma – neste mesmo terceiro momento, o professor revisita seu plano de aula e cronograma de orientação, inserindo datas de orientação aos grupos para que estes insiram em seus cronogramas. O professor também autoriza o plano de trabalho e cronograma dos grupos. Como o objetivo do Projeto Integrador é a aplicação em um problema real, a busca por soluções que visam à inovação tecnológica está sempre presente nas discussões. E esta ação ocorre durante todo o desenvolvimento do projeto, desde o momento da proposição do problema até a fase de projeto e implementação, sempre buscando o equilíbrio entre a viabilidade técnica e econômica.

No quarto momento, o professor da disciplina de Projeto Integrador interage com os professores das demais disciplinas de maneira que os colegas saibam sobre os projetos e orientem as competências essenciais e complementares da sua disciplina que contribuam para o desenvolvimento do projeto.

Em um quinto momento são feitas as orientações específicas em sala de aula, intercaladas com acompanhamento das disciplinas.

A etapa final é o momento das apresentações públicas para a banca de professores (com critérios de avaliação previamente divulgados aos estudantes) e das correções dos relatórios/trabalho escrito.

A avaliação dessa disciplina é composta por:

- Apresentação oral;
- Relatórios;
- Trabalho Escrito (monografia e artigo técnico);
- Autoavaliação dos estudantes;
- Avaliação pelos estudantes;
- Projeto – aulas e orientações;
- Vídeo demonstrativo.

A nota final da disciplina de Projeto Integrador é composta por 3 notas parciais (AV1, AV2 e AV3), como mostrado na Figura 2.7. A nota parcial AV1 (peso 35%) é composta por dois componentes (orientação e pré-banca) e realizada pelo professor orientador da disciplina. A nota parcial AV2 (peso 35%) é decorrente da média das notas da banca de professores, realizada por no mínimo dois professores do curso/semestre, que avaliam a monografia e a apresentação. E, por último, a nota parcial AV3 (peso 30%) leva em consideração alguns elementos, como cumprimento do prazo de entrega dos documentos (monografia, artigo, vídeo), autoavaliação (do estudante e do líder/grupo), além do resumo/artigo do trabalho.

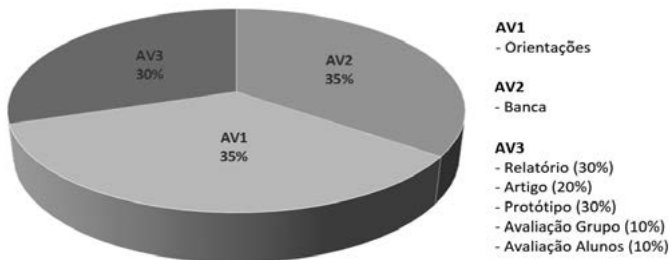


Figura 2.7 – Distribuição das notas do Projeto Integrador.
Fonte: Autores (2016).

Ainda, a nota final da disciplina de Projeto Integrador corresponde a 30% na nota das outras disciplinas do período, justamente por seu caráter de integrar em um único projeto as disciplinas.

Nas Figuras 2.8 e 2.9 tem-se duas imagens do recorte da planilha de lançamento das notas referente ao Projeto Integrador, bem como os pesos para cada critério.

Exemplos da prática usando o Projeto Integrador

O objetivo geral do Projeto Integrador agregar os saberes de várias disciplinas/áreas em um projeto multidisciplinar desenvolvido ao longo do semestre letivo.

Além de desenvolver o trabalho em equipe e os aspectos de liderança e gerenciamento de conflito, o Projeto Integrador também fomenta a inovação tecnológica e a pesquisa técnico-científica.

As áreas do conhecimento contempladas nesses primeiros Projetos Integradores foram:

- **Microprocessador** – utilizado para controlar o sistema;
- **Eletricidade e eletrônica** – integração dos componentes do sistema;
- **Banco de dados** – desenvolvimento de uma aplicação com acesso ao banco de dados;
- **Programação:**
 - **Microprocessador** – desenvolvimento de um programa para o microprocessador, nesse caso utiliza-se a linguagem de programação C;
 - **Computador** – desenvolvimento de um aplicativo no computador;
 - **Mobile** – desenvolvimento de um aplicativo para *mobile* que servirá de interface para o sistema microprocessado;
- **Física** – conceitos necessários para entendimento físico dos sensores/atuadores e dos componentes mecânicos;
- **Elétrica** – conceitos básicos necessários para a ligação elétrica dos componentes eletrônicos;

- **Química** – conceitos químicos utilizados nos sensores;
- **Cálculo** – modelamento matemático do sistema.

NOME DO(A) ALUNO(A)	AV1 - 35%			AV2 - 35%
	Orientações (nota máx. 10)	Orientações (nota máx. 10)	Total AV1 (35%)	BANCA (nota máx. 10) Total AV2 (35%)
	50%	50%		100%
Aluno 1	8,0	8,0	8,0	7,0
Aluno 2	8,0	8,0	8,0	7,5
Aluno 3	8,0	8,0	8,0	8,0
Aluno 4	8,0	8,0	8,0	8,0
Aluno 5	8,0	8,0	8,0	8,0

Figura 2.8 – Planilha/tabela para lançamento das notas das avaliações 1 e 2 dos estudantes.

Fonte: Autores (2016).

Os estudantes, em equipe, escolhem um tema para pesquisa em tecnologia atual com a intenção de desenvolver a capacidade crítica de avaliar as mudanças tecnológicas e a implementação de um protótipo de hardware e/ou de software, além dos documentos técnicos (relatório e artigo). Também se deve gerar conhecimento em termos de atualização de tecnologia e adaptação a elas mediante trabalho de pesquisa, discussão em grupo e aprimoramento intelectual. Salienta-se que o tema tem que ser aprovado pelo professor da disciplina de Projeto Integrador.

NOME DO(A) ALUNO(A)	AV3 - 30%					Total AV3 (30%)	AV3 PROJETOS NOTA FINAL PARA LANÇAR NO RM EM OUTRAS DISCIPLINAS
	Avaliação do Grupo (nota máx. 10)	Avaliação dos Alunos (nota máx. 10)	Relatório (máx. 10)	Artigo (máx. 10)	Protótipo (máx. 10)		
	10%	10%	30%	20%	30%		
Aluno 1	9,0	8,1	7,5		8,5	6,5	7,2
Aluno 2	7,5	8,8	7,5		8,5	6,4	7,4
Aluno 3	8,5	8,5	8,5	7,0	8,0	8,1	8,0
Aluno 4	9,8	8,7	8,5	7,0	8,0	8,2	8,1
Aluno 5	9,0	8,7	8,5	7,0	8,0	8,1	8,0

Figura 2.9 – Planilha/tabela para lançamento das notas da avaliação 3 e a final dos estudantes.

Fonte: Autores (2016).

Um exemplo de projeto desenvolvido no Projeto Integrador do 4º período é o projeto “Sistema Misturador Automatizado e Controle de Processos de Escoamento de Água” (GREINERT *et al.*, 2015), que é um sistema (embarcado) eletrônico microprocessado com conexão com um dispositivo *mobile*, que, além de automatizar e facilitar algumas ações operacionais, também ajuda na redução do consumo e gastos relacionados à água em residências, comércios e indústrias, como mostrado na Figura 2.10.

Utilizou-se para esse projeto integrador como *kit* de desenvolvimento para o sistema eletrônico embarcado o Arduino que é uma plataforma de prototipagem eletrônica de *hardware* com código aberto, projetada com um microcontrolador Atmel AVR em uma placa única, com suporte de entrada/saída embutido e uma linguagem de programação C/C++. O *kit* de desenvolvimento Arduino consiste em um microcontrolador Atmel AVR de 8 *bits*, com componentes complementares para facilitar a programação e incorporação de outros circuitos. Um importante aspecto é a maneira padrão que os conectores são expostos, permitindo o *kit* ser interligado a outros módulos de expansão.

Esse projeto integrador do 4º período teve como ponto central o desenvolvimento de um sistema computacional para acessar/interfacear com um dispositivo móvel (*mobile*), e nesse caso foi utilizado dispositivo com sistema Androide.



Figura 2.10 - Foto do projeto Misturador Automático e de Controle de Escoamento de Água.

Fonte: Autores (2016)

Análise da experiência pedagógica

Uma das características fundamentais do Projeto Integrador do Curso de Engenharia da Computação da Faculdade Padre João Bagozzi é a multidisciplinaridade, que engloba os vários saberes e conhecimentos trabalhados nas disciplinas do período e até mesmo de outras que ainda estão por vir.

Destaca-se também o engajamento e motivação dos estudantes para com

o desenvolvimento do projeto integrador, pois é uma oportunidade única para a aplicação dos conceitos e teorias estudadas nas disciplinas do período em um projeto de cunho prático, em que tiveram que buscar novos conhecimentos para a solução do problema prático.

3.2 Estudo de caso da metodologia por projetos: Engenharia de Software

A discussão acerca do uso de novas técnicas de ensino que ressalta a necessidade de integrar, de forma ativa, os estudantes no processo de ensino-aprendizagem não é nova. Pode-se atribuir a John Dewey e aos partidários da Escola Nova, ainda no início do século XX, a preocupação com um sistema de ensino capaz de preparar os estudantes para a solução de problemas reais, associando teoria e prática, por meio da utilização e/ou construção de conhecimento para a resolução de questões práticas, próximas à realidade do estudante. Se no âmbito da educação, há muito se discute sobre a necessidade de configuração de um modelo de ensino que parta da realidade dos estudantes, com vistas a uma aprendizagem significativa, no ensino de engenharia essas discussões ainda são incipientes. Formado, basicamente, por docentes que são engenheiros especialistas em uma determinada área de conhecimento, ainda é comum, nas escolas de engenharia, a prevalência de aulas expositivas não dialógicas e listas de exercícios que remetem à memorização de fórmulas por repetição.

A partir dessa problematização, neste tópico será descrito o desenvolvimento da metodologia Aprendizagem Baseada em Projetos na disciplina Engenharia de Software, componente curricular do curso de graduação em Engenharia de Computação da Universidade Federal de Itajubá (Unifei), *Campus* de Itabira, a qual visa a diversificar o processo de ensino-aprendizagem com vistas à melhoria qualitativa da aprendizagem dos estudantes de Engenharia de Computação.

Para o estudo aqui apresentado, foi desenvolvida uma metodologia em que, simultaneamente, os alunos pudessem trabalhar com o projeto e serem acompanhados pela professora. Para isso, foram estabelecidas diversas atividades ao longo da disciplina. Essas atividades incluem as técnicas: *Flipped Classroom* (sala de aula invertida), instrução por pares e *JiTT* (estudo sob medida).

Aprendizagem Baseada em Projetos

Na contramão do paradigma do ensino de engenharia, alguns estudiosos têm buscado outras alternativas para tornar os cursos de engenharia mais próximos das necessidades de formação profissional do século XXI. Entre essas alternativas, destaca-se a Aprendizagem Baseada em Projetos, ou o Project Based Learning (PBL). Pode-se definir o PBL como uma metodologia de ensino-aprendizagem que parte dos problemas da vida real para estimular o desenvolvimento da capacidade científica e da habilidade de resolver problemas, próximos à área de formação do estudante. Originalmente, o PBL associa-se à concepção educativa

do filósofo John Dewey para quem as atividades educativas devem basear-se na resolução de problemas práticos, em que teoria e prática se articulam para a construção de novos conhecimentos (RIBEIRO, 2008). Cabe mencionar que, para John Dewey, o qual, além de defender a associação entre teoria e prática, também defende a ideia de que a escola é instrumento para a formação de uma sociedade democrática. Nesse sentido, o ensino profissional “não é aquele que adapta o operário ao regime industrial existente” (DEWEY, 1945 *apud* WESTBROOK, p. 194, 2014), mas que defende “um tipo de ensino profissional que começasse por modificar o sistema industrial existente para, finalmente, transformá-lo” (DEWEY, 1945 *apud* WESTBROOK, p. 194, 2014). Sendo assim, cabe destacar o papel essencialmente inovador deste modelo de ensino o qual abre caminhos não só para a formação de um novo perfil profissional, mas também possibilita a formação de um cidadão com potencialidade para recriar uma realidade social.

O método PBL se caracteriza pelo desenvolvimento de um projeto com vistas à solução de um problema real, ou didaticamente elaborado a partir da realidade do estudante e pela aprendizagem colaborativa, ativa e centrada nos estudantes. No formato PBL, os estudantes trabalham em pequenos grupos, com a coordenação do professor responsável pela disciplina e pode ter a duração de um semestre inteiro, ou um período menor, conforme a estrutura do projeto. Em resumo, pode-se definir o PBL como uma metodologia que envolve o trabalho em equipe e que tem como conceitos estruturantes a responsabilização dos alunos pela aprendizagem, uso adequado de competências pessoais e interpessoais, como a capacidade de ouvir, de partilhar informações e o respeito pelas ideias do outro, a interação constante com os colegas, bem como a interdependência entre eles. Todas essas habilidades devem se associar aos conhecimentos técnico-científicos para a resolução do problema proposto.

Estudo de caso: Engenharia de Software

A disciplina de Engenharia de Software é ofertada no sexto período do curso de Engenharia da Computação da Unifei, *Campus* de Itabira, e utiliza o PBL como base e principal metodologia de aprendizagem. As demais metodologias utilizadas foram *Flipped Classroom* (sala de aula invertida), instrução por pares e *JITT* (estudo sob medida).

No *Flipped Classroom* são disponibilizados materiais para os alunos os quais devem ser estudados antes da aula, fazendo atividades prévias ao encontro presencial. Após essa primeira etapa, os alunos e o professor se reúnem para o desenvolvimento de atividades práticas do conteúdo (SCHNEIDER *et al.*, 2013). Já na instrução por pares, desenvolvida por Eric Mansur, os alunos realizam o estudo de material e, durante a aula, o professor faz a explanação dos conceitos, sendo apresentadas questões que são respondidas individualmente e depois discutidas em pares (ARAÚJO; MAZUR, 2013). Finalmente, no *JITT*, o professor planeja a sua aula a partir das dificuldades apresentadas pelos alunos, de acordo com perguntas formuladas pelo professor e respondidas pelos alunos (ARAÚJO;

MAZUR, 2013). O professor prepara a aula com as respostas fornecidas, fazendo uma exposição curta e no restante da aula são desenvolvidas atividades práticas.

Em cada semestre os alunos realizam a modelagem de um sistema, como exemplo pode-se citar: sistema de progressão de professores da Unifei, *Campus Itabira* (2014) e sistema de controle de estágios da Unifei, *Campus Itabira* (2015). O primeiro projeto tinha por objetivo desenvolver um sistema que possibilitasse o controle da progressão dos professores da Unifei, de acordo com a norma de progressão existente na instituição. O segundo sistema realiza o controle dos estágios da Unifei, *Campus Itabira*; este sistema segue as normas de estágio dos cursos da Unifei e visa a controlar as entregas de documentação que devem ser realizadas pelos alunos, orientadores e coordenadores de estágios do *campus*.

Uma vez que a dinâmica da disciplina envolve a participação e interação contínua dos estudantes, o pensamento crítico e, conseqüentemente, a capacidade de inovação são continuamente estimulados, por meio da busca de soluções práticas para os problemas colocados dentro do conteúdo da disciplina.

O aluno começa a desenvolver o pensamento para a inovação a partir do momento em que se depara com um problema real que precisa ser resolvido ou melhorado. A partir disso, ele precisa mapear as variáveis mais importantes do problema e começa a pesquisar/pensar como isso poderia ser trabalhado. Nesse momento, ele pode fazer pesquisas para saber como são as soluções adotadas por outras pessoas para problemas iguais ou semelhantes ao proposto pela professora. O grupo terá que avaliar as alternativas e propor a melhor solução para o problema proposto.

A disciplina foi dividida em seis ciclos, de acordo com os conteúdos a serem apresentados. Em cada ciclo, os alunos executam atividades para o desenvolvimento da modelagem de um sistema de informação proposto. O período de cada ciclo é de duas semanas e as quatro horas semanais são realizadas no mesmo dia.

As atividades da disciplina são: prova prévia, etapa de perguntas, desenvolvimento do projeto, apresentação parcial, apresentação final, relatório técnico final, avaliação bimestral e lista de exercícios.

A avaliação bimestral e a lista de exercícios não fazem parte dos ciclos quinzenais de atividades. A lista de exercícios é realizada em grupo, possui questionamentos teóricos e práticos da disciplina e tem como objetivo a fixação dos conceitos principais. A prova bimestral é realizada individualmente e depois em grupo. Utiliza-se uma modificação da técnica de instrução por pares, já que não existe a explanação do professor. O objetivo é aumentar o conhecimento dos alunos. Os discentes, no momento de uma avaliação, podem discutir e chegar a uma melhor resolução do problema. O modelo utilizado visa a reforçar a aprendizagem dos estudantes e, portanto, não é uma atividade que tem como fim em si mesmo apenas atribuir uma nota.

Todas as demais atividades são realizadas durante o ciclo de desenvolvimento do projeto. No primeiro dia são realizadas: prova prévia, etapa de perguntas, desenvolvimento de perguntas e apresentação parcial. No segundo dia são rea-

lizadas: etapa de perguntas, desenvolvimento do projeto e apresentação final. O relatório final é entregue uma semana após o segundo dia do ciclo de atividades.

A prova prévia consiste de uma avaliação, com questões de múltipla escolha, realizada no primeiro dia do ciclo, no início da aula, com os conhecimentos adquiridos pelo estudo do material fornecido pela professora. O material consiste de conjunto de *slides* e materiais de apoio que auxiliam os alunos na aprendizagem inicial do conteúdo (<https://goo.gl/2NvQjh>). A prova é realizada individualmente e depois em grupo. Ao final são discutidas as questões com toda a turma.

Na etapa de perguntas, os alunos enviam duas perguntas para a professora até 12 horas antes de cada aula. As perguntas são respondidas e disponibilizadas no site e as dúvidas mais comuns são utilizadas para a preparação da exposição da professora.

Na etapa de desenvolvimento do projeto, os alunos utilizam o tempo disponibilizado para o desenvolvimento do projeto em si, com acompanhamento da professora.

Existem duas apresentações, a parcial e a final. A parcial é realizada no primeiro dia do ciclo e tem por objetivo a apresentação das atividades desenvolvidas pelos alunos até o momento, ou seja, no primeiro dia do ciclo.

Esta avaliação tem por finalidade acompanhar efetivamente o desenvolvimento dos alunos e do trabalho que está sendo realizado. Nesta avaliação é observado o que foi realizado pelas equipes até o momento e são propostas sugestões, tanto de alteração quanto de estudo necessário para o desenvolvimento do projeto. Sem uma avaliação parcial, os estudantes se sentem “perdidos”, podendo perder o foco no trabalho desenvolvido. Ela serve tanto para fornecer *feedback* para os grupos quanto para possibilitar uma melhor aprendizagem.

A avaliação da etapa parcial é realizada de duas formas, primeiro por uma comparação entre os grupos, quanto cada grupo chegou a desenvolver do projeto e do ciclo de atividade. O segundo critério leva em consideração quais as recomendações sugeridas foram de fato implementadas no transcorrer das demais atividades do projeto. Cabe destacar que esta etapa vale apenas 10% do valor do projeto, sendo mais importante o *feedback* observado.

Na final, cada grupo deve apresentar os resultados finais do ciclo formalmente para toda a turma. Cada grupo possui 15 minutos para a apresentação dos resultados. Os pontos fortes e fracos são discutidos com toda a turma.

Para realizar a avaliação da apresentação parcial, diversos critérios são observados: divisão em partes substantivas – 5%; ordem lógica – 5%; cumprimento das normas – 5%; linguagem adequada – 5%; raciocínio explícito – 5%; apoio em fatos e não opiniões – 5%; exemplos interessantes – 5%; visual motivador – 5%; cumprimento do tempo – 5%; aprofundamento do tema – 10%; seleção dos aspectos mais relevantes – 10%; enquadramento do tema – 10%; discussão dos resultados – 10%; síntese final / conclusões – 10%; domínio das áreas integradas do trabalho – 5%. Cada um desses critérios é avaliado de acordo com a escala definida: (E) excelente – 100%, (B) bom – 75%, (R) regular – 50%, (I) insuficiente – 25%, (N) não participou – 0%.

Finalmente, o relatório final, que segue as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), apresenta os resultados do projeto, com os seguintes tópicos: introdução, conceitos relevantes, desenvolvimento (apresentação da solução proposta), implicações técnicas (discussão das decisões de projeto realizadas) e conclusão do trabalho (análise crítica do trabalho realizado).

Outro ponto que merece destaque é a discussão dos pontos fortes e fracos de cada grupo no ciclo. Ao final de cada apresentação dos grupos, a professora mostra e comenta os erros encontrados nos diagramas apresentados, além disso, são comentadas as boas decisões de projeto realizadas pelo grupo. Todos os estudantes realizam discussões, fazem perguntas e comentários a respeito dos pontos levantados pela professora. Nada é imposto aos alunos, mas diversas discussões são realizadas. Este é um ponto importante da dinâmica, pois possibilita aprendizagem adicional, *feedback* sobre o trabalho realizado, e, como o relatório final só será entregue uma semana após a apresentação, é possível o acerto dos erros pelo grupo, para não voltar a errar no relatório final, que vale a maior parte da pontuação do trabalho realizado.

As atividades – prova prévia e o desenvolvimento do projeto – são exemplos da utilização da técnica *Flipped Classroom*, pois permitem que os alunos busquem o conhecimento anterior para trabalhar na sala de aula. A prova prévia garante que o estudo será realizado. Já a etapa de perguntas é um exemplo de *JITT*, porém, quem faz as perguntas são os alunos e, a partir delas, a professora elabora a discussão.

Os grupos de trabalho são escolhidos pelos alunos e existem papéis que são estabelecidos a cada ciclo (líder, porta-voz, redator e membros). O grupo recebe uma nota global por ciclo, que deve ser dividida pelo líder, de acordo com o trabalho realizado por cada membro. Os demais integrantes avaliam o líder, para saber se ele pode ou não fazer a divisão da nota, permitindo um controle, no caso do líder não se dedicar ao desenvolvimento total do trabalho.

A aprendizagem colaborativa é realizada em diversos pontos da disciplina. Na avaliação prévia, a parte que é realizada em grupo possibilita uma aprendizagem colaborativa, já que os alunos discutem as respostas para realizar a avaliação e fornecer as respostas do grupo. O mesmo ocorre com a avaliação bimestral. Além disso, o desenvolvimento dos ciclos do projeto é realizado em grupo, possibilitando a troca de experiências e aprendizagem. Finalmente a etapa de discussões após a apresentação dos grupos também é uma oportunidade de aprendizagem colaborativa, já que as perguntas e discussões dos resultados servem para todos os alunos.

Ao final do projeto os grupos de trabalho fazem a entrega de toda a modelagem UML, com os diagramas: casos de uso, classes, objetos, sequência, colaboração, atividades, estados, pacotes, implantação, componentes, visão geral da interação e tempo.

Análise do estudo de caso da disciplina

A metodologia possui diversas atividades com o objetivo de um maior controle do desenvolvimento do projeto pelos alunos. As competências desenvolvidas pela metodologia são: pensamento crítico (análise, síntese e avaliação de resultados), design e criatividade, aprendizagem autodirigida, habilidades de comunicação (oral, escrita), trabalho em equipes, relacionamento interpessoal, gestão de recursos e prazos, condução de processos de inovação, gestão de projetos, entre outras.

Uma limitação do método é a carga de trabalho, decorrente das diversas atividades, que é apresentada aos discentes. Muitas vezes, a carga de trabalho faz com que os alunos não se sintam motivados para o desenvolvimento da aprendizagem.

Duas habilidades importantes devem ser consideradas. A primeira é a habilidade de inovação, ela é trabalhada com o aluno, a partir do momento em que ele se depara com um problema real, em que deve trabalhar uma solução e isso permite o desenvolvimento da inovação e de sua criatividade.

A segunda habilidade importante é a multidisciplinaridade, que aqui se apresenta não pela junção de conhecimentos das diversas disciplinas, mas pela característica dos projetos. Como são projetos reais que os alunos desenvolvem, eles acabam por serem apresentados a situações que não se fixam apenas no conhecimento da Engenharia de Software, mas a respeito do problema a ser tratado e documentado. Os discentes acabam por adquirir conhecimentos sobre o sistema a ser modelado que não tem a ver com a Engenharia de Software ou à própria área da computação.

Acredita-se que ainda há muito a se desenvolver, no que diz respeito às metodologias de aprendizagem no ensino brasileiro de engenharia. Os benefícios dessas práticas tratam de auxiliar os estudantes a desenvolverem proatividade e a visão crítica necessária ao profissional demandado pelo mercado de trabalho. O que essas metodologias visam é ao desenvolvimento de habilidades técnicas e humanas na tentativa de formar engenheiros com responsabilidade ética e social. Outro objetivo que pode ser alcançado por essas práticas é o realçamento do sentido e do significado do conteúdo trabalhado por parte do aluno, o que teria, em alguns casos, reflexo na valorização e consequente permanência dos estudantes no curso.

3.3 Integração de saberes de estudantes de Engenharia de Computação e do MNPEF a partir de uma estratégia didática baseada em PBL

As disciplinas representam uma categoria organizadora dentro do conhecimento científico que institui a divisão e a especialização do trabalho e responde à diversidade das áreas que as ciências abrangem (MORIN, 2006). Isso pode fazer com que o estudante estabeleça a separação entre os vários tipos de conheci-

mento e o leve a pensar o complexo do mundo de modo fragmentado.

Uma alternativa à organização curricular por disciplinas é o currículo integrado que, segundo Santomé (1998), vem ganhando força na educação obrigatória em todos os países. Há diversas formas de entrelaçar o conhecimento organizado no currículo, uma delas é a partir do uso de problemas e projetos, conforme vem sendo utilizado parcialmente no currículo do curso de Engenharia de Computação (EComp), da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), a partir da aplicação do método Problem Based Learning (PBL).

Este artigo objetiva dar continuidade ao relato de experiência iniciado por Pinto *et al.* (2015) em um dos textos que integrou o capítulo de livro “Ressignificação do ensino para a formação de novos engenheiros: das estratégias ativas de aprendizagem ao mundo contemporâneo”. Este capítulo de livro foi produzido coletivamente a partir dos artigos e discussões da Sessão Dirigida 03 (SD03), ocorrida na edição de 2015, do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE).

Apresentamos aqui os resultados de uma experiência que busca inovar a prática educacional, e que tem como principal objetivo integrar saberes de campos de conhecimentos diferentes (os da Física e os da Computação), a partir da reunião de competências para desenvolvimento de projetos e resolução de problemas durante a formação dos estudantes. Acreditamos que esta é mais uma ação em busca de um processo educacional que preza tanto as especificidades de cada campo de conhecimento quanto as suas inter-relações.

Relato de experiência

A experiência aqui relatada iniciou-se em 2014 quando a primeira turma do componente curricular FIS1006 - Atividades Computacionais para o Ensino Médio e Fundamental, que objetiva discutir o uso de tecnologias no Ensino Médio e Fundamental, foi ofertada para um grupo de professores cursistas do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física. Optamos por utilizar como estratégia didática a aplicação de problemas e projetos (baseado em *Problem Based Learning*). Após o curso, alguns estudantes deram continuidade às atividades através do desenvolvimento de produtos educacionais, tanto estratégias, em forma de sequências didáticas, quanto a implementação de recursos educacionais digitais, que foram idealizados durante a disciplina. Chamaremos, neste texto, tais recursos educacionais digitais de Objetos de Aprendizagem (OA), conceito que vem sendo frequentemente utilizado para denominar vídeos, jogos, animações, simulações etc., que são desenvolvidos para fins educacionais. Assim, surgiu a ideia de convidar estudantes da graduação de Engenharia da Computação para colaborar com o desenvolvimento de softwares. Eles assumiram o compromisso a partir de Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC) e de Iniciação Científica.

Resultados obtidos

A primeira parceria de trabalho foi firmada entre Santana (2015) e Jesus (2015), que desenvolveram, respectivamente, o OA RAX (A Figura 2.11 representa duas de suas telas), um Objeto de Aprendizagem (OA) para potencializar a aprendizagem de tópicos de Física Quântica para estudantes do Ensino Médio, abordando a produção de raios X e sua aplicação como diagnóstico médico (que foi implementado e testado em uma turma do Ensino Médio) e uma estratégia de ensino voltada para a aprendizagem significativa da Radiação X.

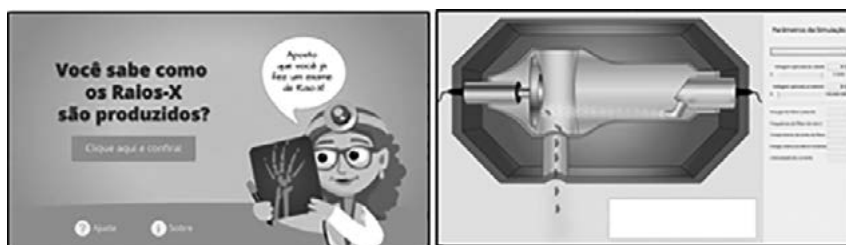


Figura 2.11 – OA RAX.
Fonte: Santana (2015) e Jesus (2015).

A segunda parceria de trabalho foi firmada entre Oliveira (2015) e Campos (2015), que produziram, respectivamente, o OA BSP (*Band Struct Photovoltaic*) (A Figura 2.12 mostra duas de suas telas) e uma unidade de ensino potencialmente significativa voltada para a aprendizagem do efeito fotovoltaico para estudantes do terceiro ano do Ensino Médio. O BSP é um objeto de aprendizagem que também busca potencializar a aprendizagem de tópicos de Física Quântica para estudantes do Ensino Médio, abordando o tema efeito fotovoltaico, e é responsável por simular o modelo de Kronig-Penney, explicando a formação das bandas nos sólidos e semicondutores (foi testado e avaliado por professores especialistas no campo de conhecimento).



Figura 2.12 – OA BSP.
Fonte: Oliveira (2015) e Campos (2015).

A terceira parceria de trabalho foi firmada entre Gomes (2015) e Santos (2014), que produziram o OA JEF (Jogo Efeito Fotoelétrico) (A Figura 2.13 mostra duas de suas telas) e uma estratégia didática para a aplicação do JEF para estudantes do último ano do Ensino Fundamental. O JEF é um objeto de aprendizagem que também busca potencializar a aprendizagem de tópicos de Física Quântica para estudantes do Ensino Médio e explora o tema efeito fotoelétrico (também foi testado e avaliado por professores especialistas no campo de conhecimento).



Figura 2.13 – OA JEF
Fonte: Gomes (2015) e Santos (2016).

Há outra parceria formada por Santo (2015) e Costa (2015), que vem desenvolvendo um Objeto de Aprendizagem e uma sequência didática para o ensino-aprendizagem do efeito fotocondutivo.

Além das parcerias estabelecidas, a abordagem baseada em problemas e projetos, em uma perspectiva de integração de saberes, abriu oportunidades para a realização de trabalhos de iniciação científica. Assim, outros trabalhos estão em processo de desenvolvimento. Por exemplo, Santos (2015) está implementando um repositório para armazenamento dos objetos de aprendizagem desenvolvidos pelos integrantes do GICE, ora denominado ROAGICE.

Percebemos que a experiência relacionada às parcerias de trabalho para desenvolvimento de projetos de forma colaborativa foi bem recebida pelos integrantes, e mais um importante passo para o fortalecimento da estratégia de integração de saberes a partir de projetos e problemas ocorreu quando, no semestre 2015.1, a segunda turma de FIS1006 - Atividades Computacionais para o Ensino Médio e Fundamental foi integrada ao componente curricular optativo EXA846 - Informática em Educação, que é ofertado para estudantes de Engenharia de Computação. Os dez mestrandos matriculados da turma FIS1006 foram reunidos aos dez estudantes matriculados em EXA 846 na mesma sala.

O curso da turma integrada (FIS1006 e EXA846) foi orientado por dois professores em sala de aula, um da área de Física e outra da área de Computação. Dez duplas de trabalho (constituídas por um estudante de Engenharia de Compu-

tação e um mestrando de Física) foram formadas e os projetos foram elaborados de modo que os estudantes (as duplas de trabalho) discutissem juntos as soluções para cada projeto/problema dado. Durante o semestre foram desenvolvidos três projetos: o primeiro objetivava a elaboração de um plano de aula para ensino-aprendizagem de um tópico da Física Moderna e Contemporânea; o segundo abordava o uso das TICs em sala (*i.e.* desafios, possibilidades, formas, recursos disponíveis, teorias de aprendizagens envolvidas etc.); no terceiro projeto, as duplas tinham que prototipar um OA para apoiar a aprendizagem do tópico abordado na aula planejada no Projeto 1, para um público alvo específico, pertencente a uma dada série do Ensino Médio ou Fundamental. À medida que os objetivos previstos em cada projeto eram alcançados, os participantes apresentavam suas soluções. A escrita de um artigo, no final do curso, propiciou uma visão ampla do percurso de aprendizagem, articulando todos os projetos desenvolvidos.

A fim de sistematizar as discussões dos projetos, baseamo-nos na dinâmica apresentada pelo método *Problem Based Learning* (PBL), cuja matriz conceitual deriva-se do pensamento filosófico de John Dewey, que acreditava que a educação deve considerar, no processo de formação, a formulação explícita dos problemas de disposições mentais e morais em relação às dificuldades da vida social contemporânea (DESLILE, 1997; BOUD; FELETTI, 1998; DUCH *et al.*, 2001). Resumindo a dinâmica de sete passos apresentada por Deslile (1997), temos: 1 - leitura do problema/projeto, 2 - tempestade de ideias; 3 - eleição de ideias, fatos mais relevantes para a solução; 4 - formulação de questões de aprendizagem; 5 - definição de metas de aprendizagem; 6 - avaliação do processo, no sentido dos resultados esperados para o indivíduo, para o professor e para o grupo; e, por fim, 7 - seguimento do processo, ou início de um novo problema/projeto.

A partir da prática educacional supracitada, os estudantes de engenharia tiveram a oportunidade de exercitar conhecimentos específicos para a sua formação, tais como: modelagem, desenvolvimento, aplicação e análise de softwares; e refletir sobre os desafios e possibilidades da educação contemporânea, a partir do contato direto com os professores de Física da rede pública e privada de ensino. Os estudantes do MNPEF tiveram a oportunidade de elaborar novas estratégias educacionais a partir dos OA produzidos pelos estudantes de Ecomp (PINTO *et al.*, 2015).

Observamos, ainda, que a estratégia didática utilizada promoveu a prática de competências fundamentais em um processo de formação, tais como: a autonomia, a capacidade de trabalhar em grupo, a capacidade de tomar decisões, o compromisso de cumprir prazos e a responsabilidade de produzir tecnologia e conhecimento com qualidade, para benefício dos estudantes e professores que farão uso dos recursos. Por exemplo, para o desenvolvimento dos OA, os estudantes de Engenharia precisam exercitar a sua criatividade, pois a intenção é produzir um recurso educacional que tenha coerência pedagógica, mas que possa motivar os estudantes quanto ao seu uso e à aprendizagem dos assuntos envolvidos, isto é, que seja atrativo. Acreditamos que o pensamento para a inovação é desenvolvido durante toda a experiência dos estudantes ao longo da disciplina,

mas é possível que este seja um momento em que o desenvolvimento de tal competência seja potencializado. Para orientá-los durante a prática do pensamento inovador, a Computação oferece conhecimentos que são articulados em disciplinas como a Engenharia de Software ou em suas subáreas, tais como Projeto, Design e Qualidade de Software.

Conforme os relatos dos participantes, foi uma experiência diferenciada e muito gratificante. Houve constante troca de experiências e conhecimentos entre eles, além disso, novos OA foram idealizados. Esperamos, em breve, relatar novos resultados desta experiência.

Análise da experiência da integração

Apresentamos neste artigo um relato de experiência sobre uma prática educacional baseada em desenvolvimento de projetos e problemas. Esta prática busca integrar os saberes da Física e da Engenharia de Computação em prol da produção de conhecimentos e tecnologias para o ensino-aprendizagem de temas da Física Moderna e Contemporânea para estudantes do Ensino Médio e Fundamental.

Verificamos que a estratégia baseada em projetos e problemas possibilitou a formação de parcerias de trabalho entre os estudantes da graduação de Engenharia de Computação e os do MNPEF, promovendo a integração de saberes. Apresentamos aqui alguns dos produtos que vêm sendo desenvolvidos a partir desta integração. Esperamos que novas turmas no MNPEF sejam ofertadas, que a parceria entre a Computação e a Física permaneça contribuindo de forma significativa para a produção de conhecimentos e tecnologias que beneficiem o processo educacional do Ensino Médio e Fundamental.

4. DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA A INOVAÇÃO NOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA: MÉTODOS E MODELOS

As concepções teóricas para o desenvolvimento das competências para a inovação nos estudantes de engenharia no contexto de projetos são contemporâneas e na maioria das vezes articuladas com teorias de aprendizagem e correlatas. A construção de modelos surge dos princípios da aprendizagem e da prática e se consolida à medida que a sua aplicação em campo ganha adeptos e resultados. Contudo, o desenvolvimento de resultados inovadores pelos estudantes precisa ultrapassar os aspectos técnicos. Com isso, é fundamental que as formulações conceituais e metodológicas tratem de equilibrar o desenvolvimento de aspectos técnicos e não técnicos, para que o estudante tenha condições de gerar resultados para a sociedade repleta de desafios complexos. Nesta seção são apresentadas duas abordagens metodológicas, sendo que uma abordagem propõe a utilização da metodologia de aprendizagem ativa PjBL, estruturada segun-

do as diretrizes do Alinhamento Construtivo de Biggs e utilizando as dimensões dos processos cognitivos, como forma de estabelecer objetivos de aprendizagem alinhados às atividades e às avaliações, explorando ainda os níveis elevados do domínio cognitivo e das dimensões do conhecimento. Na segunda abordagem, o uso de imagens para a aprendizagem no contexto multimodal é adotado para trabalhar a motivação intrínseca, que é uma das bases para o desenvolvimento das competências para a inovação.

4.1 O Alinhamento Construtivo de Biggs e Taxonomia de Bloom na estratégia PjBL

A educação discursiva, tradicionalmente centrada no professor, pode equipar os estudantes com conhecimento factual e competência para solução de problemas mas, inquestionavelmente, é inadequada para desenvolver atributos como valores éticos, capacidade de comunicação, gerenciamento de conflitos, trabalho em equipe, capacidade de avaliação e autoavaliação e percepção dos impactos sociais, culturais e ambientais do trabalho profissional, quesitos estes de destaque no perfil profissional do engenheiro atual (RUGARCIA, 2000; FELDER, 2000a; FELDER, 2000b; FELDER, 2000c). Pode-se, adicionalmente, destacar que também não são trabalhadas pela educação discursiva as competências para o desenvolvimento de inovações (INNOVATION, 2016), altamente demandadas pela sociedade no momento atual.

A inovação pode ser definida como a aplicação de novas ideias a produtos, processos ou outros aspectos das atividades de uma empresa conduzindo a um “*aumento*” de valor, aqui considerado em forma ampla, incluindo o valor agregado à empresa e também benefícios aos consumidores ou outras empresas. A inovação pode envolver a introdução de novos produtos, mudança qualitativa significativa em produtos existentes ou introdução de novos processos para a elaboração e/ou entrega de bens e serviços. Ela envolve a prática da pesquisa, em que novos fenômenos são descobertos e novas aplicações de fenômenos conhecidos são realizadas. Denomina-se, normalmente, *invenção* científica como a caracterização de novos conhecimentos científicos e a *inovação* tecnológica como um produto inédito possuindo valor de uso, um novo produto para o mercado, com valor comercial, mediatizado pelo desenvolvimento e implantação dos processos de produção e distribuição (SILVEIRA, 2005). Registra-se, na literatura, consenso sobre quatro grandes competências transversais necessárias ao perfil do engenheiro inovador (*soft skills*) – Criar, Comunicar, Comercializar e Visão Sistêmica da Engenharia –, cada qual com 12 subdivisões, totalizando 48 competências transversais (*Innovation Engineering Skills*) (INNOVATION, 2016), cuja formação e reforço demandam cursos específicos, como os ofertados por algumas universidades (MAINE, 2016; UNIVERSITY, 2016).

Questiona-se então que procedimentos, metodologias e visões pedagógicas podem ser utilizados na educação em engenharia, ultrapassando as clássicas posturas expositivas e conduzindo à formação de perfis profissionais que melhor respondam às demandas da sociedade. E, neste contexto particular, como trabalhar então a educação em engenharia para a formação de engenheiros inovadores?

Entre as relações de ensino-aprendizagem possíveis para construção destes novos perfis destaca-se o *Alinhamento Construtivo* de Biggs (BIGGS, 2014), uma postura para o ensino em que os conhecimentos que os estudantes devem construir, e de que forma irão expressá-los, são claramente colocados anteriormente ao início do processo de sua construção. Sua estruturação deve possibilitar que os estudantes se engajem na busca destes impactos; as avaliações devem possibilitar julgamentos, claros e objetivos, sobre a proporção de alcance das metas de aprendizagem colocadas. Importante aspecto, neste processo, está associado ao correto estabelecimento dos objetivos educacionais que deverão gerar os impactos desejados na formação do perfil profissional dos estudantes. Um procedimento possível para estabelecimento destes objetivos educacionais é a utilização da *Taxonomia de Bloom* (ANDERSON, 2001), que categoriza os níveis de habilidades de raciocínio necessários em situações de aprendizagem, dividindo os objetivos educacionais nos domínios “cognitivo”, “afetivo” e “psicomotor”, possibilitando formas mais holísticas de educação. No domínio “cognitivo”, são sugeridas seis dimensões, cada qual exigindo maior nível de abstração dos alunos, em graus crescentes de complexidade: Lembrar (*Remember*), Entender (*Understand*), Aplicar (*Apply*), Analisar (*Analyse*), Avaliar (*Evaluate*) e Criar (*Create*). Adicionalmente, verifica-se que as estratégias indutivas de aprendizagem, com destaque para a Aprendizagem Baseada em Projetos - PjBL, se adequadamente estruturadas, podem trabalhar parcialmente as competências necessárias ao perfil profissional do engenheiro inovador (SILVEIRA, 2005). Uma estruturação adequada para uma estratégia PjBL deve focar nas dimensões cognitivas mais elevadas da *Taxonomia de Bloom*, especialmente seu nível mais complexo – Criar –, bem como reforçar a capacidade de comunicação dos envolvidos, competências estas consideradas de destaque no perfil de um engenheiro inovador.

O artigo ilustra a aplicação destas categorias a uma estratégia PjBL para desenvolvimento de um Heliodon, equipamento para estudos de insolação de edificações, destinado ao Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade – ECOS, do curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). O projeto envolveu uma equipe multidisciplinar de 15 estudantes, oriundos dos cursos de Engenharia Elétrica, Arquitetura, Engenharia Civil e Engenharia de Produção e teve a duração de um ano. Os resultados mostram que as dimensões do processo cognitivo de alto nível da *Taxonomia de Bloom* foram reforçadas, trabalhando adicionalmente dimensões cognitivas associadas à engenharia de inovação, como Criar e Comunicar, reforçando um perfil profissional moderno e inovador.

Metodologia

De acordo com estas diretrizes buscou-se estabelecer, ao início do projeto, e de forma conjunta com os alunos, os impactos esperados na formação de seu perfil profissional, por eles colocados, e socializados com os demais integrantes do grupo, utilizando-se formulários específicos e buscando visão de consenso. No “Formulário de Acompanhamento de Projetos” devem ser informados o objetivo do projeto, conhecimentos técnicos desenvolvidos, competências transversais trabalhadas/reforçadas no projeto, formas de avaliação da formação técnica e das competências transversais dos participantes. No “Formulário de Avaliação/Autoavaliação” são avaliadas a preparação para as reuniões de trabalho, responsabilidade com a aprendizagem, participação nas atividades, trabalho em equipe, capacidade de comunicação, profissionalismo, reflexividade sobre a aprendizagem, pensamento crítico e capacidade de ensino. No “Formulário de Competências” devem ser especificados, para cada etapa do projeto, quais conhecimentos técnicos e competências transversais serão nela trabalhadas (GOMES, 2015). Considerando-se os níveis da *Taxonomia de Bloom*, os verbos associados e as discussões engendradas pelos formulários de projetos, buscou-se traçar objetivos educacionais que priorizassem seus níveis mais elevados – Analisar, Avaliar, Criar. Os procedimentos de avaliação e autoavaliação têm destaque especial, pois ocupam posição elevada na escala de Bloom, reforçam a metacognição e serão atividades constantes na vida profissional de qualquer engenheiro.

Seguindo os conceitos e sistematizações propostas na *Taxonomia de Bloom* e as diretrizes do *Alinhamento Construtivo de Biggs*, os impactos educacionais para o projeto foram estabelecidos de forma a contemplar totalmente os níveis superiores das dimensões do processo cognitivo, envolvendo a formação técnica e o reforço das competências transversais dos participantes. Adicionalmente, buscou-se alinhar os impactos educacionais esperados com as atividades planejadas, de acordo com o *Alinhamento Construtivo de Biggs*:

“Ao final do projeto seus integrantes serão capazes de ...

- **Entender** (*Entender*) a dinâmica de um sistema solar e sua movimentação em relação às regiões da Terra; **compreender** (*Entender*) a dinâmica do simulador;
- **Entender** (*Entender*) o módulo Arduino, motores de passo, interfaceamento em Java e módulos de conversão de dados; **compreender** (*Entender*) os principais softwares para esta aplicação;
- **Interpretar** (*Entender*), **calcular** (*Aplicar*) e **determinar** (*Aplicar*) a sintonia de algoritmos PID para controle do Heliodon;
- **Analisar** (*Analisar*) opções de materiais, equipamentos e softwares e **decidir** (*Avaliar*) pelas mais adequadas;
- **Planejar** (*Criar*) um módulo físico que represente a dinâmica solar; **selecionar** (*Analisar*) motores de passo adequados; **calcular** (*Aplicar*) valores corretos para o posicionamento do Sol na planta; **conceber** (*Criar*) a operacionalização do sis-

tema;

- **Operar** (*Aplicar*) como integrante efetivo de equipe de projeto multidisciplinar, com responsabilidades de **avaliar** (*Avaliar*) os pares e se **autoavaliar** (*Avaliar*);
- **Construir** (*Aplicar*) o módulo físico, **criar** (*Criar*) o ambiente de interface e **produzir** (*Aplicar*) um tutorial para sua utilização;
- **Criticar** (*Avaliar*) as escolhas realizadas e **avaliar** (*Avaliar*) mudanças no projeto.”

Associou-se, aos verbos utilizados – para efeitos ilustrativos – as dimensões do processo cognitivo correspondentes da *Taxonomia de Bloom* (em vermelho), que foram exigidas dos alunos nas diversas atividades desenvolvidas durante o projeto. Segundo Felder (FELDER, 2000a), as atividades didáticas convencionais e expositivas raramente vão além do nível 3 (*Aplicar*). Os níveis 1-3 são conhecidos como “competências de nível inferior” e os níveis 4-6 como “competências de nível superior”. Cursos de graduação de engenharia alcançam, normalmente, até o nível 3; pesquisas em programas de engenharia, nos EUA mostraram que 80% dos problemas e tarefas trabalhadas pelos estudantes (2.345 casos de um total de 2.952) estavam nos níveis 1-3 da *Taxonomia de Bloom* (FELDER, 2000b).

Resultados

Foram avaliados os seguintes impactos educacionais na formação do perfil profissional dos participantes do projeto: necessidade da aquisição de novos conhecimentos técnicos para desenvolvimento do projeto, exercício do trabalho em equipe, solução de situações imprevistas e criatividade, gerenciamento de conflitos, reforço da capacidade de comunicação e de avaliação/autoavaliação.

A ocorrência destas situações, impactando a formação do perfil profissional, ocorreu de forma majoritária durante o desenvolvimento do projeto, na avaliação dos participantes (Figuras 2.14, 2.15 e 2.16). A busca e construção de novos conhecimentos, por exemplo, obteve 100% de indicações positivas, enquanto os demais itens ficaram em valores oscilando na faixa de 70% a 94%. Os resultados mostram que os objetivos educacionais estabelecidos, alinhados às atividades integrantes do projeto, na visão dos próprios envolvidos no desenvolvimento do projeto, permitiram trabalhar não só os conhecimentos técnicos (*hard skills*), mas também as competências transversais (*soft skills*).

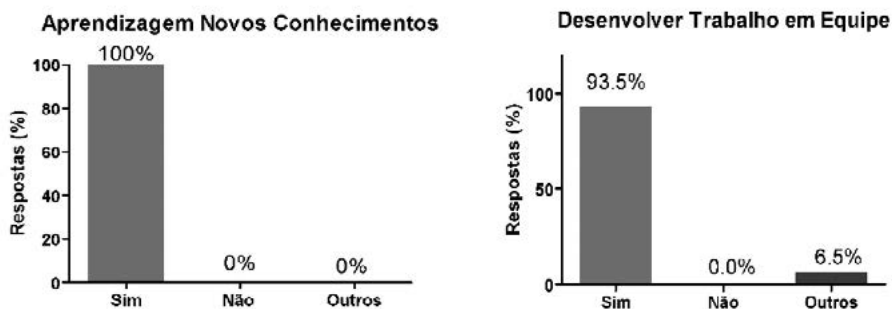


Figura 2.14 - Novos Conhecimentos e Trabalho em Equipe
 Fonte: Autores (2016).

Análise da experiência da metodologia

A educação em engenharia, para formação de perfis profissionais adequados às demandas atuais, exige procedimentos, metodologia, visões e estratégias inovadoras, com posturas ativas e aprendizagem indutiva. Estratégias como o PjBL, por exemplo, estão se revelando adequadas a esta finalidade, mas sua correta implementação exige posturas e bases conceituais adequadamente estabelecidas, possibilitando o alcance dos impactos educacionais desejados. O *Alinhamento Construtivo de Biggs*, associado à *Taxonomia de Bloom*, possibilita estabelecer objetivos de aprendizagem alinhados às atividades, focando nas dimensões mais elevadas do processo cognitivo e do conhecimento, como a metacognição. Adicionalmente, competências como Criar e Comunicar, que podem ser priorizadas em uma estratégia PjBL, ajudam a consolidar um perfil de engenheiro inovador e vão, parcialmente, ao encontro das características trabalhadas na Engenharia de Inovação.

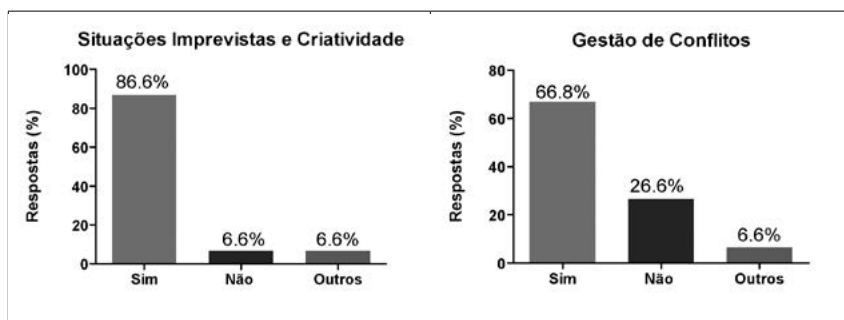


Figura 2.15 - Situações imprevistas e gestão de conflitos
 Fonte: Autores (2016).

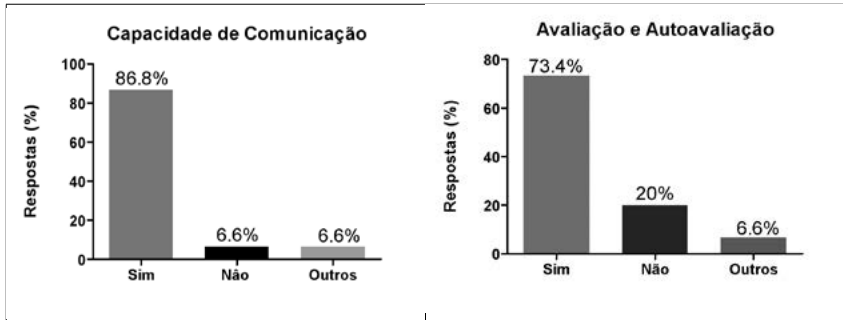


Figura 2.16 - Capacidade de comunicação e avaliação/autoavaliação
 Fonte: Autores (2016).

A experiência abordada no artigo foi realizada em um projeto extracurricular, com alunos de cursos distintos, e sem necessidade de se prender aos rígidos ditames burocráticos, prazos e formalidades disciplinares curriculares. Não existe, contudo, qualquer impedimento à sua generalização às disciplinas curriculares convencionais, como atestam situações vivenciadas pelo autor que disponibilizou, em conjunto com outro docente, durante alguns semestres, o oferecimento de cursos segundo a estratégia PjBL, contemplando inicialmente uma disciplina e, posteriormente, de forma integrada, em caráter multidisciplinar, duas disciplinas do curso de Engenharia Elétrica da UFJF (PINTO, 2012a; PINTO, 2013; PINTO, 2012b, PINTO, 2012c). Embora o projeto tenha tido solução de continuidade, por razões burocráticas e administrativas, vale registrar que a receptividade entre os alunos foi excelente, e as avaliações, ao final dos cursos, mostraram resultados extremamente positivos. Tais experiências, infelizmente, encontram-se, no momento, paralisadas, pois há diversos fatores – fora da governabilidade dos professores envolvidos – associados a questões curriculares burocráticas e administrativas que impedem seu prosseguimento, com prejuízos inegáveis para os alunos.

Uma análise dos resultados obtidos mostra que os conhecimentos técnicos dos participantes, bem como suas competências transversais, foram reforçados pela utilização das estratégias adotadas para o desenvolvimento das atividades. Estas competências, integrantes do perfil profissional do engenheiro atual, não são trabalhadas, normalmente, nos procedimentos convencionais de aulas expositivas e envolveram o aprendizado interdependente, trabalho em equipe, gerenciamento de situações imprevistas e criatividade, gestão de conflitos, reforço da capacidade de comunicação e capacidade de avaliação/autoavaliação. É válido observar que as duas competências associadas ao perfil do engenheiro inovador, que são Criar e Comunicar, foram extensamente trabalhadas durante o projeto, com cerca de 90% de respostas positivas, apontadas pelos alunos envolvidos, informando que tiveram necessidade de praticá-las durante o desenvolvimento do projeto, reforçando a capacidade de inovação.

Pode-se colocar, como conclusão final, que a experiência mostrou ser possível utilizar procedimentos inovadores, com aprendizagem indutiva e postura ativa dos alunos na formação de seus conhecimentos e que possibilitam construir perfis profissionais de egressos que respondam às necessidades da sociedade, incorporando ainda competências necessárias a um engenheiro inovador.

4.2 Image Based Learning

Um fato que ocorre com certa frequência em cursos de engenharia é a falta de interesse em determinados temas, percebidos pelos estudantes como conteúdos de menor relevância para a sua carreira profissional. Um exemplo desta situação são os conteúdos de eletricidade no curso de Engenharia Civil. Eventualmente este fato é agravado pela adoção de uma abordagem teórica, sem o necessário estabelecimento do vínculo entre a teoria e o dia a dia do profissional engenheiro, o que dificulta a identidade do estudante com o docente.

A alternativa do uso de técnicas de aprendizagem ativa eficazes em termos motivacionais, tais como abordagem baseada em projetos, nem sempre pode ser adotada devido ao pouco conhecimento técnico sobre o tema da disciplina, à quantidade de conteúdos programáticos previstos ou aos objetivos educacionais, que podem não se situar nos patamares de maior complexidade da *Taxonomia de Bloom* (criar/projetar) (BLOOM; KRATHWOHL, 1956; KRATHWOHL, 2002).

A exploração da criatividade e espírito inovador dos estudantes para a realização de um projeto cujo objetivo é a mobilização para o aprendizado dos temas que serão abordados na disciplina é a premissa básica utilizada no desenvolvimento da metodologia *Image Based Learning* (IBL), que será apresentada nesta seção.

Aprendizagem Baseada em Imagens (IBL)

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) definem Aprendizado Significativo como o processo por meio do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva à estrutura cognitiva do estudante. Estes autores sustentam que o aprendizado significativo por recepção emerge nos estágios mais avançados de maturidade cognitiva, caracterizando-se como a forma mais simples e eficiente de aquisição de conhecimento.

Os métodos de aprendizagem por recepção tipicamente utilizados em cursos de engenharia apresentam grande eficácia apenas para um grupo de estudantes que, pelo fato de se sentirem intrinsecamente motivados, realizam o

esforço cognitivo necessário para a aprendizagem significativa. Isto é, caso se desconsidere a atitude/motivação dos estudantes, perde-se a oportunidade de aumentar o percentual de estudantes que aprendem de forma significativa. A metodologia de Aprendizagem Baseada em Imagens, além de se fundamentar na Teoria da Aprendizagem Significativa, está ancorada nos seguintes fundamentos relacionados ao uso de imagens e à motivação:

- **Estilos de aprendizagem:** a dimensão visual-verbal está presente em diversos instrumentos de avaliação de estilos de aprendizagem; Felder e Soloman (2004) recomendam o uso simultâneo de imagens e textos com o objetivo de contemplar todos os estudantes, independentemente de suas características individuais.
- **Teoria da carga cognitiva** (PAAS; RENKL; SWELLER, 2003; VAN MERRIËNBOER; SWELLER, 2010): propõe que sejam utilizados simultaneamente o canal visual-não verbal (imagens) e o canal auditivo-verbal (narração) com objetivo de reduzir a carga cognitiva.
- **Design instrucional** (CANTO *et al.*, 2013; CLARK; MAYER, 2011): o uso da multimodalidade é considerado uma boa prática no projeto de objetos de aprendizagem, capaz de reduzir o risco de sobrecarga cognitiva.
- **Teoria da autodeterminação** (KYNDT *et al.*, 2011; RYAN; DECI, 2000; VANS-TEENKISTE; LENS; DECI, 2006): há uma relação direta entre a aprendizagem e a motivação dos estudantes.

A metodologia proposta pode ser utilizada de diferentes formas, dependendo da natureza dos objetivos educacionais estarem focados no domínio do conhecimento, no domínio das habilidades ou no domínio das atitudes. O contexto apresentado nesta seção contempla uma situação em que a metodologia IBL é utilizada com enfoque no domínio das atitudes (motivação, empreendedorismo, inovação).

Apesar de constarem nos Projetos Pedagógicos os objetivos educacionais no domínio das atitudes raramente são referenciados nos planos que detalham a forma como o Projeto Pedagógico é implementado no dia a dia. E, quando o são, normalmente são estabelecidos numa grade curricular contendo planos de disciplinas desenvolvidos dentro de uma concepção focada em objetivos cognitivos. Isto é, muitas vezes as atitudes são trabalhadas de forma subjacente à metodologia de ensino e aprendizagem utilizada. Por exemplo, o tipo de atitude que é estimulado numa aula expositiva (aprendizagem por recepção) é diferente da atitude estimulada quando se utiliza aprendizagem “por projeto”; e a atitude trabalhada num projeto “em grupo” será diferente da atitude trabalhada num projeto individual.

A complexidade de se desenvolver um perfil inovador em engenharia reside no fato de que a inovação tecnológica requer o conhecimento do estado da arte

atual, sob pena de se despendere energia para descobrir tecnologias que já existem. Isto é, até se chegar ao nível de inovação tecnológica é necessária uma atitude voltada para a aquisição de conhecimento, o que, dependendo da situação, pode significar um período superior aos cinco anos de um curso de graduação. Dois fatos agravam esta situação:

- A alternativa de aprendizagem por recepção possui grande eficiência em termos de aquisição de conhecimentos, desde que exista a atividade cognitiva adequada. No entanto, o estímulo para atividade cognitiva não é suficiente para que se desenvolva um comportamento ativo em termos de empreendedorismo e inovação.
- A atitude voltada para a inovação nem sempre é compatível com “aprender o que já existe”. Pelo contrário, muitas vezes a atitude inovadora está associada ao rompimento com os paradigmas existentes.

A metodologia de Aprendizagem Baseada em Imagens teve sua gênese na necessidade de trabalhar a motivação dos estudantes, portanto possui um forte viés relacionado ao domínio das atitudes. Além disto, foi desenvolvida num contexto em que o nível cognitivo dos estudantes (disciplinas básicas de engenharia) dificilmente possibilitaria explorar a inovação tecnológica.

Isto é, o objetivo da metodologia apresentada no contexto deste trabalho é “desenvolver uma atitude inovadora” (e não “aprender sobre inovação”).

Para tanto, os estudantes são submetidos a uma situação problema cuja solução eles desconhecem: produzir imagens que ilustrem o problema e um site que proponha uma solução.

Neste sentido, assume-se o seguinte conceito de inovação:

“Inovar é explorar uma nova oportunidade ou resolver um problema através de uma solução até então desconhecida no contexto em que a oportunidade ou problema se apresentaram, gerando resultados melhores do que aqueles obtidos na condição anterior”.

A metodologia IBL foi também concebida considerando aspectos de viabilidade econômica, pois pode ser utilizada em larga escala (estudantes/professor) e com investimento zero, pois os estudantes utilizam seus próprios equipamentos (celular, computador, internet) e serviços gratuitos de hospedagem.

Ao trabalhar a atitude inovadora, a metodologia IBL utiliza o sistema de avaliação para simular as condições de competitividade existentes nas condições reais em que uma inovação se desenvolve.

A seguir a metodologia é descrita de forma genérica e, na próxima seção, será apresentada na forma de um estudo de caso.

- Os estudantes devem produzir imagens e sites, que são avaliados, reforçan-

do o conceito de que a inovação deve, necessariamente, agregar valor.

- Um processo de “avaliação de pares” permite que estudantes vivenciem o conceito de valor agregado pela inovação de duas formas: como autor e como avaliador.
- A “avaliação de pares” é também uma forma de viabilizar o uso da metodologia em turmas grandes, pois a avaliação feita pelo docente seria fator limitante do número de estudantes por turma;
- Cada trabalho produzido é avaliado por três colegas.
- Cada estudante avalia três trabalhos, devendo atribuir conceitos diferentes a cada um deles (A, B e C). O objetivo dos conceitos diferenciados é a criação de um ambiente de competição que, além de motivar os estudantes, visa a demonstrar que a competitividade é um dos objetivos dos processos de inovação.
- O docente atua coordenando o processo e resolvendo eventuais discordâncias ou inconsistências no processo de avaliação.

Na seção a seguir serão apresentados os resultados encontrados com o uso experimental desta metodologia.

Estudo de caso

Para avaliar a metodologia IBL, foi realizado um estudo de caso envolvendo a disciplina “Eletricidade C”, ministrada para estudantes do Curso de Engenharia Civil – Escola de Engenharia da UFRGS. Historicamente esta disciplina tem sido alvo de críticas relacionadas à falta de interesse dos estudantes, razão pela qual se optou por experimentar a metodologia IBL como um recurso motivacional.

A tarefa inovadora proposta foi a criação de um site contendo imagens que expusessem o uso da eletricidade na Engenharia Civil. As seguintes especificações foram apresentadas:

- **Imagens:** produção de 3 a 6 imagens que ilustrem o uso de eletricidade na Engenharia Civil. As imagens devem ser de autoria do grupo, disponibilizadas sob licença “Domínio Público” no site www.flickr.com, contendo os tags “Eletricidade” e “ENG04054” (código da disciplina).
- **Site:** produção de um site no qual as imagens produzidas sejam utilizadas para justificar a existência de uma disciplina obrigatória que aborde o tema eletricidade.
- **Avaliação:** a avaliação dos sites produzidos é uma nota média calculada a partir das notas atribuídas por pares (três ou mais colegas de disciplina). A não execução da tarefa dentro do prazo resulta em nota zero. Após a entrega das

imagens e dos sites, cada estudante avalia o trabalho de três grupos, atribuindo conceitos diferentes (A para o melhor, B para o segundo melhor e C para o terceiro). “Ponto extra” para os melhores sites.

Este desafio possui as principais características das situações que exigem uma abordagem inovadora: há um problema ou oportunidade que exigem atenção, há riscos e recompensas e a solução não é conhecida. Assim como em grande parte das situações reais da carreira de engenheiros, a solução requerida possui um caráter de “inovação no contexto”, isto é, as soluções já existem, no entanto são desconhecidas no contexto em que o problema ou oportunidade foram identificados. Outra característica frequente das situações que exigem inovação é a necessidade de buscar alternativas interdisciplinares: a falta de motivação para o estudo de eletricidade na Engenharia Civil muitas vezes é decorrente da percepção (equivocada) de que esta disciplina não faz parte do dia a dia do engenheiro civil; a execução deste desafio induzirá a uma reflexão sobre este tipo de paradigma, que muitas vezes bloqueia o pensamento inovador.

Os 175 estudantes matriculados criaram 118 sites sobre “Eletricidade na Engenharia Civil” e registraram 541 imagens classificadas como “Domínio Público” (consulte o site <https://www.flickr.com/photos/tags/ENG04054>).

A qualidade dos trabalhos apresentados evidenciou o empenho em vencer o desafio apresentado, trazendo um conjunto de contribuições inovadoras não apenas para estudantes, mas também para a disciplina e para a comunidade docente que deseja ilustrar o uso da eletricidade na Engenharia Civil. Podem ser vistos na Figura 2.17 alguns exemplos de aplicação que foram trazidos pelos estudantes: uso de sistemas do tipo motor-gerador no projeto de prédios, projeto de postes e torres de transmissão, projeto de instalações elétricas prediais, grandes projetos interdisciplinares (hidroelétrica) e ferramentas utilizadas no dia a dia de uma obra.

Foi aplicada uma pesquisa de opinião na qual se obtiveram os seguintes resultados:

- 90,78% dos estudantes consideram a disciplina motivadora (57,89%) ou muito motivadora (32,89%).
- 60,53% dos estudantes consideraram verdadeira a afirmativa “a criação de imagens e produção de um site sobre Eletricidade na Engenharia Civil estimulou a reflexão sobre a relevância da disciplina”.



Figura 2.17. Exemplos de Imagens produzidas pelos estudantes
Fonte: Autores (2016).

5. DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA A INOVAÇÃO NOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA POR MEIO DE PROJETOS INTERDISCIPLINARES

A utilização de atividades multidisciplinares é uma das maneiras de buscar o desenvolvimento do perfil desejado nos estudantes de engenharia, estimulando o trabalho individual e em equipes, conforme sugere o artigo 5 da Resolução CNE/CES 11 de 2002. Estas atividades, quando estão organizadas em projetos interdisciplinares, e não multidisciplinares, favorecem a integração de conteúdos e fortalecem o pensamento mais amplo dentro do contexto curricular. Nesta seção são apresentados dois estudos para o desenvolvimento da inovação por meio de projetos interdisciplinares. No primeiro estudo é apresentada uma estratégia para que seja facilitada a formação de perfil do estudante para inovação. É proposta a formação de um ambiente de aprendizagem baseado em projeto que favoreça atitudes e permita desenvolver habilidades durante o processo de execução do projeto. A partir do relato de uma experiência pedagógica realizada para o desenvolvimento de um protótipo de um robô modular bioinspirado é descrito o ambiente de aprendizagem, as regras, o processo, a avaliação, os resultados e incluídos depoimentos dos estudantes que participaram de diversos cursos de

engenharia e do curso de Desenho Industrial da Universidade de Brasília. Por fim, considerações acerca da experiência, incluindo desafios, dificuldades e ganhos são realizadas. No segundo estudo é apresentada uma metodologia de aprendizagem para os cursos de engenharia no UNISAL – Centro Universitário Salesiano de São Paulo. O estudo estabelece padrões para que o desenvolvimento dos cursos ocorra de acordo com as necessidades do mercado, principalmente no quesito prática. Dessa forma, define o curso de engenharia desenvolvido por meio de projetos no qual se concebe, projeta, implementa e opera uma solução prática no ambiente acadêmico.

5.1 Ambiente de Aprendizagem Baseada em Projeto para formação do perfil inovador

Nas organizações a inovação é fundamental para a competitividade. Muitas pesquisas focam em como melhorar os processos de inovação. Mas, e quanto ao profissional de perfil inovador?

Sobre processos de inovação em empresas, Carlomagno (2010) definiu quatro fases, a saber: idealização, conceituação, experimentação e implementação.

Braga (2016) mostra que cada fase pode definir um perfil, que demanda competências distintas dos profissionais capazes de inovar: (i) idealizador – aquele que apresenta visão sistêmica, possui capacidade de identificar problemas e obter soluções; (ii) conceituador – possui capacidade de interligar as diferentes áreas de conhecimentos envolvidas, organizando ideias na forma de um projeto; (iii) experimentador – possui capacidade de identificar incertezas, superar limitações e desafios; e (iv) implementador – possui capacidade de criar estratégias e cumprir metas visando ao prazo, custos e escopo.

Por outro lado, muito se ouve sobre a necessidade de um profissional ser criativo para inovar e também sobre como a formação tradicional inibe esse requisito. Ser inovador não consiste em um talento nato, mas em um conjunto de competências a serem desenvolvidas (SCHEER, 2014). Mas, como gerar competências que induzam esse resultado? Silveira apontou uma direção:

Partindo da hipótese de que a melhor maneira de gerar uma competência é expor o aluno às atividades contextualizadas que a exigem (de forma gradativa e organizada, evidentemente), percebe-se a relevância das metodologias didáticas que imergem os alunos em um ambiente gerador de inovações e promovem o seu contato direto com o mundo das empresas e a indústria (SILVEIRA, 2005, p. 97).

A abordagem PBL (Project Based Learning) possibilita a construção de ambientes de Aprendizagem Baseada em Projetos para relacionar conteúdos interdisciplinares de forma integrada. É uma forma de aprendizagem ativa, colaborativa e natural, na qual o estudante cria sua própria situação de aprendizado durante o processo de desenvolvimento do projeto e a equipe é o cerne do ambiente de aprendizagem. Enquanto atitudes são requeridas para a consecução do projeto,

habilidades e competências podem ser criadas e trabalhadas.

Uma maneira de implementar a abordagem PBL nos cursos tradicionais de engenharia da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília se verificou através de projetos integradores formalizados por meio de disciplinas optativas, integrando outras disciplinas no desenvolvimento de um projeto em conjunto (VIANA *et al.*, 2011).

É apresentada uma proposta, neste trabalho, que facilita a formação de competências para inovação na engenharia, com base na construção de um ambiente de aprendizagem apoiado no desenvolvimento de um projeto por uma equipe interdisciplinar. O processo de elaboração do projeto é realizado de forma colaborativa e autônoma. Os estudantes definem seus papéis dentro da equipe e as estratégias para solução dos problemas por meio de um plano de ação.

Formação do ambiente de aprendizagem

Para criar o ambiente de aprendizagem é desejável:

- Definir o projeto a ser desenvolvido – real, passível de inovação tecnológica, apelo social e captação de recursos para a execução.
- Criar uma estrutura organizacional que reúna beneficiados pelo projeto, desenvolvedores e aprendizes – os estudantes –, e apoiadores – os docentes responsáveis pelo ambiente de aprendizagem.
- Desenvolver um plano de acompanhamento e avaliação da aprendizagem e dos resultados técnicos do projeto ao longo do processo de realização do projeto.
- Associar o projeto às atividades curriculares, disciplinas ou projetos de extensão com concessão de créditos.
- Obter apoio institucional.

O tema do projeto

O tema do projeto deve ser atual e desafiador, um exemplo que será explorado nesta experiência consiste na construção de um protótipo de um robô constituído por módulos idênticos que, quando arranjados em configuração apodal, com os movimentos inspirados na locomoção de ofídios, o robô pode ser aplicado em locais remotos, como situações de busca de vítimas em escombros ou inspeção de tubulações, nas quais é necessário transpor obstáculos ou se locomover em ambientes confinados.

Soluções relacionadas ao suprimento de energia, à comunicação, à locomo-

ção em ambientes empoeirados ou úmidos, para prover conexões automáticas, a fusão de sensores, a autorreconfiguração são questões que fomentam o interesse dos estudantes participantes na pesquisa e inovação tecnológica, nesse caso em particular.

Envolvidos no projeto

Os professores, pelo menos dois, promovem a organização do ambiente de aprendizagem, participam na orientação, supervisão e avaliação das atividades – um dos quais atua como coordenador geral- e os estudantes participam como executores do projeto, constituindo, por sua vez, a equipe de desenvolvimento.

A constituição da equipe de estudantes pode ser feita a partir de um núcleo inicial, também de pelo menos dois estudantes, selecionados pelos professores responsáveis pelo ambiente de aprendizagem.

Embora sob orientação e supervisão dos professores, a equipe de estudantes é autônoma em sua constituição e organização a partir do núcleo inicial. Deve ser escolhido um gerente e realizado um processo seletivo visando a complementar essa equipe, de acordo com as áreas consideradas necessárias às demandas previstas na execução do projeto.

A princípio não há um número definido para o tamanho da equipe, que dependerá mais do número de áreas envolvidas no projeto e da quantidade de tarefas previstas em cada área (curso). Podem-se indicar pelo menos dois estudantes por curso, de diferentes semestres, para incentivar trocas de conhecimento entre eles.

O processo

A metodologia adotada usa conceitos de projetos, incluindo o ciclo de desenvolvimento de trabalho, organização de documentação, identificação das regras e responsabilidades, apoiados por ferramentas de comunicação e de controle e acompanhamento de projetos.

O plano pedagógico é executado em três etapas: pré-projeto, projeto e pós-projeto.

Na etapa pré-projeto, empreendida antes do início do semestre letivo, os professores definem os objetivos de ensino-aprendizagem e planejam os recursos necessários à implementação do projeto de engenharia escolhido – sala, materiais, calendário de atividades, entregas e pontos de controle e formação da equipe.

Os estudantes que integrarão a equipe são matriculados em uma disciplina que comporte um projeto como metodologia de ensino-aprendizagem – no curso de Engenharia Mecânica há duas disciplinas com esta finalidade: Projeto Integrador 1 e 2, nas quais não há conteúdos programados. O conhecimento requerido para o desenvolvimento do projeto em geral é obtido de forma autônoma.

Na Universidade de Brasília as disciplinas podem ter a opção de serem aber-

tas a qualquer curso, incluídas como “de módulo livre”; dessa forma, estudantes de vários cursos podem ser matriculados.

Na etapa projeto, o problema proposto é executado pela equipe de estudantes durante o semestre letivo, em aproximadamente 15 semanas. Os estudantes e os professores fazem parte dessa fase. Esta etapa é subdividida em cinco fases com objetivos definidos para um melhor controle: iniciação do projeto, plano de projeto, execução do projeto, avaliação preliminar e conclusão do projeto.

Na iniciação do projeto os requisitos são definidos e os estudantes apresentam a proposta de projeto, o termo de abertura do projeto e as regras gerais de organização da equipe. A proposta deve ser avaliada e aprovada pela banca formada pelos professores responsáveis pela ação de ensino-aprendizagem.

São estabelecidos pelo menos quatro pontos de controle, sobre os quais a equipe apresenta os resultados para uma banca de professores ou realiza entregas agendadas (notas técnicas, relatórios).

Na etapa pós-projeto são avaliados os resultados da aprendizagem e efetuadas reflexões acerca do processo, dos sucessos e fracassos e das experiências adquiridas durante a realização do projeto.

A avaliação

Durante o desenvolvimento do projeto de engenharia os estudantes são avaliados pelas entregas realizadas e recebem o *feedback* quanto à evolução do trabalho nos pontos de controle. Os critérios levam em consideração se as tarefas foram cumpridas no prazo e com aproveitamento, se individuais ou coletivas. Ao final, são avaliados o produto (relatório e/ou protótipo), a gestão do processo de desenvolvimento do projeto e do trabalho em equipe.

A avaliação é utilizada tanto no conceito individual de cada aluno para obtenção dos créditos quanto para validação e aperfeiçoamento do processo de aprendizagem.

Implementação

O grupo EREKO é um grupo de pesquisa e extensão em Robótica Modular, originado a partir dos resultados de uma experiência pedagógica semelhante a que está detalhada neste trabalho, sucedida em 2008 com estudantes de graduação, e que visava ao projeto e à construção de protótipo de um módulo que pudesse se movimentar quando conectado a outros módulos. Desta vez, o objetivo consiste em desenvolver um novo protótipo com uma finalidade específica: um robô modular de configuração apodal inspirado no movimento de uma cobra.

Nesse sentido, a aplicação da abordagem PBL aqui proposta foi motivada pela necessidade de se organizar uma equipe que trabalhasse de forma integrada e colaborativa para desenvolver e construir o protótipo.

Robôs modulares são uma solução da robótica móvel que consiste em máquinas autônomas com base em módulos independentes que podem mudar a

maneira como estão arranjados, sendo, portanto, capazes de operar em diversos ambientes e situações.

O projeto de um robô modular requer conhecimentos de eletrônica, mecânica, redes de comunicação, mecatrônica, materiais e desenho industrial. Este possui potencial para inovação e as soluções para reconfiguração geométrica e locomoção requerem a integração das áreas de conhecimento, além disso motivam a criação de um grupo interdisciplinar envolvendo professores e estudantes de graduação.

A constituição da equipe para o tema de projeto abordado neste trabalho se iniciou com estudantes dos cursos de Engenharia Mecânica e Engenharia Elétrica que já trabalhavam no grupo em outros projetos.

Para esses estudantes, inicialmente seis, como parte de um processo de autonomia, foi proposto que escolhessem um gerente entre eles e efetuassem um processo seletivo visando a complementar a equipe de execução, de acordo com as áreas necessárias às demandas previstas.

Nesse sentido, antes do início do semestre letivo, coincidindo com a fase de pré-projeto do plano pedagógico elaborado para essa experiência, foram analisadas as demandas e divulgadas ofertas de vagas para estudantes de redes de comunicação, engenharia da computação, mecatrônica e desenho industrial; e realizado o processo seletivo, que incluiu mais cinco estudantes na equipe, totalizando onze estudantes, em média dois estudantes de cada curso.

Todos os estudantes foram matriculados em uma turma especial da disciplina optativa Projeto Integrador 1, de dois créditos, sob responsabilidade dos professores envolvidos no projeto.

A dinâmica do trabalho em equipe

Os estudantes se organizaram em três áreas por afinidade de funções: energia, comunicação e design e estrutura. Realizavam reuniões gerais uma vez por semana, nas quais todos tomavam conhecimento dos problemas de cada área e desenvolviam as tarefas que se complementavam em conjunto. Em alguns casos, a especialidade ou experiência prévia de membros da equipe eram consideradas sem muitas discussões, enquanto em outros pontos, todos os membros da equipe participavam e influenciavam as decisões, independente do curso ou experiência.

A equipe possuía autonomia em vários aspectos, inclusive na distribuição do tempo e tarefas. Não havia exigências de carga horária mínima, mas os objetivos estabelecidos, a execução das atividades com prazos de entrega definidos e a reunião semanal obrigatória, com elaboração de ata, demandavam em torno de oito horas semanais, variando de -4 horas em períodos de prova e +4 horas em períodos de apresentação de resultados.

Resultados

São considerados aspectos relacionados à concepção do projeto enquanto instrumento de aprendizagem, aspectos relacionados aos seus resultados en-

quanto um projeto de engenharia e, também, aspectos relacionados à formação de competências.

Nesta perspectiva, o projeto a ser desenvolvido é a tarefa prescrita à equipe de estudantes, mas o objetivo é desenvolver nos estudantes as habilidades e competências para realizarem tarefas complexas em conjunto. A preocupação aqui não é apenas com o produto da aprendizagem, mas com o processo que possibilita a mudança dos sujeitos envolvidos.

Enquanto produto da aprendizagem

O produto da aprendizagem diz respeito ao desenvolvimento do robô modular apodal bioinspirado: projeto, simulação, construção e teste do protótipo – Figura 2.18.

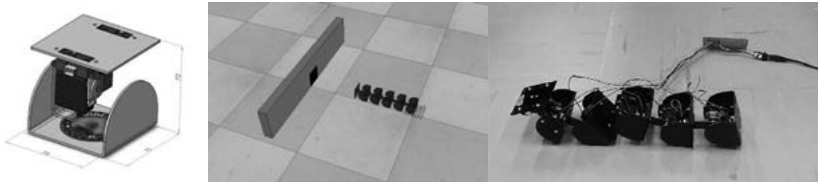


Figura 2.18. Projeto; simulação computacional e teste do protótipo.
Fonte: Autores (2016).

Envolve também a análise dos resultados e proposição de melhorias que levarão ao aperfeiçoamento do produto – Figura 2.19.



Figura 2.19. Idealizações para o segundo protótipo.
Fonte: Autores (2016).

Enquanto processo de aprendizagem

Cabe observar que o aprendizado é mais significativo quando este é construído e aplicado.

O projeto em si foi algo que gerou uma experiência totalmente nova na faculdade. Trabalhar com uma grande equipe que realmente está desenvolvendo algo que vai ser produzido gera um impacto diferente. As pessoas não estão apenas tentando passar na matéria, e, assim, a visão do problema se torna outra. Começamos a nos preocupar com o que é importante, o que pode dar errado e o que fazer para melhorar. (Matheus M. Nunes, 8º semestre de Engenharia Mecânica).

Acho que a proposta poderia ser implementada em mais cursos de Engenharia, uma vez que ela estimula a formação de uma característica essencial ao engenheiro: a capacidade de resolver problemas. O aprendizado é imenso quando o aluno é apresentado a um problema complexo e ele precisa resolvê-lo com os recursos e conhecimentos que ele tem à disposição. (Pedro Sanches, 5º semestre de Engenharia Elétrica).

Análise do desenvolvimento do ambiente

Por meio da criação de um ambiente de aprendizagem para o desenvolvimento de um robô apodal e dos resultados obtidos durante o processo de execução do projeto, foram concretizados ganhos de conhecimentos e competências discentes propiciados pelo trabalho colaborativo em equipe.

É difícil determinar em que momentos específicos durante a experiência ou durante a aplicação da metodologia é promovido o desenvolvimento do pensamento para a inovação. Também não é possível estabelecer como esse processo ocorre.

No entanto, é possível observar a qualidade dos resultados obtidos, a capacidade de análise crítica, a capacidade de propor e testar soluções.

O intuito de se utilizar abordagens como PBL é motivar a autonomia dos estudantes com a inserção deles em ambientes que possibilitem o desenvolvimento de perfis profissionais capazes de inovar.

5.2 Inovação acadêmica na aprendizagem ativa por projetos – prática interdisciplinar do UNISAL

Desde a criação dos cursos de Engenharia do UNISAL (Centro Universitário Salesiano de São Paulo), localizado na cidade de Lorena –

São Paulo, houve a preocupação com o modelo de aprendizagem empregado comumente nas instituições brasileiras de ensino. Caracterizado pelo protagonismo

do professor, esse modelo, amplamente dedicado à aprendizagem teórica, já estava sendo revisto em diversas universidades do mundo, as quais, atendendo às necessidades do mercado, propunham o processo de ensino diferenciado na priorização prática do desenvolvimento do estudante de engenharia.

A vivência profissional do núcleo docente criador dos cursos do UNISAL definiu como parte da aprendizagem dos seus estudantes o uso de projetos interdisciplinares em todos os semestres, integrando o desenvolvimento das competências do engenheiro, incluindo os conhecimentos, habilidades e atitudes pertinentes a cada atividade executada.

O objetivo deste trabalho é apresentar o modelo de ensino desenvolvido no UNISAL, destacando os projetos interdisciplinares como método ativo de aprendizagem, com reconhecimento internacional quanto à graduação do engenheiro em diversas especialidades. Este reconhecimento é parte do processo de desenvolver o ensino de engenharia por projetos e está associado a uma iniciativa mundial denominada CDIO (*Conceive – Conceber; Design – Projetar; Implement – Implementar; Operate – Operar*), organização que inclui renomadas instituições de todos os continentes que pesquisam e compartilham projetos e experiências desenvolvidas com os estudantes.

Assim, o método de pesquisa utilizado será o estudo de caso, aplicado nos cursos de Engenharia do UNISAL, descrevendo-se as características dos projetos interdisciplinares da instituição, referenciado sob o modelo desenvolvido pela *CDIO INITIATIVE* e caracterizado sob a ótica de 12 Padrões. Segundo Westbrook (1995), nos estudos de caso, o pesquisador documenta uma situação existente na organização. A principal tendência é que estes tentem esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou um conjunto de decisões foram tomados, como foram incorporadas e quais são os resultados alcançados (YIN, 2001).

De grande importância no desenvolvimento do pensamento para a inovação nos estudantes de engenharia, a prática dos projetos interdisciplinares promove um processo completo, incluindo pesquisa, discussão, organização e, principalmente, na operação de um produto, processo ou mesmo simulação, estabelecendo relação com as necessidades reais do mercado de trabalho, cada vez mais dinâmico no ramo da engenharia e tecnologia.

As considerações finais apresentam a entrada do UNISAL na INICIATIVA CDIO, sendo a primeira instituição brasileira a fazer parte de um grupo que inclui MIT, Stanford, Calgary, entre as mais de 130 instituições espalhadas pelo planeta. Mais do que isso, abordará o plano de desenvolver outras instituições no processo de transformação da aprendizagem da engenharia no Brasil, caracterizando o protagonismo do aluno.

Iniciativa CDIO

Descrita sob as etapas do desenvolvimento de um projeto, a iniciativa surgiu como um modelo diferente do tradicional, a qual deveria desenvolver as competências do engenheiro tanto na teoria quanto na prática, atendendo à demanda do mercado: a reengenharia do processo de aprendizagem. Este processo está associado ao cumprimento de 12 Padrões pela instituição de ensino. Segundo Crawley & Brodeur (2010), esses padrões são brevemente caracterizados conforme Tabela 2.2.

PADRÃO	DESCRIÇÃO
1 – Contexto	Associado ao desenvolvimento do modelo de ensino de engenharia por meio de projetos.
2 – Resultados	Os resultados da aprendizagem nas competências pessoais e interpessoais.
3 – Currículo Integrado	Desempenhar um papel ativo no currículo, propondo ligações disciplinares apropriadas.
4 – Introdução à Engenharia	Envolver a prática da engenharia na resolução de problemas desde o ingresso no curso.
5 – Experiência em Projetos	Promover a prática da engenharia em níveis crescentes de complexidade de projeto.
6 – Espaço de Trabalho	Apoiar a aprendizagem de competências para desenvolver produtos, processos e sistemas.
7 – Aprendizagem Integrada	Incorporar aos alunos questões profissionais e disciplinares de engenharia.
8 – Metodologia Ativa	Protagonizar nos estudantes o pensamento e a resolução de problemas.
9 – Formação Docente	Suporte aos docentes no desenvolvimento do contexto da prática profissional de engenharia.
10 – Competências Docente	Aprendizagem integrada, ativa e experimental, incluindo o processo de avaliação.
11 – Avaliação do Aprendizado	Avaliação de aprendizagem usa métodos de análise das competências do engenheiro.
12 – Avaliação CDIO	Julgamento do valor global com base em evidências de progresso do programa CDIO.

Tabela 2.2 – Matriz de contribuição das disciplinas
Fonte: Autores (2016).

Ainda segundo Crawley e Brodeur (2010), estes padrões descrevem as características essenciais para que um curso de Engenharia forme profissionais com as qualidades almejadas pelo mercado de trabalho atual. Como tal, eles constituem um quadro de melhores práticas para a reforma educacional, tendo em vista a expansão técnica, científica e interpessoal. Os 12 Padrões foram desenvolvidos em resposta às solicitações de parceiros industriais, líderes do programa e ex-alunos.

Para Fan *et al.* (2011), o programa CDIO é uma nova abordagem do ensino da engenharia, direcionada mundialmente após as reformas educacionais ocorridas no final do século passado na Europa e nos EUA, estimulando a aprendizagem ativa e a satisfação do aluno no processo de ensino.

Projetos interdisciplinares

De acordo com Powell e Weenk (2003), o projeto interdisciplinar através do PLE (*Project Led Education*) trata-se de uma metodologia de caráter ativo e colaborativo, capaz de melhorar o processo de ensino-aprendizagem, numa articulação direta entre a teoria e a prática, por intermédio de um projeto que culmina com a apresentação de uma solução para um problema relacionado com uma situação real/profissional.

O objetivo do projeto interdisciplinar, segundo Veraldo Jr *et al.* (2016), é desafiar os estudantes a desenvolverem soluções criativas para problemas que eles enfrentarão em seu cotidiano no mercado de trabalho. Em conjunto com as metodologias ativas de ensino, os projetos interdisciplinares são cada vez mais utilizados pelas instituições de ensino. O sucesso do projeto é proporcional ao empenho que os estudantes aplicam no desenvolvimento deste, através da utilização de materiais didáticos, consultas aos professores das disciplinas envolvidas e conversas realizadas entre os integrantes do grupo. Quanto maior o envolvimento de todos maior será o aprendizado e o sucesso na apresentação final do projeto.

Para Franzen *et al.* (2013), o projeto interdisciplinar consiste em uma metodologia de aprendizagem ativa baseada em projetos desenvolvidos a partir de um problema recorrente na área de atuação profissional do engenheiro. Assim, os projetos desenvolvidos de maneira interdisciplinar permitem que o estudante já chegue ao campo profissional com algum conhecimento prático e, também, com todas as questões que vão além da atuação profissional, como os domínios da responsabilidade e gestão de tempo e pessoas. Ainda segundo os autores, a metodologia apresentada tem o caráter ativo e colaborativo, tendo assim um novo processo de ensino-aprendizagem, com articulação direta entre a teoria e a realidade de um projeto profissional prático.

É importante salientar que segundo Lima *et al.* (2009), as abordagens dos projetos de aprendizagem devem ser revisadas periodicamente, podendo ser caracterizadas por diferentes modos de aplicação. A gestão deste processo é equivalente a gerenciar operações diferentes a cada edição com recursos escassos durante um período de tempo pré-definido. Este tipo de característica é a diferença fundamental entre a gestão de projetos e a gestão de operações, além de reforçar a necessidade de gerir estes processos como projetos.

Caso UNISAL – aprendizagem por projeto

Segundo Lourenço Jr e Veraldo Jr (2015), o atual modelo de formação de engenheiros oferece ao aluno uma representação “bidimensional”, narrativa de uma realidade que é tridimensional e complexa. Desvinculada dessa realidade, a teoria acaba perdendo o papel de importante ferramenta para sua compreensão. A consequência é que os novos cursos, desde a concepção, foram definidos a partir de outros paradigmas.

Em função disto, no ano de 2010, o *campus* Lorena decidiu pela criação de cursos na área das engenharias. Iniciou-se pelo curso de Engenharia de Produção em 2011 e, em seguida, com os cursos de Engenharia Civil, Elétrica, Eletrônica e de Computação em 2012 para, por último, em 2013, incluir curso de Engenharia Mecânica em seu portfólio. Desde o início, houve a convicção da necessidade de introdução de conteúdos práticos e contextualizados desde o início do curso como fator essencial para a assimilação dos conteúdos teóricos dentro da perspectiva de sua aplicação prática criativa.

Desde a criação dos cursos, todos os semestres (do 1º ao 8º) são contemplados com projetos interdisciplinares. Não há obrigatoriedade de realização por parte do aluno que ingressou até 2015; assim, a “reprovação” não era considerada até porque não havia a obrigatoriedade de realização do projeto. Os encontros regulares são definidos pelo integrador do projeto sem o controle de presença, porém, cabe ressaltar que o projeto representa 10% das notas das disciplinas do referido semestre.

A partir de 2016 (para os alunos ingressantes), os projetos foram incorporados à matriz curricular de todos os cursos com carga horária de 60h/semestral. Diante disso, torna-se uma disciplina com controle de avaliação e frequência, passando à condição de aprovação/reprovação. Continua também compondo 10% da nota de todas as disciplinas do semestre.

Do 1º ao 4º semestres (nível básico) os projetos são os mesmos para todos os cursos (diferentes em cada semestre). Do 5º ao 8º semestre, os projetos são

específicos por curso (também diferentes em cada semestre). No 9º e 10º, a dedicação dos alunos volta-se para o TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) e estágio obrigatório.

A cada projeto é nomeado um professor responsável pela integração com as demais disciplinas e docentes, na condição de facilitador. O número de integrantes varia de acordo com cada projeto e o número de equipes varia de acordo com o tamanho da turma. De acordo com o projeto, o período de realização é de 10 a 14 semanas, culminando na apresentação final. É elaborada uma Matriz de Contribuição das Disciplinas do Semestre de modo a explicitar de que forma cada disciplina contribui ao projeto específico. O mesmo professor responde pela definição de um cronograma de trabalho ao longo do semestre, tanto quanto pelos pontos de controle, pela avaliação e seus critérios.

Projeto interdisciplinar – construção do “SOAP CAR”

Aplicado a todos os cursos de Engenharia da instituição, este projeto interdisciplinar é específico às turmas do 3º semestre. Consiste em montar um minicarro de energia gravitacional, preferencialmente construído com materiais recicláveis, o qual funciona devido à energia potencial armazenada em um desnível de pelo menos 2 metros (podendo ser uma rampa ou rua), devendo, assim, alcançar a maior distância possível, comportando um único aluno responsável pela condução do veículo. As características do projeto são:

- Chassi deve ser construído em um *cockpit* (gaiola possuindo barra anticapotamento sendo 50 mm sobre a cabeça e 50 mm sobre os joelhos, em metal, material composto, fibra de vidro ou madeira (não é permitido o uso de plástico ou bambu).
- Chassi deve possuir suspensão no eixo dianteiro, traseiro ou integral.
- Freios deverão reter o carro na rampa.
- Sistema de direção deve possuir volante (alavancas e cabos são proibidos).
- Sistema de rodagem, dianteiro e traseiro, deve ser montado com eixos de 15 mm ou mais.
- Rodas devem ter diâmetro mínimo de 500 mm possuindo camada de borracha ou pneumática (“padrão bicicleta aro 20” ou acima).
- Carro deve possuir cinto de segurança automotivo com mínimo de três pontos de fixação.
- Chassi deve ter quatro rodas apoiadas no solo sem nenhum tipo de motorização.

O projeto estabelecido tem seu conteúdo apoiado nas disciplinas do referido semestre. Cada uma delas contribui da seguinte forma:

- CÁLCULO III – Aplicabilidade das funções reais de várias variáveis reais: definição, domínio, curvas de nível, superfícies de nível, representação gráfica. Limites e continuidade: o limite de uma função, cálculos envolvendo limites, a definição de limite, continuidade.
- RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS – Aplicabilidade de conceitos de tensão e deformação, resistência, tenacidade, ductibilidade dos materiais utilizados. Caracterização mecânica dos materiais: compressão, fadiga, flexão e fluência.
- ESTATÍSTICA E PROBABILIDADE – Aplicabilidade de Conceitos estatísticos (média, desvio padrão, moda, mediana) aplicados em séries temporais de distribuição do vento.
- TÉCNICAS COMPUTACIONAIS – Estruturação lógica de programação e aquisição de dados.
- DESENHO TÉCNICO – Desenhos em CAD do projeto do carro.
- WAC (*Writing Across Curriculum*) – Apoio a elaboração dos relatórios pertinentes como uma oportunidade de aprendizado através da escrita.

Assim, o objetivo geral do projeto é possibilitar aos alunos experimentar os conhecimentos teóricos de física: velocidade, deslocamento, tempo, carga, design e resistência. Com a elaboração e execução deste projeto, os alunos serão instigados a pensar em inovação, promovendo os cálculos para viabilizar o projeto em pequena, média e larga escala, considerando os fenômenos físicos envolvidos, desenvolvendo modelos de projeto e produção, analisando as questões técnicas e avaliando a viabilidade do projeto, considerando os aspectos econômicos, sociais e ambientais.

O processo de avaliação deste projeto consiste em:

- Relatórios parcial e final representam 50% da nota do projeto interdisciplinar, considerando os seguintes critérios: adequação do trabalho aos objetivos propostos; coerência, clareza e sistematização da estrutura; fundamentação e rigor conceitual; capacidade de reflexão e análise crítica.
- Apresentação final do projeto representa 20% da nota final, considerando os seguintes critérios: capacidade de comunicação; exposição dos conceitos; criatividade, inovação, originalidade e espírito de iniciativa.
- O protótipo representa 30% na nota final, sendo: adequação aos requisitos dimensionais; design (modelo, acabamento, dirigibilidade); cumprimento do percurso estabelecido.

A Figura 2.20 apresenta alguns projetos e a rampa do processo de competição.



Figura 2.20 - Equipes e a rampa de competição.
Fonte: Autores (2016).

Análise da experiência da UNISAL

O desenvolvimento do processo de aprendizagem por meio de projetos interdisciplinares é fundamental na formação do egresso, principalmente dos cursos de engenharia, afinal, promove a vivência de casos reais relacionados às teorias discutidas a cada semestre. A experiência do UNISAL neste modelo de ensino proporcionou o ingresso na INICIATIVA CDIO, tendo o papel de incentivar outras instituições a integrarem a organização com o intuito de rever o modelo de aprendizagem de engenharia no Brasil.

Os projetos interdisciplinares estão em constante inovação na instituição, seja por novas propostas de soluções, seja nos processos avaliatórios. Como projeto-piloto aplicado no curso de Engenharia de Produção dos projetos de todos os semestres (2º, 4º, 6º, 8º e 10º), as atividades serão controladas por *gates* no acompanhamento contínuo do avançamento dos trabalhos. De maneira inovadora, no projeto do 8º semestre terá o integrador “externo” às disciplinas letivas, aplicando um método de avaliação que inclui conhecimentos, habilidades e atitudes. De maneira inédita, no 10º semestre os alunos farão como projeto o desenvolvimento de uma cerveja artesanal.

Desse modo, espera-se que esta pesquisa fomenta futuros trabalhos neste modelo de ensino ativo aplicado na Engenharia por meio de projetos. Esta pesquisa é parte integrante do grupo *Inovação Acadêmica da Engenharia* do UNISAL, campus São Joaquim.

6. DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA A INOVAÇÃO NOS ESTUDANTES DE ENGENHARIA POR MEIO DE PROJETOS DE EXTENSÃO

A utilização de projetos de extensão para o desenvolvimento de competências para a inovação nos estudantes de engenharia é uma forma de integrar esses estudantes à comunidade externa. Neste título é apresentada uma metodologia

que tem como princípios o uso dos conhecimentos da Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, também conhecida como STEM (acrônimo para *Science, Technology, Engineering and Math*). Neste título busca-se apresentar a III Feira de Engenharia Elétrica (FEE), evento realizado pelo Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba, como uma forma de aplicação da metodologia STEM. A metodologia STEM empregada na FEE consistiu em organizar etapas na construção de protótipos com foco na exploração de problemas encontrados no dia a dia dos estudantes participantes, permitindo a aplicação de conhecimentos teóricos na resolução de problemas reais, resultando na construção de um protótipo funcional sob orientação de estudantes de engenharia. Considerou-se neste trabalho dois projetos desenvolvidos na FEE como estudo de caso para exemplificar a eficácia do emprego dessa metodologia na melhoria da aprendizagem dos estudantes.

6.1 Feira de Engenharia Elétrica da UFPB como metodologia ativa para o ensino de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática

Os métodos habituais de ensino, tais como aulas expositivas e resolução de exercícios, usados para o ensino de ciências exatas, como matemática, física e química, no Ensino Médio, têm se mostrado pouco eficazes para o aprendizado destas componentes curriculares (FERNANDES; TEODORO, 2014). Isto pode ser ratificado pelos inúmeros estudantes que costumam ter dificuldades com essas disciplinas e por isso não se interessam por profissões a elas relacionadas (NITE, *et al.*, 2014). Entretanto, observa-se que o desenvolvimento de uma nação tem se tornado cada vez mais dependente das pesquisas científicas empreendidas no território, especialmente na área de ciências e engenharia, aumentando assim, consideravelmente, a demanda por profissionais nestas áreas (VARDALAS, 2012). Além disso, conhecimentos básicos de computação e engenharia têm se tornado importantes não apenas para trabalhadores atuantes destas áreas, mas também para quaisquer profissionais (BOJIC; JAGUST; SOVIC, 2015).

A educação STEM – acrônimo para *Science, Technology, Engineering and Mathematics*, em português, Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática – consiste numa nova abordagem utilizada para introduzir conceitos de engenharia no ensino básico, de modo que os estudantes continuem os estudos nestas áreas no ensino superior (CORBETT; CORIELL, 2013). Alguns projetos desenvolvidos por universidades para aplicação do STEM são apresentados em BOJIC, JAGUST e SOVIC, 2015; SUNDARAM, 2011 e BARROSO, *et al.*, 2016; em sua maioria, os projetos buscam apresentar aos estudantes as pesquisas realizadas nas áreas de engenharia e computação, além de proporcionar-lhes a oportunidade de realização de um projeto de engenharia durante o período da graduação.

Corbett e Coriell (2013) descreveram uma metodologia ativa para o STEM: Explorar, Descobrir e Aplicar, capaz de ser aplicada por professores de Ensino Médio. Nesta abordagem, os assuntos de cada disciplina são estudados conforme a necessidade de um projeto de engenharia, o qual deve apresentar sete passos principais: identificação do problema; pesquisa sobre o problema; busca por soluções; escolha da solução; criação e desenvolvimento de um protótipo; testes e avaliação do protótipo; e, por fim, aprimoramento do protótipo. Em Ribeiro e Boing (2014) são apresentadas algumas formas de aplicação da educação STEM, que podem incorporar a metodologia ativa; entre elas está a realização de feiras de ciências para despertar nos estudantes o interesse por esta área de conhecimento.

A Feira de Engenharia Elétrica (FEE), realizada pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), com apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), busca incentivar alunos de Ensino Médio a desenvolverem projetos de engenharia para solução de problemas específicos encontrados no cotidiano, visando à inovação e à aplicabilidade.

Este trabalho tem como objetivo descrever a FEE como uma forma de utilização da metodologia ativa do STEM. Esta seção está organizada na seguinte ordem: será descrita a metodologia desenvolvida durante toda a realização da feira; em seguida serão apresentados dois projetos da feira premiados e reconhecidos nacionalmente; e finalmente serão feitas as considerações finais da experiência.

Metodologia

A Feira de Engenharia Elétrica (FEE) teve como objetivo principal incentivar os estudantes de Ensino Médio da região metropolitana de João Pessoa – PB a ingressarem nos cursos de graduação em Engenharia Elétrica da UFPB e do IFPB, por meio da realização de projetos em quatro áreas possíveis: robótica, automação residencial ou domótica, eletrônica e energias renováveis. Os estudantes de Ensino Médio desenvolveram projetos sob a orientação de estudantes de graduação em Engenharia Elétrica e apresentaram os resultados obtidos durante o evento.

A metodologia ativa realizada na FEE para o desenvolvimento do projeto é baseada em sete passos, conforme ilustrado na Figura 2.21. A seguir serão descritas as etapas para a realização dos projetos e as relações de cada uma delas com as etapas ilustradas na Figura 2.21.

Identificação do problema

A identificação de um problema a ser solucionado foi realizada no início da preparação para a Feira; no ato de inscrição, os participantes, sejam estudan-

tes de Ensino Médio ou de Ensino Superior, foram encorajados a submeter uma proposta de projeto a ser desenvolvido em uma das quatro áreas de engenharia abordadas na FEE. Os projetos deveriam ser baseados em algum problema identificado na sociedade que pudesse ser solucionado ou amenizado a partir da aplicação de conceitos de Engenharia Elétrica. Nesta primeira etapa, todas as ideias sugeridas pelos alunos foram avaliadas com o intuito de verificar a viabilidade e aplicabilidade de cada projeto.

De modo a evidenciar aos alunos de Ensino Médio as possibilidades de projeto, foram realizadas visitas nas escolas com apresentação de alguns projetos desenvolvidos na universidade por estudantes de graduação. Entre os projetos apresentados estão a manipulação de um braço robótico e o controle de um robô por *smartphone*.



Figura 2.21 – Passos da metodologia ativa abordada na FEE.
Fonte: Autores (2016).

Pesquisa sobre o problema

Após as inscrições, os alunos de Ensino Médio e de Ensino Superior envolvidos na Feira foram capacitados. Nesta etapa, foram realizados minicursos de eletrônica e programação para todos os inscritos. Os alunos de Ensino Superior, além de participarem dos minicursos, puderam auxiliar como ministrantes nos cursos posteriormente aplicados aos alunos de Ensino Médio, possibilitando a interação entre os participantes. Um dos objetivos da capacitação foi proporcionar aos alunos de graduação recém-ingressos a oportunidade de atuarem como orientado-

res na Feira, apesar do pouco tempo de universidade.

Os alunos da graduação ficaram responsáveis por orientar os alunos de Ensino Médio e direcionar a pesquisa acerca dos assuntos teóricos, além de orientar sobre a aplicação das ferramentas necessárias para o desenvolvimento do projeto proposto. Assim, tal orientação se assemelha àquela vivenciada pelos próprios alunos na graduação, não mais como pupilos, mas como mentores.

O período de pesquisa sobre o tema proposto se estendeu por cerca de quatro semanas. Com isso, além do aprendizado de novos conceitos e da parte técnica do tema, os alunos puderam compartilhar os novos conhecimentos com toda a equipe, como também discutir o impacto social deste projeto. Observou-se que uma realização acurada desta etapa culminou em um amadurecimento, nivelamento e aprendizagem de toda a equipe.

As equipes formadas eram compostas por até dois alunos de graduação e quatro alunos de Ensino Médio. No total, foram formadas 24 equipes, reunindo 59 alunos de Ensino Médio e 40 alunos de graduação.

Busca por soluções e escolha de uma solução

A partir do momento em que todos os alunos envolvidos com o projeto já possuíam entendimento sobre o problema a ser enfrentado, iniciou-se uma nova etapa, na qual toda a equipe propôs possíveis soluções, considerando tanto a viabilidade técnica quanto o custo final do projeto. Tais soluções deveriam ser pensadas pela equipe, utilizando-se de discussões e debates para assim definir uma solução para o problema.

As reuniões entre as equipes ocorriam semanalmente e eram sempre direcionadas pelos alunos de graduação. A partir das soluções propostas pelos membros da equipe, os orientadores deveriam identificar se tal ramo de pesquisa já possuía uma solução, a qual eles poderiam se embasar ou se seria necessário o desenvolvimento de uma nova ideia. Diante das possibilidades, o orientador tinha a responsabilidade de determinar o melhor caminho de execução do projeto, com o suporte dos professores envolvidos, quando necessário. Aspectos como possibilidade de execução, custo, praticidade, nível de conhecimento técnico aplicado foram considerados para escolha da melhor solução. A solução escolhida foi, então, apresentada à coordenação geral da feira, a qual era responsável pela aquisição dos componentes necessários para o desenvolvimento do projeto, além de sugerir eventuais alterações.

Criação, desenvolvimento e avaliação de um protótipo

Nestas etapas, os alunos de engenharia desenvolveram a ideia de um protótipo e, juntamente com os alunos de Ensino Médio, passaram a construí-lo. Todo o material necessário para a concepção foi escolhido e solicitado pela equipe à coordenação geral da FEE, a qual fornecia todo o material de forma gratuita a todas as equipes inscritas. Após o protótipo estar pronto, os participantes verificavam sua funcionalidade por meio de testes e análises. Também nesta etapa, os protótipos foram apresentados à coordenação geral da Feira para eventuais ajustes.

A etapa de apresentações pôde trabalhar as habilidades de síntese do trabalho e oratória. Cada equipe tinha 10 minutos para elencar a importância do seu projeto e apresentar a solução escolhida, assim como o porquê da solução adotada. Os conhecimentos adquiridos na segunda etapa de realização dos projetos puderam ser avaliados pelos professores; tais conhecimentos, além de abordar noções técnicas de engenharia, também envolviam uma formação social e cidadã dos participantes do projeto.

A etapa de avaliação do protótipo permitiu observar possíveis melhorias que podiam ser realizadas antes da versão apresentada ao público. Visto o conhecimento adquirido na graduação, o orientador conseguia verificar as possibilidades de melhoria no projeto, a partir das observações dos professores avaliadores.

Com essa metodologia, a Feira de Engenharia Elétrica proporcionou aos estudantes o desenvolvimento de projetos que envolvem os conceitos de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM).

Projetos desenvolvidos

Nesta seção serão descritos dois projetos apresentados na terceira edição da Feira, o Kit Móvel Fotovoltaico (CARATEÚ *et al.*, 2016) e o Provision – Acessório Identificador de Cores para Deficientes Visuais (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Ambos os projetos foram selecionados e apresentados na Feira Brasileira de Ciência e Engenharia – FEBRACE, edição 2016, na cidade de São Paulo.

KIT MÓVEL FOTOVOLTAICO

Atualmente, existem diversos tipos de kits fotovoltaicos destinados para instalações residenciais; entretanto o alto custo de instalação impede que o uso des-

ta tecnologia seja mais difundido, principalmente em comunidades mais remotas e de baixa renda. O Kit Móvel Fotovoltaico (KMF) teve como objetivo principal desmitificar o uso de formas alternativas de energia em áreas rurais, conscientizando os moradores sobre o uso de recursos energéticos renováveis.

O KMF foi desenvolvido considerando os seguintes requisitos: fácil construção, pouca manutenção, baixo custo e portabilidade. O Kit permite que moradores da zona rural possuam uma microunidade geradora de energia que auxilie tanto nas atividades agrícolas, quanto nas atividades domésticas. Além disso, a fácil construção e a portabilidade auxiliam no transporte do Kit em terrenos de difícil acesso (CARATEÚ *et al.*, 2016). Na Figura 2.22.a é mostrada uma fotografia do protótipo do KMF apresentado na FEE e FEBRACE.

Figura 2.22.a - Protótipo do Kit Móvel Fotovoltaico apresentado na FEE.



Fonte: CARATEÚ, *et al.*, 2016.

Figura 2.22.b - Protótipo do Provision apresentado na FEE.



Fonte: OLIVEIRA, *et al.*, 2016.

PROVISION – ACESSÓRIO IDENTIFICADOR DE CORES PARA DEFICIENTES VISUAIS

As limitações enfrentadas por pessoas com deficiência visual são inúmeras, sejam em pessoas com cegueira ou baixa visão. Neste último caso, juntamente com pessoas que apresentam daltonismo, a identificação de cores torna-se uma problemática, dificultando muitas vezes atividades comuns, como combinação de roupas, identificação de alimentos estragados, etc. (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Diante disso, participantes da FEE propuseram o Provision, um dispositivo eletrônico capaz de identificar cores e informá-las ao usuário a partir de áudios.

Apesar de já existirem dispositivos de identificação de cores no mercado, a maioria possui um custo muito elevado, impedindo que pessoas mais carentes tenham acesso. Dessa forma, os estudantes buscaram desenvolver um equipamento de baixo custo e portátil, que pudesse ser utilizado em diversas ocasiões.

Para a definição do protótipo que mais se adequasse às necessidades, foram realizadas entrevistas com pessoas com deficiência visual, perguntando-lhes quais as melhores características para o equipamento. Na Figura 2.22.b é apresentado o protótipo do Provision apresentado durante a FEE.

Análise da experiência

A metodologia STEM proporciona a relação direta entre os conhecimentos teóricos aprendidos habitualmente em sala de aula e as tecnologias utilizadas no cotidiano. Além disso, o contato com conceitos de engenharia no ensino básico proporciona um incentivo maior para a permanência nesta área de conhecimento no ensino superior. A Feira de Engenharia Elétrica da UFPB possibilitou que diversos estudantes de Ensino Médio pudessem desenvolver projetos relacionados a esta área, além de proporcionar aos estudantes de graduação a possibilidade de atuar como orientadores de um projeto de engenharia.

Os estudantes de engenharia que puderam participar desta feira vivenciaram experiências novas e necessárias em sua carreira de estudante. Atividades práticas como esta são necessárias e essenciais para uma formação melhor e mais completa, além de melhorar a fixação dos conteúdos teóricos aprendidos em sala.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento das competências nos estudantes de engenharia para a inovação pode ser feito de diversas formas e em diversos momentos de sua formação (do primeiro ao último semestre, ou até mesmo nos programas de pós-graduação). As experiências demonstradas neste capítulo apresentam cinco categorias de ação para o desenvolvimento destas competências, e os resultados de cada experiência mostram que dificilmente existirá uma padronização de estratégias, pois a singularidade das estruturas e pessoas (estudantes, docentes, técnicos e gestores) são bastantes plurais apesar de existirem diretrizes nacionais que definem perfis de formação para estes estudantes.

Uma das contribuições que pretendemos deixar para os leitores é uma organização de categorias de ação para o desenvolvimento de competências para a inovação durante a formação do engenheiro. Estas categorias certamente não esgotam as possibilidades de organização de categorias de ação, entretanto mostra uma parcela significativa de experiências, considerando que dez instituições nas cinco regiões geográficas no Brasil participaram deste trabalho. As apresentações e as discussões de cada uma das dez experiências estão disponíveis em um conjunto de vídeos editados para a finalidade de divulgação da discussão presencial realizada no COBENGE 2016 (<https://www.youtube.com/playlist?list=PLL-DoQWzzXbwETQmrvx9Bcll4NjQGc9k72>).

Cabe aqui também delimitar a fronteira e as perspectivas deste trabalho. Nesse sentido é importante destacar que a maioria das experiências são ações de caráter individual dos docentes e seus respectivos colaboradores. Ou seja, o aporte institucional ainda é pouco presente e, por isso, acreditamos que estas pesquisas sejam embrionárias no contexto nacional. Mas apesar de embrionárias são pesquisas estrategicamente relevantes para consolidar ações institucionais mais contínuas e de maior impacto, portanto com maior investimento de recursos.

Outra fronteira que se observa nas experiências descritas é a sistematização da formação do trabalho em equipes, as quais envolvem organização e distribuição de esforços por parte dos integrantes das equipes com relação às tarefas nos projetos. A sistematização do trabalho em equipe é um desafio em função de diversos aspectos, e podemos citar alguns, tais como a quantidade crescente de recursos de comunicação assíncronos (plataformas de comunicação), fontes de informação e dificuldade dos estudantes em organizar funções dentro das equipes de trabalho.

Entretanto um dos desafios mais relevantes nesse contexto é desenvolver nos estudantes de engenharia a habilidade de ter empatia. Organizar conceitualmente as soluções dos problemas ainda exige um grande esforço em visualizar o “por quê?” para justificar a necessidade de haver, ou não, uma solução relevante para o problema a ser resolvido.

Neste caso, uma perspectiva que visualizamos é que a criatividade e posteriormente a inovação se tornam relevantes quando o docente e a infraestrutura estão devidamente preparados para organizar o ambiente que permita ao estudante desenvolver essa visão holística do seu contexto.

BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, L. W. *et al.* (Ed.). **A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives** (Complete edition). New York: Longman, 2001.

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. 30 (2). p. 362-384. 2013.

ASSESSMENT, M. E. **Millennium Ecosystem Assessment: health synthesis**. Washington DC: Island Press, 2005.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BACK, N. *et al.* **Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem**. São Paulo: Manole, 2008.

BAGOZZI, Faculdade Padre João. **Projeto Político-Pedagógico do curso de Engenharia da Computação**. Faculdade Padre João Bagozzi, Curso de Engenharia da Computação, 2013.

BARROSO, L. R. *et al.* **Using the Engineering Design Process as the Structure for Project-Based Learning: an Informal STEM Activity on Bridge-Building**. IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC), Princeton, NJ, p. 249 - 256, março, 2016.

BAZZO, Walter A.; PEREIRA, Luiz T. **Introdução à Engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos**. 2ª ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2008.

BIGGS, J. Constructive alignment in university teaching. **HERDSA Review of Higher Education**, Vol. 1, 2014. Disponível em <www.herdsa.org.au>. Acesso em novembro de 2014.

BLOOM, B. S.; KRATHWOHL, D. R. **Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals**. Handbook I: Cognitive Domain. New York: Longmans, 1956.

BOJIC, I.; JAGUST, T.; SOVIC, A. Selected Examples of Cooperation between Universities and Schools in STEM Education. **Integrated STEM Education Conference (ISEC)**, Princeton, NJ, p. 189-194, março 2015. ISSN 978-1-4799-1828-7.

BOUD, D.; FELETTI, G. **The challenge of Problem-Based Learning**. Kongan, 1998.

BRAGA, J. M. M. O perfil do empreendedor inovador. **Valor&Inovação**. Disponível em: <<https://valorinovacao.wordpress.com/2010/04/20/o-perfil-do-empreendedor-inovador/>>. Acesso em: 20 de agosto de 2016.

BROWN, T.; ROWE, P. G. Design thinking. **Harvard Business Review**, v. 86, n. 6, p. 252, 2008.

CAMPOS, G. C. **Noções de Física Quântica a partir do estudo do Efeito Fotovoltaico – uma unidade de ensino potencialmente significativa para 3ª série do Ensino Médio**. Dissertação. MNPEF. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015.

CANTO, A. B. *et al.* Um sistema para classificação de objetos de aprendizagem MCS - Multimodality Classification System. **RENOTE**, v. 11, n. 3, 2013.

CARATEÚ, E. C. *et al.* Kit móvel fotovoltaico para aplicação no meio rural. In: **Feira Brasileira de Ciência e Engenharia – FEBRACE**. São Paulo, 2016.

CARLOMAGNO, M. Idealizar, conceituar, implementar. **Innoscience**. Jornal Brasil Econômico, 2010. Disponível em: <<http://www.innoscience.com.br/wp-content/uploads/2015/09/Artigo-Idealizar-conceituar-e-implementar.pdf>> Acesso em: 20 de agosto de 2016.

CLARK, R. C.; MAYER, R. E. **e-Learning and the Science of Instruction: Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning**. [s.l.] John Wiley

& Sons, 2011.

CLUNE, S. J.; LOCKREY, S. Developing environmental sustainability strategies, the Double Diamond method of LCA and design thinking: a case study from aged care. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 67–82, dez. 2014.

CORBETT, K.; CORIELL, J. **STEM Explore, Discover, Apply – Elective Courses that Use the Engineering Design Process to Foster Excitement for STEM in Middle School Students**. IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Oklahoma City, outubro, 2013. p. 1108-1110. ISSN 0190-5848.

COSTA, Nelson de Souza. **Uso da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) para inserir o tema Efeito Fotocondutivo para estudantes de uma turma do Ensino Médio e potencializar a sua aprendizagem**. Projeto de dissertação. MNPEF. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015.

CRAWLEY, E. F.; BRODEUR, D. R. **The Education of Future Aeronautical Engineers: Conceiving, Designing, Implementing and Operating**. 48th AIAA Aerospace Sciences Meeting Including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition. 4 - 7 January 2010, Orlando, Florida.

CUBAN, L. **How teachers taught**. 1st. ed. New York: Longman, 1984.

DESIGN COUNCIL. **Eleven lessons: managing design in eleven global brands - A Study of the Design Process**. Design Council, p. 1–144, 2005.

DESLILE, R. **Use Problem-Based Learning in the classroom**. Virginia: ASCD, 1997.

DUCH, B *et al.* **The power of Problem-Based Learning**. Virginia: Stylus Publishing, 2001.

DUMMER, Enzo *et al.* **Projeto de transporte de objetos entre duas plataformas**. 2016. 14 f. Trabalho da disciplina (Introdução à Engenharia Mecânica) – Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Espírito Santo, 2016.

DYM, Clive L. *et al.* **Introdução à Engenharia: uma abordagem baseada em projeto**. Tradução de João Tortello. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

DYM, Clive *et al.* Engineering Design Thinking, Teaching and Learning. **Journal of Engineering Education**. v. 94, n. 1, p. 103-120, 2005.

DYM, Clive. Learning Engineering: Design, Languages and Experiences. **Journal of Engineering Education**. v. 88, n. 2, p. 145-148, 1999.

DYM, Clive. Teaching Design to Freshmen: Style and Content. **Journal of Engineering Education**. v. 83, n. 4, p. 303-310, 1994.

FAN, J. *et al.* **Study and practice on CDIO innovative education**. The 6th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE 2011) August 3-5, 2011. SuperStar Virgo, Singapore

FELDER, R. M. *et al.* **The Future of Engineering Education II**. Teaching Methods

that Work, Chem. Engr. Education, 34(1), 26–39, 2000a;

FELDER, R. M. *et al.* **The Future of Engineering Education III.** Developing Critical Skills. Chem. Engr. Education, 34(2), 108–117, 2000b;

FELDER, R. M. *et al.* **The Future of Engineering Education IV.** Learning How to Teach. Chem. Engr. Education, 34(2), 118–127, 2000c;

FERLIN, E. P.; OLIANI, D. **A disciplina de Projeto Integrador como elemento norteador do processo ensino-aprendizagem:** a experiência do curso de Engenharia da Computação. Anais: XLII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE 2014. Juiz de Fora - MG, 2014.

FERLIN, E. P.; OLIANI, D. **Análise da implantação do Projeto Integrador no curso de Engenharia da Computação.** Anais: XLIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE 2014. São Bernardo do Campo - SP, 2015.

FERLIN, E. P.; PILLA JR, V.; CUNHA, J. C. **A multidisciplinariedade aplicada no ensino no curso de Engenharia da Computação.** Anais: XXXII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia - COBENGE 2004. Brasília - DF, 2004.

FERLIN, E. P.; PILLA JR, V.; SAAVEDRA, N. **The Theory-Practice Partnership.** Anais: 6th IEEE Annual International Conference - ITHET 2005. Juan Dolio, Dominican Republic, 2005.

FERNANDES, J.; TEODORO, V. D. Ambientes de Aprendizagem Activa para a educação STEM — algumas tendências no uso de tecnologias. **Revista Educação e Matemática**, n. 127, p. 46 – 48, 2014.

FRANZEN, A. B., *et al.* **Engenheiros:** uma construção de múltiplas identidades. Anais: XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE, Gramado - RS, 2013.

FROYD, J. E.; WANKAT, P. C.; SMITH, K. A. Five major shifts in 100 years of engineering education. **Proceedings of the IEEE**, v. 100, n. SPL CONTENT, p. 1344–1360, 2012.

GAEBLER, D. M.; SANTOS, C. T.. **Colocando em prática o design thinking :** ferramentas projetuais para inovar com sucesso. Teoria e Metodologia do Design, DP Métodos e Ferramentas de Design. Anais: Fourth International Conference on Design, Engineering and Management for Innovation, Florianópolis – SC, 2015

GODIN, B. **Innovation and Creativity:** A Slogan, Nothing but a Slogan, Working Paper nº 17, Project on the Intellectual History of Innovation. Montréal, 2016.

GODIN, B. **Innovation:** the History of a Category, Working Paper nº 1, Project on the Intellectual History of Innovation Working, Montreal, 2008.

GOMES, F.J. **Reflexões sobre a prática tutorial na educação em engenharia.** Outubro de 2015. 200f. Tese (Professor Titular), UFJF, 2015.

GOMES, K. O.. **JEF:** um objeto de aprendizagem voltado para os estudantes do

ensino fundamental para potencializar a aprendizagem do efeito fotoelétrico. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015.

GREINERT, E. *et al.* **Sistema misturador automatizado e controle de processos de escoamento de água.** 6º Congresso de Iniciação Científica e Tecnológica do IFSP – CINTEC. Itapetininga - SP, 2015.

INNOVATION Engineering, Disponível em: <<http://www.innovationengineering.org/innovation-college.html>>. Acesso em: setembro de 2015.

JESUS, J. S. **O estudo da Radiação X:** desenvolvimento de uma estratégia de ensino para a aprendizagem significativa. Dissertação. MNPEF. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015.

KRATHWOHL, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: An overview. **Theory into practice**, v. 41, n. 4, p. 212–218, 2002.

KYNDT, E. *et al.* The direct and indirect effect of motivation for learning on students' approaches to learning through the perceptions of workload and task complexity. **Higher Education Research & Development**, v. 30, n. 2, p. 135–150, 2011.

LIMA, D. S. *et al.* **A aplicação do P2BL no ensino de Física em Engenharia na Amazônia com a utilização de experimentos de baixo custo.** International Symposium on Project Approaches in Engineering Education. Holanda, 2013.

LIMA, D. S., FONSECA, W. S. **Aplicação da metodologia P2BL no ensino básico dos cursos de Engenharia no campus universitário de Tucuruí - UFPA.** // *Encontro de Projetos Integrados*. Belém - PA, 2012

LIMA, R M. *et al.* Management of interdisciplinary project approaches in engineering education: a case study. In: **First Ibero-American Symposium on Project Approaches in Engineering Education (PAEE'2009)**. Universidade Minho. Instituto de Educação. Centro de Investigação em Educação (CIEd), 2009. p. 149-156.

LOURENÇO JR, J.; VERALDO JR, L. G. **Cdio approach:** description of the experience in a Brazilian heí. Proceedings of the 11th International CDIO Conference, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, Sichuan, P.R. China, 2015.

MORIN, E. **A cabeça bem-feita:** repensar a reforma, reformar o pensamento. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

NITE, S. B. *et al.* **Science, technology, engineering and mathematics (STEM) education:** a longitudinal examination of secondary school intervention. IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings, Madrid, p. 1 - 7, outubro, 2014. ISSN 0190-5848.

NONAKA, I. *et al.* Ba and Leadership: a Unified Model of Dynamic Knowledge Creation. **Long Range Planning**, v. 33, n. 1, p. 5–34, fev. 2000.

OLIVEIRA, F. P. **BSP (Band Struct Photovoltaic):** um objeto de aprendizagem voltado para estudantes do Ensino Médio para potencializar a aprendizagem do efeito fotovoltaico - estrutura de bandas nos sólidos e semicondutores. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015.

OLIVEIRA, H. M. *et al.* **Provision - acessório identificador de cores para deficientes visuais.** In: Feira Brasileira de Ciência e Engenharia – FEBRACE. São Paulo, 2016.

PAAS, F.; RENKL, A.; SWELLER, J. Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. **Educational Psychologist**, v. 38, n. 1, p. 1–4, mar. 2003.

PILLA JR, Valfredo; FERLIN, Edson Pedro. **Os níveis de aprendizagem da Taxonomia de Bloom aplicados em uma disciplina de um curso de Engenharia da Computação.** Anais: XXXVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE 2010. Fortaleza - CE, 2010.

PINTO, D. P. *et al.* **Aprendizagem ativa na disciplina Eficiência Energética: um experimento metodológico.** In: International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, 2012, São Paulo. PAEE 2012., v.1. p.1 – 10, 2012a.

PINTO, D. P. *et al.* **Implantação da estratégia P2BL na FE/UFJF:** relato, análise e avaliação. In: 5th International Symposium Project Approaches in Engineering Education, 2013, Eindhoven, Netherlands. PAEE 2013.

PINTO, D. P. *et al.* Inovando a educação em Engenharia de Controle de Processos: a estratégia p2bl. In: **Estudo de caso de implementação de metodologias ativas na educação em engenharia no Brasil.** Sessão Dirigida, XL CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA - XL COBENGE, Belém do Pará, 2012b.

PINTO, D.P. *et al.* Reformulando a educação em Engenharia através de estratégias P2BL e PJBL. In: **Estudo de caso de implementação de metodologias ativas na educação em Engenharia no Brasil.** Sessão Dirigida, XL CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA - XL COBENGE, Belém do Pará, 2012c.

PINTO, Gabriela R. P. R *et al.* Capacidade de integrar saberes: um requisito na formação do professor para a prática do método de Aprendizagem Baseada em Problemas. In: **Ressignificação do ensino para a formação de novos engenheiros:** das estratégias ativas de aprendizagem ao mundo contemporâneo. Sessão Dirigida. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, São Paulo, 2015.

POWELL, P.; WEENK, W. **Project-led engineering education.** Utrecht: Lemma, 2003.

RAJALA, S. A. Beyond 2020: Preparing engineers for the future. **Proceedings of the IEEE**, v. 100, p. 1376–1383, 2012.

RIBEIRO, H. T.; BOING, E. A. O programa STEM Georgia: despertando vocações e preparando profissionais do futuro. **Coleção Mundo Afora: Educação Básica e**

Ensino Médio, n. 11, p. 218 – 232, 2014.

RIBEIRO, L. R. **Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL):** uma experiência no ensino superior. São Carlos: EdUFSCAR, 2008.

RIBEIRO, Luís Roberto de Camargo. Aprendizagem baseada em problemas (PBL) na educação em engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 27, n. 2, p. 23-32, 2008.

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão do processo de desenvolvimento de produtos:** uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

RUGARCIA, A. *et al.* **The Future of Engineering Education I.** A Vision For a New Century. *Chem. Engr. Education*, 34(1), 16–25, 2000;

RYAN, R. M.; DECI, E. L. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. **American psychologist**, v. 55, n. 1, p. 68, 2000.

SANTANA, Bianca Leite. **RAX:** um objeto de aprendizagem voltado para estudantes do Ensino Médio para potencializar a aprendizagem da radiação x. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015.

SANTO, L. S. **Proposta de um Objeto de Aprendizagem sobre um tema da Física Quântica (Efeito Fotocondutivo) para motivar a aprendizagem de estudantes da terceira série do Ensino Médio.** Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015.

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

SANTOS, A. S. **Construção de experimento virtual sobre efeito fotoelétrico para o Ensino Fundamental como motivador para o aprendizado.** Projeto de Dissertação. MNPEF. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2014.

SANTOS, J. M. J. **Implementação de uma aplicação web com função de repositório de Objetos de Aprendizagem voltados para a aprendizagem de Física Moderna e Contemporânea de estudantes do Ensino Médio e Fundamental.** Relatório Final de Iniciação Científica. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2015.

SAREN, M. A. A classification and review of models of the intra-firm innovation process. **R&D Management**, v. 14, n. 1, p. 11–24, 1984.

SCHEER, Vanessa. **O que é ser um profissional inovador?** 2014. Disponível em: <http://www.centralpratica.com.br/home/artigos/INCONSULEX.pdf> Acesso em: 20 Junho 2016.

SCHNEIDER, E. I. *et al.* Sala de aula Invertida em EAD: uma proposta de Blended Learning. **Revista Intersaberes**. v. 8, n.16, p.68-81 jul. – dez. 2013| ISSN 1809–

7286. 2013.

SCHUMPETER, J. A. **A teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Editora Nova Cultural Ltda, 1997.

SILVA, S. P. *et al.* **Laboratório de engenhocas**: utilizando experimentos alternativos para melhoria do processo de ensino aprendizagem dos discentes de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Pará - *Campus* Tucuruí. Anais do VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. São Luís, 2012.

SILVA, S. P. *et al.* **A responsabilidade socioambiental estimulada através da metodologia PBL**: uma experiência na região Amazônica no ensino de Engenharia. *Proceeds of Project Approaches in Engineering Education*. São Paulo, 2012.

SILVEIRA, M. A. **A formação do engenheiro inovador**: uma visão internacional. Rio de Janeiro. PUC-Rio, Sistema Maxwell, 2005.

SIMON, H. A. The Science of Design: Creating the Artificial. **Design Issues**. v. 4, n. 1/2, Designing the Immaterial Society, p. 67-82. 1988.

SOLOMAN, B. A.; FELDER, R. M. **Index of learning styles**, Raleigh, North Carolina: [s.n.]. Disponível em: <<http://southce.org/bwebb/wp-content/uploads/2011/09/Webb-ILC-Handouts.pdf>>. Acesso em: setembro de 2016[

SUNDARAM, R. **Set up and Delivery of Electrical and Computer Engineering Projects at Undergraduate Engineering Universities for Outreach and Partnership with K-12 STEM Schools**. *Frontiers in Education Conference (FIE)*, Rapid City, SD , p. 1 - 4, outubro 2011. ISSN 0190-5848.

UNIVERSITY COLLEGE LONDON. Disponível em: < <https://www.ucl.ac.uk/mecheng/our-courses/postgraduate/engineering-with-innovation-and-entrepreneurship>>. Acesso em: julho de 2016.

UNIVERSITY OF MAINE. Disponível em: < (<https://umaine.edu/innovation/innovation-engineering/course-descriptions/>)>. Acesso em: julho de 2016.

VAN MERRIËNBOER, J. J. G.; SWELLER, J. Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. **Medical education**, v. 44, n. 1, p. 85–93, jan. 2010.

VANSTEENKISTE, M.; LENS, W.; DECI, E. L. Intrinsic Versus Extrinsic Goal Contents in Self-Determination Theory: Another Look at the Quality of Academic Motivation. **Educational Psychologist**, v. 41, n. 1, p. 19–31, mar. 2006.

VARDALAS, J. Bringing Social Studies to STEM IEEE History Center Pre-University Outreach. **HISTory of ELeCtro-technology CONFERENCE (HISTELCON), 2012 Third IEEE** , Pavia, p. 1 - 4 , Setembro 2012. ISSN 978-1-4673-3079-4.

VERALDO JR., L. G. *et al.* **Projeto interdisciplinar aplicado na engenharia de produção** – resultado da proposta de serviços copaker In: PAEE 2016 International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, 2016, Guimarães,

Portugal. PAEE International Symposium on Project Approaches in Engineering Education, 2016.

VIANA, D. M. *et al.* **Including integrating projects in engineering curricula.** WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education, 2011.

WESTBROOK, R. V. John Dewey: aprender pela ação. In: GAUTHIER, C.; TARDIF, M (org.) **A pedagogia:** teorias e práticas da Antiguidade aos nossos dias. Petrópolis: Editora Vozes, 2014.

WESTBROOK, R. K. Action Research: a new paradigm for research in production and operations management. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 15 no. 12, 1995, pp. 6-20.

WICKERT, J.; LEWIS, K. **Introdução à Engenharia Mecânica.** São Paulo: Thomson Learning, 2015.

YIN, R. K. **Estudo de Caso – Planejamento e Método.** São Paulo: Bookman, 2001.

ZABALA, A. A função social do ensino e a concepção sobre os processos de aprendizagem: instrumentos de análise. In: **A prática educativa:** como ensinar. Porto Alegre: Ed. Artmed, 1998. p. 27-52.

**A INDISSOCIABILIDADE DA TRÍADE – ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO –,
OS PROGRAMAS DE EDUCAÇÃO TUTORIAL E O ENSINO EM ENGENHARIA:
CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE PESQUISADORES
E PROFISSIONAIS AUTÔNOMOS**

Lindolpho Oliveira de Araújo Júnior

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG

Leonardo de Carvalho Vidal

Centro Universitário de Barra Mansa – UBM
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro –
IFRJ

Alba Valéria da Silva Machado Vidal

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ
Faculdade Internacional Signorelli

André Bittencourt Leal

Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Bárbara Lima Barbosa

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CE-
FET/RJ

Camila Rolim Laricchia

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CE-
FET/RJ

Carlos Maurício Sacchelli

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Carolina Rocha Luiz Vianna

Centro Universitário de Barra Mansa – UBM

Christopher Freire Souza

Universidade Federal de Alagoas – UFAL

David Gentil de Oliveira

Universidade Federal do Pará – UFPA

Eduardo Lucena Cavalcante de Amorim
Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Eliomar Araújo de Lima
Universidade Federal de Goiás – UFG

Elis Regina Duarte
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Elizabeth Regina Halfeld da Costa
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG

Fernanda Vescovi Gonçalves
Centro Universitário de Barra Mansa – UBM

Fernando César Meira Menandro
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES

Geiza Thamirys Correia Gomes
Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Giovanna Sponchiado
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Gisele Vidal Vimeiro
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG

Guilherme do Nascimento
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Gustavo Carlos Knabben
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

João Maurício de Andrade Goulart
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG

Jonathan Lopes Florêncio
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Lucas Becker
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Luciano Barbosa dos Santos
Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Luis Fernando Ramos Molinaro
Universidade de Brasília – UnB

Mariana Santos Matos Cavalca
Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC

Miguel Alexandre Vieira Fusco
Centro Universitário de Barra Mansa – UBM

Robervaldo Carvalho de Souza
Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Saulo Joel Oliveira Leite
Universidade Federal do Pará – UFPA

Tatiana Renata Garcia
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Valéria Cristina Palmeira Zago
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG

Vinicius Martins Freire
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Wellington da Silva Fonseca
Universidade Federal do Pará – UFPA

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA.....	131
2. A TRIÁDE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO	132
3. A INDISSOCIABILIDADE DA TRIÁDE	135
3.1 Ensino, pesquisa e extensão: impactos na formação de engenheiros e suas representações sociais	136
3.2 Avaliação da extensão universitária a partir de suas diretrizes.....	137
3.3 Prática pedagógica fundamentada na prática – uma extensão da perspectiva antropopedagógica para o aprendizado da engenharia em cenários complexos.....	140
3.4 Atividade integralizadora: o despertar para Engenharia através de Práticas Interdisciplinares	142
3.5 Nucleação de grupos de aprendizagem tutorial: uma contribuição do PET para a melhoria dos cursos de Engenharia.....	144
3.6 Atividades Extracurriculares desenvolvidas pelo Programa de Educação Tutorial no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – CEFET/MG.....	147
3.7 Tentativas de trabalho articulador no Programa de Educação Tutorial em Engenharia Mecânica na Universidade Federal do Espírito Santo.....	149
3.8 Formação de profissionais e cidadãos autônomos, com capacidade crítica e poder de interação social no sentido da transformação, a partir da docência a estudantes de escolas públicas	151
3.9 Experiências de práticas de ensino, pesquisa e extensão no PETEMB – UFSC	155
3.10 O movimento Maker na extensão, pesquisa e educação em cursos de Engenharias e Ciências Exatas.....	157
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	162
REFERÊNCIAS	162

A INDISSOCIABILIDADE DA TRIÁDE – ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO –, OS PROGRAMAS DE EDUCAÇÃO TUTORIAL E O ENSINO DE ENGENHARIA: CONTRIBUIÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DE PESQUISADORES E PROFISSIONAIS AUTÔNOMOS

1. INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

Ao se pensar em ensino de engenharia no Brasil, é fácil que o pensamento remeta a salas cheias de mentes inquietas, mas, em grande parte das vezes, dispersas. Os alunos que saem do Ensino Médio e ingressam no Ensino Superior são bombardeados de informações, em grande parte teórica, e têm problemas para identificar as possibilidades reais de aplicação daqueles conteúdos teóricos aprendidos em sala de aula. Para que esse cenário seja diferente, é preciso trazer a prática para dentro das escolas e das universidades. Essa prática pode ser desenvolvida de diversas maneiras, principalmente quando se trata de Ensino Superior, de forma especial na área de Ciências Exatas e Engenharia.

É sabido que a qualidade do Ensino Superior no Brasil está aquém daquela planejada e redigida em suas diretrizes. Entretanto, há ferramentas para que uma mudança real e drástica ocorra. Três dessas ferramentas formam o que é denominado de tríade ensino, extensão e pesquisa, que podem ser consideradas como os pilares para uma educação superior de qualidade; esses pilares não devem ser tratados como agentes isolados, mas sim como uma única ferramenta para o aprimoramento do ensino de engenharia.

O ensino teórico, realizado em sala de aula, é o primeiro passo para que o discente entre em contato com os assuntos abordados no curso que escolheu, para que conheça suas especificidades e interaja diretamente com a área profissional por ele escolhida. Entretanto, somente o ensino teórico não é suficiente para que o discente desenvolva habilidades inerentes à suas futuras atribuições profissionais.

Para que o discente possa desenvolver essas habilidades práticas, é necessário o desenvolvimento de pesquisas científicas, que podem ser trabalhadas em diversos formatos, por exemplo a criação de núcleos de pesquisa, que agregam docentes de diversas áreas trabalhando em conjunto, o que faz com que os discentes que participam do núcleo estejam em contato com a multidisciplinaridade necessária para seu bom desenvolvimento; a criação de Programas de Educação Tutorial (PET), que trazem as tutorias para o ensino de engenharia, em que os discentes são acompanhados de perto pelo docente responsável pelo projeto.

Além da prática aliada ao ensino teórico com o desenvolvimento de pesquisa científica, outra ferramenta importante para o desenvolvimento do discente no Ensino Superior é a prática de atividades de extensão universitária, que faz uma ponte que liga a academia à sociedade, de modo que o aluno possa aprender en-

quanto trabalha como um agente de transformação social, para que entenda que todas as suas ações enquanto engenheiro não podem somente visar ao desenvolvimento da empresa onde trabalha, mas que elas impactam no ambiente e nas pessoas que os cercam. Essa prática faz com que os futuros engenheiros tenham uma formação humanizadora, baseada também nas questões socioculturais que os cercam.

Para mostrar como a tríade deve ser indissociável para o bom desenvolvimento do Ensino Superior, serão demonstrados neste capítulo exemplos de iniciativas de diversos cursos e IES espalhadas por todo o país em que ensino, pesquisa e extensão são aplicados de maneira atrelada para o desenvolvimento de projetos de melhoria de produtos e qualidade de vida, em geral.

2. A TRÍADE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO

Ao se falar da educação de nível superior, uma das metas do Plano Nacional de Educação (PNE) (AGUIAR *et al*, 2015, p. 43) reconhece que “a qualidade da educação superior está diretamente associada a vários aspectos, entre eles o ensino, a pesquisa, a extensão, o desempenho dos estudantes, a gestão da instituição e a titulação do corpo docente”. Alguns desses aspectos sempre foram exigências nas universidades. A prática, todavia, diverge da teoria, e o que se presencia são cursos de graduação com frágil formação profissional e de horizontes limitados: alunos com instrução técnica, mas sem preocupação social, cultural ou ambiental.

Portanto, pode-se perceber que um dos maiores desafios do ensino superior é formar profissionais capacitados e completos, que interajam de modo construtivo com o mundo ao redor. Por isso a academia deve proporcionar a esses profissionais uma formação com autonomia e competência para um fazer vinculado à prática social, geradora de novos saberes e fazeres, viabilizados pela integração entre ensino, pesquisa e extensão, que busca fornecer uma formação sólida e humanizadora. Assim, a busca do docente de engenharia é por conseguir transmitir aos discentes a compreensão de todas as dimensões de sua profissão, para que esse futuro engenheiro se torne um agente de transformação social.

O desenvolvimento do setor produtivo depende intrinsecamente da engenharia e, por isso, é necessário que haja constante pesquisa para que seja possível que se consiga um aperfeiçoamento tecnológico. Por conta das constantes mudanças do mundo globalizado atual o perfil do discente, principalmente de engenharia, mudou, já que sua formação deve acompanhar o rápido progresso das tecnologias e métodos de produção e consumo (SILVA; CECÍLIO, 2007).

Dessa forma mudanças são necessárias nos “clássicos” métodos de ensino, para que o ensino de engenharia seja desenvolvido de modo a despertar o discente para a engenharia, com metodologias participativas, em que o aluno se torna o principal agente de sua aprendizagem, fazendo com que esta não seja passiva e apenas teórica (SILVA; CECÍLIO, 2007).

Para que estas ideias sejam verdadeiras e esses objetivos possam ser alcançados, dois tipos de atividades estão sendo amplamente implementadas nas universidades, centros universitários, faculdades e escolas de ensino técnico em todo o país: a extensão universitária e a prática das pesquisas científicas.

O uso de programas de extensão universitária, que de acordo com o FOR-PROEX (2012, p. 15), pode ser definido como “um processo interdisciplinar, educativo, cultural, científico e político que promove a interação transformadora entre Universidade e outros setores da sociedade” funciona para a formação dos discentes como agentes ativos das mudanças na comunidade. De modo que a extensão universitária se configura como uma ponte, que liga o mundo acadêmico – nas figuras do docente e do discente – e a sociedade, fortalecendo a troca de conhecimento e ideias, promovendo a ampliação da cultura e a democratização da educação.

O desenvolvimento de práticas extensionistas pelos discentes permite que estes se tornem profissionais com experiência nas demandas de todas as camadas sociais, não somente nas grandes organizações. Assim, formar-se-á gerações de engenheiros que não estão somente preocupados com a técnica, mas com os impactos socioambientais que a prática da profissão inflige. Segundo Dwek (2011), os novos profissionais de engenharia estarão preparados para solucionar problemas cada vez mais complexos, que exigem soluções socioambientais sustentáveis.

A outra atividade amplamente divulgada na academia é a prática de pesquisa científica, que surge como um dos elementos modernizadores do ensino de engenharia. Modernizador no sentido de trazer aspectos práticos a tantos conceitos teóricos dessa área. Nesse âmbito, o docente assume um papel de tutor do discente, em que este será acompanhado e orientado pelo primeiro. Nesse papel, o docente deve lidar com aspectos inerentes à tutoria, como conflitos internos ao grupo em que se desenvolve a pesquisa e o bom desenvolvimento da comunicação entre os discentes e os profissionais inseridos na pesquisa. Já o discente, ao participar de atividades de pesquisa, desenvolve competências como: tornar-se sujeito de sua própria aprendizagem, assumindo sua responsabilidade por sua formação, ganhando autonomia e confiança no seu desenvolvimento pessoal e na resolução de problemas inerentes às suas atividades profissionais.

É possível perceber, então, que o ensino, a pesquisa científica e a extensão universitária devem ser os três pilares que sustentam o Ensino Superior, sobretudo no ensino de engenharia, e devem ser trabalhados de forma a serem indissociáveis, ou seja, não devem ser atendidos de maneira separada, devem sempre trabalhar juntos, por um único fim: a formação de um profissional de engenharia técnico e socioambientalmente responsável.

Assim, a indissociabilidade da tríade ensino, pesquisa e extensão deve ser atendida nas instituições, de maneira a permitir o desenvolvimento dos discentes de forma eficaz e sustentável.

Uma ferramenta de pesquisa e extensão utilizada por diversas universidades

é o Programa de Educação Tutorial (PET), que, de acordo com o Ministério da Educação em sua portaria 976 (BRASIL, 2013, p. 40), tem a seguinte descrição “Art. 2º O PET constitui-se em programa de educação tutorial desenvolvido em grupos organizados a partir de cursos de graduação das instituições de ensino superior do País, orientados pelo princípio da indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão...”. O programa foi criado no ano de 1979 pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) sob o nome de “Programa Especial de Treinamento”. Este programa tinha como marco referencial a formação de grupos tutoriais de alunos de graduação com o objetivo geral de melhorar as condições de ensino-aprendizagem nos cursos de graduação das Instituições de Ensino Superior (BRASIL, 2001a). Seu foco, apesar disso, era propiciar excelência de formação ao acadêmico membro do grupo (doravante chamado de petiano) e no estreitamento de laços entre graduação e pós-graduação, de modo que objetivava que os petianos ingressassem nos programas de pós-graduação. Em 2004, após uma revisão pedagógica, o PET passou a intitular-se “Programa de Educação Tutorial”. Sem destoar do seu objetivo geral anterior, o PET agora passa a ser orientado pelo princípio fundamental da indissociabilidade entre pesquisa, ensino e extensão, já consolidado pela Constituição Federal em seu artigo 207 (BRASIL, 1988).

Já de acordo com seu Manual de Orientações Básicas (BRASIL, 2006), o PET objetiva complementar a perspectiva convencional de educação escolar baseada, em geral, em um conjunto qualitativamente limitado de constituintes curriculares, por meio da realização de atividades, seguindo, nos limites do possível, um modelo de indissociabilidade do ensino, da pesquisa e da extensão.

De acordo com o Portal do Ministério da Educação, atualmente há 842 grupos PET entre 121 IES, realizando atividades de ensino, pesquisa e extensão.

A ampliação da formação nos grupos tutoriais se desenvolve em clima de informalidade e cooperação a partir do estímulo à aprendizagem ativa para (i) desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas e de pensamento crítico, (ii) desenvolvimento de capacidade de trabalho em equipe, (iii) facilitar a compreensão das características e dinâmicas individuais, bem como (iv) facilitar a percepção da responsabilidade coletiva e do compromisso social.

Nos cursos de engenharia, a problemática de que há muitos cursos com alunos com instrução técnica, mas sem preocupação social, cultural ou ambiental é bem acentuada. Para pôr fim a esse problema, outra ferramenta que pode e deve ser largamente utilizada nas instituições são as atividades complementares (ACs), que, instituídas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia (BRASIL, 2001, p. 2), “visam a ampliar os horizontes de uma formação profissional, proporcionando uma formação sociocultural mais abrangente”. Com grande possibilidade de adequação à realidade de cada instituição, as ACs podem ser exploradas na forma de trabalhos de iniciação científica, projetos relacionados à tríade ensino-pesquisa-extensão (com enfoque principal nas multidisciplinaridades e trabalho em equipe), bem como em ações que privilegiem atividades

empreendedoras. Tais atividades visam a complementar a formação do profissional, desenvolvendo “posturas de cooperação, comunicação e liderança” (BRASIL, 2001, p. 5).

Passados quinze anos desde sua implantação, as ACs ainda não estão eficazmente aplicadas de acordo com aquilo a que se propõem. Segundo a recente Portaria MEC nº 386/2016 (BRASIL, 2016, p.2), elas são apresentadas como componentes curriculares que possibilitam o reconhecimento, por avaliação, de habilidades, conhecimentos e competências do aluno, inclusive adquiridos fora do ambiente escolar. Atualmente, a incorporação de ACs aos currículos dos cursos de engenharia é regulamentada pela Resolução CNE/CES nº 2/2007 (BRASIL, 2007, p. 1). Esta estabelece que “os estágios e atividades complementares dos cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial, não deverão exceder a 20% (vinte por cento) da carga horária total do curso”, não definindo como esta carga horária deve ser distribuída entre o estágio e as atividades complementares, deixando a critério de cada IES. Como fica claro, não há a obrigatoriedade da prática de atividades extensionistas, o que prejudica a formação sociocultural do discente. Quando há a oferta de alguma atividade nesse sentido, geralmente esta se dá na forma de palestras ou eventos que não impactam de forma definitiva na formação do discente, principalmente em aspectos não ligados à área técnica da sua formação. Essa questão é conflitante com a Estratégia 12.7 do PNE BRASIL (2014, p. 74), que determina que até 2024 deverá ser assegurado um mínimo de “10% do total de créditos curriculares exigidos para a graduação em programas e projetos de extensão universitária, orientando sua ação, prioritariamente, para áreas de grande pertinência social”.

Assim, é possível perceber que a união de programas como o PET e as ACs só irá beneficiar aos discentes, que poderão realizar atividades complementares que realmente terão impacto significativo na sua formação, aliadas aos aspectos práticos dos programas tutoriais.

Para que as mudanças nas metodologias de ensino de engenharias sejam realmente palpáveis, vários autores, de diversas instituições, públicas e privadas, têm trabalhado pelo desenvolvimento de projetos e ações que agreguem experiências práticas ao discente e aos docentes, aliando ensino, pesquisa e extensão universitária, de modo a mudar, de uma vez por todas, a realidade da educação no Brasil. Nas próximas páginas algumas dessas iniciativas de sucesso serão descritas.

3. A INDISSOCIABILIDADE DA TRÍADE

Nesta sessão serão apresentados dez trabalhos que tratam sobre o tema, demonstrando casos diversos que revelam como a interação entre ensino, pesquisa e extensão produzem resultados reais ao ensino de engenharia.

3.1 Ensino, pesquisa e extensão: impactos na formação de engenheiros e suas representações sociais

Com o objetivo de integrar ensino, pesquisa e extensão, foi criado o Núcleo de Pesquisa, Inovação e Difusão dos cursos de Engenharia do Centro Universitário de Barra Mansa – NUPIDE.

Com a implantação do NUPIDE, os alunos passaram a integrar os conhecimentos adquiridos nas cadeiras da grade curricular de seus cursos de Engenharia, contemplando base tecnológica, inovação e empreendedorismo.

Por intermédio do NUPIDE, do Centro Universitário de Barra Mansa, foram criados projetos internos e externos, em parcerias com empresas.

Nos projetos internos destacam-se projetos nas áreas de Engenharia de Controle e Automação, Engenharia Elétrica, Engenharia de Produção, Engenharia Civil, Engenharia de Petróleo e Gerenciamento de Projetos:

- a) Projeto Robótica UBM – Projeto com aprovação da FAPERJ processo nº E-26/190.057/2014;
- b) Eficiência energética em ambientes do comércio;
- c) Desenvolvimento de um Biodigestor de baixo custo e uso de refugo de feira como fonte de energia renovável;
- d) Difusão e popularização da Ciência e Tecnologia no estado do Rio de Janeiro – 2015;
- e) Simulador de ondas;
- f) Permeabilidade em misturas areia e argila;
- g) Construção de um controlador lógico programável utilizando hardware *open source*;
- h) Correlação entre ângulo de atrito e N_{spt} para solos granulares;
- i) Acessibilidade em Volta Redonda – RJ;
- j) Controle dinâmico referenciado de manipulação de cargas;
- k) Estudo da capacidade de retenção de carga de estaca torpedo em escala laboratorial;
- l) Mapeamento de processos na secretaria do UBM;
- m) Estudo da malha ferroviária produtiva do Brasil;
- n) Estudo do comportamento de filas na cantina – UBM/Cicuta;
- o) Baja UBM;
- p) Mecânica na prática – Laboratório de estudo e pesquisa.

O Núcleo de Pesquisa, Inovação e Difusão das Engenharias do Centro Universitário de Barra Mansa (NUPIDE) conta com um grupo de pesquisa das Engenharias cujos líderes são três doutores, quatro mestres em doutoramento e um mestre.

Destacam-se alguns resultados obtidos com o núcleo de pesquisa. Através do Edital nº 071014 de Apoio à Implantação de Núcleos de Inovação Tecnológica - NIT, foi criado o NUPIDE, com verba destinada pela FAPERJ no valor de R\$98.500,00, sendo o processo nº E-26/290.001/2014-ADT1 finalizado com a avaliação totalmente satisfatório pela FAPERJ em 07 de março de 2016.

O Núcleo de Pesquisa, Inovação e Difusão das Engenharias do Centro Universitário de Barra Mansa (NUPIDE) possui uma sala de 36m² equipadas com computadores, impressoras, data show, caixas de som, para utilização dos professores do Núcleo de pesquisa. Um laboratório de computação disponível para os alunos pesquisadores além de: laboratório multidisciplinar de Física e Química, Controle e Automação I e II, Materiais de construção Civil e Mecânica dos Solos, Máquina e Equipamentos. Laboratório de Pneumática, Geociências, Robótica, Fenômenos de Transporte e Eletricidade.

O NUPIDE conta atualmente com 29 alunos, sendo quatro deles bolsistas FAPERJ e 15 bolsistas no Programa de Iniciação Científica interno do UBM.

Como consequência de um ambiente que estimula o interesse a pesquisas, desde março de 2014, obteve-se sete publicações e três resumos aceitos para o ano de 2015 nos mais variados congressos e simpósios. Isso significa que há uma média de um artigo publicado a cada dois meses e meio aproximadamente. Em 2016 houve o aceite de mais dois artigos em revistas indexadas, além de congressos.

Em abril de 2015 foi aprovada a bolsa auxílio para iniciação científica para dois alunos do NUPIDE, através da FAPERJ. Esses alunos estão inseridos em projetos de Engenharia de Controle e Automação e Engenharia de Petróleo. Essas foram as primeiras bolsas de iniciação científica obtidas pelas engenharias da instituição através de órgãos do governo.

É sabido que a capacidade de um país em inovar tecnologicamente é primordial para o seu crescimento e melhoria da qualidade de vida dos seus cidadãos. Nas engenharias, a inovação é indispensável para o contínuo desenvolvimento científico e tecnológico. Com esses projetos busca-se um método simples e dinâmico de aprendizagem, desenvolvendo o interesse do aluno pelos temas envolvidos.

3.2 Avaliação da extensão universitária a partir de suas diretrizes

Ao definir o conceito da extensão universitária e sua contribuição para a formação social do engenheiro, é importante pontuar quais são essas diretrizes expostas na Política Nacional de Extensão Universitária (2012), as quais devem orientar e formular todas as práticas extensionistas. A partir das descrições, sugerimos indicadores para avaliação da prática da extensão.

Interação dialógica

Esta diretriz orienta que a relação entre a universidade e o setor social presente da extensão universitária deverá ser marcada pelo diálogo e troca de saberes, a fim de não permitir que haja o messianismo acadêmico. O conhecimento deve ser algo mutuamente construído, através de práticas inclusivas, metodologias participativas em que todos os envolvidos interajam juntos para construção de algo.

Para a avaliação sugerimos:

- a) Adotar uma metodologia participativa, como a pesquisa-ação, para a execução do projeto, na qual o pesquisador e os atores da pesquisa interagem e reagem com o campo estudado e a partir de então estabelecem suas ações;
- b) Verificar se o projeto foi estruturado, quanto às suas etapas e cronograma, junto à comunidade;
- c) Analisar se as visitas técnicas ao local do projeto e os encontros dentro dos espaços estudantis foram produtivos e suficientes;
- d) Estabelecer um canal de comunicação entre os principais envolvidos do projeto, discentes, docentes e comunidade.

Interdisciplinaridade e Interprofissionalidade

Cabe a esta diretriz o papel de promover a interlocução dos saberes desenvolvidos por cada campo de atuação, promovendo o convívio entre os mais diversos tipos de profissionais. Dessa maneira, espera-se que as ações tomadas pelo projeto sejam capazes de atender as demandas reais dos indivíduos, pois o conhecimento não está limitado a somente um campo de atuação ou somente a uma disciplina.

Como forma de avaliação sugerimos:

- a) Pontuar os profissionais que atuaram durante o desenvolvimento do projeto e de que maneira se deu a sua empregabilidade;
- b) Descrever a ótica de cada disciplina que foi utilizada e qual contribuição seu conhecimento gerou ao aluno e à comunidade.

Indissociabilidade ensino – pesquisa – extensão

A indissociabilidade entre a tríade ensino, pesquisa e extensão reafirma que a prática da extensão universitária como um processo acadêmico é capaz de atingir maiores resultados se estiver associada ao processo de formação de pessoas (ensino) e de geração de conhecimento (pesquisa), de tal forma que possibilite ao estudante o protagonismo de sua formação. Além disso, é sabido que a extensão

universitária é uma fonte de produção acadêmica que deveria estar cada vez mais presente nos cursos de graduação e pós-graduação.

A avaliação deve abranger:

- a) No âmbito do ensino: promover grupo de estudos sobre as temáticas pertinentes ao projeto;
- b) No âmbito da pesquisa: publicar artigos e trabalhos sobre o projeto desenvolvido e desenvolver indicadores;
- c) No âmbito da extensão: participar de eventos sobre a temática do projeto, estabelecer uma programação de vivência no campo de estudo, no qual o grupo acompanhará o dia a dia da comunidade e promoverá as atividades do projeto em si.

Impacto na formação do estudante

Conforme o previsto na Constituição de 1988 e regulamentado pela Política Nacional de Educação – PNE (2001-2010), as atividades de extensão universitária devem estar presentes no currículo dos estudantes a fim de imprimir uma maior qualidade na formação destes. Tais atividades são capazes de contribuir à formação do discente, seja pela ampliação do universo de referência no qual estão inseridos, seja pelo contato direto com as grandes questões contemporâneas estabelecidas durante o projeto. Os resultados desses trabalhos permitem o enriquecimento da experiência do estudante em termos teóricos e metodológicos, ao mesmo tempo em que abrem espaços para reafirmação e materialização do compromisso social e democrático das universidades brasileiras.

Como forma de avaliação sugere-se os seguintes pontos:

- a) Descrever a designação e histórico do professor orientador;
- b) Estabelecer os objetivos, competências e metas de cada integrante do grupo;
- c) Avaliar a frequência dos integrantes nas atividades *on-line* e presenciais;
- d) Avaliar o cumprimento dos prazos de cada atividade definida no cronograma do projeto.

Impacto na transformação social

Nesta diretriz, a extensão universitária ganha um caráter político, na qual a universidade cumpre seu papel social e promove a democratização do ensino. É realizado o encontro entre a sociedade e o meio acadêmico e, conseqüentemente, produz-se novas formas de conhecimento segundo as necessidades das diversas camadas sociais. Cabe ressaltar que os benefícios gerados através da extensão universitária não são apenas sentidos pelos grupos sociais nos quais se atuam, mas também na própria universidade que passa por este impacto social e,

assim, é transformada.

Como forma de avaliação sugerimos:

- a) Realizar encontros com pesquisadores e atores de avaliação durante e no final do projeto;
- b) Entrevistar os estudantes, o professor orientador e a comunidade – por meio de questionários preestabelecidos – ao fim do projeto, para entender suas expectativas e realizações geradas ao longo do projeto;
- c) Pontuar as melhorias desenvolvidas com o projeto, como ferramentas de engenharia desenvolvidas e os conhecimentos gerados.

O modelo de avaliação proposto é objeto de estudo de uma aluna de graduação em Engenharia de Produção no seu trabalho de conclusão de curso e ainda está em fase de discussão. Esse modelo será utilizado para avaliar um projeto de extensão universitária em andamento, o qual tem como objetivo assessorar a gestão de uma cooperativa de agricultura familiar. Porém, acredita-se que também pode ser adaptado para avaliação dos Programas de Educação Tutorial (PET) nas engenharias.

3.3 Prática pedagógica fundamentada na prática – uma extensão da perspectiva antropopedagógica para o aprendizado da engenharia em cenários complexos

Este estudo baseia-se em três projetos de pesquisa de campo desenvolvidos com base na abordagem de pesquisa-ação integrada e sistêmica (LIMA, 2015), cujas regras e rigor são diferentes daquelas da metodologia tradicional positivista. A observação não é passível, as capacidades de organização e de redefinição das situações dos atores sociais estão no centro das atenções dos pesquisadores – aqui considerados como atores no processo de comunicação, interpretação e delineamento de ações. Por esses motivos, os princípios de cientificidade e objetivação da pesquisa-ação não são idênticos aos da metodologia formulada sob influência positivista.

O mecanismo de orientação metodológica aqui proposto, para o empreendimento da prática pedagógica, consiste em uma adaptação do dispositivo de pesquisa-ação integral e sistêmico (MORIN, 2004), concebido como estrutura de interação pesquisador, educando e atores do sistema de atividade humana investigado, com procedimento em quatro fases:

- a) prospecção para identificar uma situação-problema no sistema organizacional;
- b) planejamento da ação, considerando as ações alternativas para resolver o problema;
- c) execução das ações, com seleção de um roteiro de ação; e

d) avaliação das consequências da ação.

Por ser um método que favorece a análise interpretativa, a pesquisa-ação atua com foco nas perspectivas dos participantes e dos atores sociais. Seu objetivo é resolver os problemas do cotidiano e melhorar as práticas concretas e imediatas em situações em que o grau de conteúdo humano é elevado, e, por sua vez, expandir as fronteiras do conhecimento científico: como a informação é recolhida a partir da análise do comportamento das pessoas em seus contextos reais.

Nesse sentido, a pesquisa-ação é uma opção estratégica que possibilita estudar dinamicamente os problemas, decisões, ações, negociações, conflitos e tomadas de consciência que ocorrem indistintamente entre os atores durante o processo de transformação pedagógica das situações presentes em projetos de pesquisa.

A estratégia da proposta está sustentada na abordagem integrada e sistêmica, cuja exploração da situação-problema inclui não só descobrir elementos que remetem às suas características instrumentais, mas também estudar seus aspectos sociais e políticos (CHECKLAND; HOLWELL, 1998; DEMO, 2014; THIOLENT, 1997). Isso é muito importante, visto que as mudanças são indiscutivelmente desejáveis, mas ao mesmo tempo devem ser culturalmente viáveis, não sendo, portanto, resultado unicamente da lógica instrumental (CHECKLAND; HOLWELL, 1998; DEMO, 2014).

A complexidade do real nos ensina que uma só ferramenta não basta para abordar, compreender e mudar alguma coisa (Cf. MORIN, 2004, p. 114). A adoção de múltiplas metodologias favorece a investigação da situação-problema (JACKSON, 2013), de modo a integrar as potencialidades de cada uma. Nesta pesquisa, adotaremos três abordagens principais, face à complementaridade existente entre elas para a elucidação da situação-problema de pesquisa. São elas:

- a) Metodologia de sistemas flexíveis;
- b) Pesquisa-ação integral e sistêmica;
- c) Estudo etnográfico.

A prática baseada no pensamento sistêmico é justificada pela possibilidade de alcançar a visão conjuntural e panorâmica do sistema determinado pelo problema. Espera-se, portanto, que a análise sistêmica permita diagnosticar o curso de circunstâncias e o conjunto de elementos que constituem uma solução, ou um problema, presente. Portanto, o modelo de investigação será baseado na aplicação combinada dos métodos:

- a) Pesquisa metodológica – especificamente a metodologia ecossistêmica e a metodologia de redes sociais sistêmicas;
- b) Pesquisa operacional flexível – especificamente a metodologia de sistemas flexíveis, o planejamento interativo, os sistemas indagadores e a crítica de fronteira;
- c) Pesquisa social e organizacional – especificamente a pesquisa-ação de

André Morin (MORIN, 2004), Peter Checkland (CHECKLAND; HOLWELL, 1998) e Michel Thiollent (THIOLLENT, 1997) e o estudo etnográfico.

A evolução natural e sistêmica de uma coletivamente depende essencialmente dos mecanismos de aprendizagem implementados, que possam refletir em última análise as práticas e as ações desenvolvidas no sistema de atividade humana (CHECKLAND; HOLWELL, 1998). Diante dos desafios apresentados na realidade complexa de tais sistemas, os autores propõem uma abordagem estruturada para operacionalizar uma pesquisa-ação fundamentada no sistema de aprendizagem subjacente.

Uma pesquisa-ação bem conduzida alcança suficiente rigor científico quando retrata bem a realidade do sistema organizacional e equaciona seus problemas sem parcialidade ou complacência relacionadas com os interesses vigentes (THIOLLENT, 1997). Na sua avaliação, os projetos de pesquisa-ação podem ser implementados nos sistemas organizacionais, como: empresas de produção ou serviços de engenharia, órgãos públicos, centros de pesquisa científica ou tecnológica, associações profissionais ou sindicatos, outras entidades sem fim lucrativo.

Estudar as possibilidades de prospecção e as circunstâncias contextuais que emergem das realidades observadas sob a ótica de cada dimensão de avaliação contribui para a exploração das situações e dos problemas descobertos. As realidades se constroem em conversações, em espaço de intersubjetividade (VASCONCELLOS, 2013). Cada dimensão de avaliação permitirá ter acesso a uma fatia da realidade. Isto posto, a prospecção de contexto terá como principais atividades:

- a) Prospecção dos contextos da realidade observada (VASCONCELLOS, 2013; MORIN, 2004; THIOLLENT, 1997);
- b) Identificação do sistema construído em torno do problema e do sistema de resolução de problema (CHECKLAND; HOLWELL, 1993);
- c) Levantamento das principais necessidades dos pesquisadores e atores da pesquisa (MORIN, 2004).

3.4 Atividade integralizadora: o despertar para Engenharia através de Práticas Interdisciplinares

No currículo da UTFPR – Ponta Grossa, como em vários cursos de Engenharia, as disciplinas são segmentadas e a única tentativa de aplicar o conhecimento adquirido ao longo da graduação é na disciplina de Projetos Industriais, que está localizada ao final da matriz curricular. Assim, os alunos até o quarto semestre pouco visualizam as áreas de atuação do engenheiro, bem como pouco conseguem entender a contextualização das disciplinas na aplicação prática ou resolução de problemas.

A interdisciplinaridade é uma alternativa ao ensino segmentário, que é apon-

tado como insuficiente em atender a necessidade de um saber contextualizado, que permita ao aluno resolver problemas que englobem várias áreas do conhecimento (AUGUSTO *et al.*, 2004).

A atividade integralizadora agrega todas as disciplinas de um semestre na solução de um problema prático, aplicando a interdisciplinaridade já no primeiro semestre de Engenharia, para motivar o aluno a entender a ligação de todas as matérias abordadas e como elas se relacionam no decorrer do curso.

Iniciou-se com o primeiro período do curso para permitir ao calouro que está cheio de anseios e dúvidas desenvolver uma atividade prática e também ter o contato com outros alunos do curso. Atualmente já foram realizadas pelo PET Engenharia Química (EQ) cinco atividades integralizadoras, nas quais foram desenvolvidos os protótipos: ciclone, trocador de calor, reator para produção biodiesel, tubo venturi e climatizador, sendo abordadas as disciplinas do primeiro ao quinto período, respectivamente.

As atividades possuem o mesmo formato, iniciam com uma dinâmica para “quebra do gelo” e formação das equipes, na qual são distribuídos os alunos de forma aleatória para proporcionar uma maior integração; também foi observado ao longo das edições que ao deixar os grupos heterogêneos (sem conhecidos) o objetivo coletivo é o mesmo, impedindo as conversas casuais e proporcionando um melhor aproveitamento da atividade, além de propiciar a exposição de opinião sem o “medo de estar equivocado”.

A partir da formação das equipes é fornecido um problema real; por exemplo, para a primeira edição, um dos problemas foi desenvolver um protótipo de um ciclone para uma indústria de mineração (MEYER *et al.*, 2014).

A Aprendizagem Baseada em Problemas – PBL é uma estratégia pedagógica que constrói os conhecimentos a partir de problemas reais que são abertos, complexos e permitem ao aluno construir novas estratégias para resolução destes problemas, motivando este a aplicar o conhecimento prévio e também o desenvolvimento de novos conhecimentos (RIBEIRO, 2008).

Para relembrar ou familiarizar os alunos dos conceitos e fenômenos envolvidos na resolução do problema é realizado um jogo de perguntas e respostas. Cada equipe recebe uma pontuação de acordo com acerto nas perguntas. Esta pontuação irá definir o tipo do “kit” que cada equipe irá receber para construção do protótipo. Quanto maior o número de acertos melhor ou maior a quantidade de material que a equipe recebe. Todos os “kits” são confeccionados com materiais simples ou até mesmo recicláveis para instigar a consciência ambiental, também sendo abordada a importância do descarte adequado e minimização dos resíduos em todas as etapas da atividade.

Para continuidade da atividade é utilizada uma ferramenta que indica os próximos passos, auxilia no planejamento e desenvolve uma nova habilidade. Algumas das ferramentas já utilizadas foram: Canvas para estruturar o modelo de negócio (SEBRAE, 2016) e Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos FMEA.

Devido ao rodízio de alunos no PET, a mesma atividade integralizadora pode ter diferentes edições. Esta atividade permite a construção do saber de forma ativa, solucionando problemas, desenvolvendo o pensamento crítico e a criatividade durante a construção do protótipo e resolução do problema apresentado.

Após o desenvolvimento e teste do protótipo, bem como análise dos resultados, as equipes criam uma apresentação e na forma de mesa redonda são discutidos os conhecimentos, saberes e habilidades construídas, além de compartilhadas as dificuldades no desenvolvimento da atividade.

Com base nos questionários avaliativos da atividade realizados ao final de cada edição, constata-se que todos os alunos que participaram sentiram-se motivados a continuar no curso e despertaram para a importância de todas as disciplinas abordadas, pois conseguiram entender a integração destas, facilitando o entendimento e aumentando a motivação.

Para despertar o interesse por Engenharia nos alunos do Ensino Médio e Técnico de escolas parceiras em projetos como o PET EQ, a atividade integralizadora foi reformulada, explicando-se os conceitos de forma mais simples e palpável e aplicada no mesmo formato. Ao final da atividade 100% dos alunos apreciaram a experiência e relataram que esta atividade permite que eles “executem a ação”, além disso, a maioria nunca havia desenvolvido um protótipo ou atividade similar, o que a torna ainda mais motivadora.

Após algumas edições da mesma atividade observou-se que permitir que alunos de todos os semestres participassem e não apenas os que estão no semestre abordado contribui com a troca de experiências em diferentes níveis de conhecimento, tornando as discussões mais efetivas e transformadoras.

Todas as atividades integralizadoras foram desenvolvidas pelos petianos, que por meio da pesquisa conseguiram adaptar diferentes ferramentas e algumas metodologias de aprendizagem para o objetivo de integrar as disciplinas e contribuir para melhoria da aprendizagem entre os colegas.

Com a inserção dos estudantes das escolas parceiras o PET EQ aproxima a universidade da sociedade, contribui para criação de novas habilidades – para todos os envolvidos –, permite a construção de outras perspectivas para o conhecimento e também para o diálogo da universidade com a sociedade, na qual o PET EQ foi agente ativo e auxiliou na interatividade do conhecimento.

3.5 Nucleação de grupos de aprendizagem tutorial: uma contribuição do PET para a melhoria dos cursos de Engenharia

O Projeto Pedagógico do curso de graduação em Engenharia Elétrica da UDESC contempla uma carga horária total de 5.184 horas – as quais são contabilizadas em 288 créditos. No que diz respeito às atividades complementares, a Resolução nº 026/2012 – CONSEPE (UDESC, 2012, p. 1) estabelece que “o total da carga horária atribuída às Atividades Complementares

deve contemplar de 8% a 10% do total da carga horária mínima do curso definida pela legislação, (...) não podendo exceder este limite”. Especificamente no curso de Engenharia Elétrica, foi estabelecido que as atividades complementares perfazem 8% do total da carga horária do curso, ou seja, correspondem a 414 horas-aula (345 horas) ou 23 créditos.

A análise das atividades complementares apresentadas nesta resolução permite subdividi-las em “atividades de participação passiva” e “atividades de participação ativa”, de acordo com o tipo de participação dos alunos. Entre as atividades ditas passivas constam, dentre outras:

- a) A realização de disciplinas (não previstas no currículo, ou com excesso de créditos em disciplinas eletivas/optativas);
- b) Cursos de línguas;
- c) Participação em eventos, cursos, palestras (de ensino, pesquisa ou extensão);
- d) Participação em visita técnica

Já como exemplo de atividades ativas citam-se, por exemplo:

- a) A participação como ministrante em minicurso ou como palestrante;
- b) Participação como bolsista (ou voluntário) em projetos de pesquisa, extensão ou ensino;
- c) Publicação e apresentação de trabalhos.

Importa observar que, no intuito de incentivar uma diversificação na realização das atividades complementares, e, conseqüentemente, na formação dos estudantes, foram impostas limitações no cômputo de cada uma das atividades. Por exemplo: o aluno pode contabilizar no máximo 10 créditos na participação como bolsista em atividades de pesquisa, o que é acumulado ao longo de dois semestres. Assim, para somar os 23 créditos exigidos no PPC, o aluno precisa realizar outras atividades, obrigando-o à certa diversidade no seu currículo.

O Grupo PET Engenharia Elétrica da UDESC (PETEE-UDESC) foi constituído em agosto de 1994. Em 2007, o grupo passou a adotar uma metodologia de planejamento estratégico trienal. Nesta, a definição do perfil estratégico do grupo culmina na delimitação de objetivos, metas e ações, pensadas de forma a analisar os resultados do planejamento anterior e almejar resultados para o futuro baseados nos objetivos do programa, entre eles a melhoria do curso de graduação.

Focando nesse aspecto, desde 2010 o grupo tem adotado uma tendência de traçar objetivos que visem a expandir a participação dos graduandos em Engenharia Elétrica em grupos tutoriais. Para tal, cada projeto planejado e executado pelo grupo busca a inserção de acadêmicos do curso em suas equipes, seja por voluntariado ou por concessão de bolsas sustentadas por editais de fomento internos e externos à universidade.

Como resultado da metodologia de trabalho adotada, foram criados diversos

projetos com diferentes temas e objetivos, entre eles: Robótica e Educação (ROB), Ciência ao Alcance de Todos (CAT), Grupo de Soluções em Sistemas Embarcados (GESSE) e outros projetos que podem ser encontrados no website do grupo (<http://www.pet.joinville.udesc.br>). Todos esses projetos ainda estão sob a tutela do PETEE-UDESC, porém contam com diversos integrantes discentes trabalhando em suas atividades.

Destacam-se, a seguir, projetos que já foram nucleados e adquiriram independência do PETEE-UDESC. Todos possuem espaço físico próprio e autonomia para realização de planejamento estratégico e atividades. Contudo, possuem como diretrizes básicas os princípios da educação tutorial e a busca pela indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão.

- a) **GERM – Grupo Estudantil de Robótica Móvel:** o grupo, criado em 2011, centraliza suas atividades na temática da robótica móvel, tendo como objetivo desenvolver capacidades de raciocínio lógico, trabalho em equipe e solução de problemas. As atividades são pautadas na indissociabilidade, contando com forte pesquisa e desenvolvimento para participação em campeonatos de robótica.
- b) **LabCoop – Laboratório Cooperativo:** concebido a fim de contribuir para a quebra do paradigma de que faltam aspectos práticos nos cursos de Engenharia, principalmente nas fases iniciais. É um espaço disponível em período integral que fornece recursos tecnológicos para que o acadêmico execute sua pesquisa e desenvolvimento, além de oferecer um corpo estudantil para dar suporte aos usuários (discentes) e tutorá-los nos passos iniciais do ensino superior.
- c) **Assistiva – Tecnologia para Inclusão Social:** o grupo centraliza suas atividades no desenvolvimento de tecnologias assistivas, voltadas às reais necessidades de seres humanos deficientes físicos ou mentais. Além da forte pesquisa em tecnologias assistivas, bem como o desenvolvimento destas, o grupo busca a inserção do tema central da acessibilidade em diversas disciplinas da graduação, inclusive inserindo-o como problematização para os projetos finais de curso. Na extensão, seus projetos têm estreito relacionamento com diversas entidades da região de Joinville (APAE, ADEJ, NAIPE, Faculdade Guilherme Guimbalá), a fim de que as soluções desenvolvidas sejam todas aplicadas às realidades encontradas na comunidade.
- d) **i9 – Núcleo Estudantil de Inovação Tecnológica:** iniciado no ano de 2010, o núcleo tem por objetivo a disseminação do espírito inovador junto aos alunos do Centro de Ciências Tecnológicas da UDESC, aos seus egressos e às empresas de base tecnológica do estado de Santa Catarina. Este grupo tutorial desenvolve diversas atividades de ensino dentro do CCT, como palestras e cursos acerca de suas pesquisas sobre o tema inovação e propriedade intelectual.

A oferta de um conjunto diversificado e adequado de ACs é fundamental

para a formação de cidadãos conscientes de suas responsabilidades socioeconômicas e de profissionais que assumam tais responsabilidades, tornando-os elementos ativos na transformação não só do seu espaço de trabalho, mas também da realidade regional onde estão inseridos.

Propôs-se que as atividades complementares sejam desenvolvidas com sustentação em metodologias de aprendizagem ativa, agregando características interdisciplinares e articulando ensino, pesquisa e extensão de forma indissociável. Nessa perspectiva, foi apresentada uma proposta de metodologia para disseminação da educação tutorial junto a outros espaços e grupos, mantendo os aspectos inerentes ao Programa de Educação Tutorial.

A proposta foi testada por meio da estratégia adotada pelo grupo PET Engenharia Elétrica da UDESC de constituir e desenvolver núcleos de educação tutorial abertos à participação dos alunos do curso. Os resultados destacados mostram que foi garantida uma oferta diversificada e sólida de atividades complementares, baseadas na indissociabilidade ensino-pesquisa-extensão e que garantem a formação holística do estudante.

3.6 Atividades Extracurriculares desenvolvidas pelo Programa de Educação Tutorial no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária – CEFET/MG

O grupo PET – Ambiental, assim denominado, por estar vinculado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET/MG, tem buscado desenvolver competências e habilidades nos acadêmicos, estimulando na formação destes o trabalho em equipe e o compromisso no desenvolvimento e/ou difusão de tecnologias ambientais, de baixo custo e que contribuam para o empoderamento das comunidades mais desprovidas social e economicamente.

O PET, ao desenvolver ações de ensino, pesquisa e extensão, de maneira articulada, permite uma formação global, tanto do aluno bolsista quanto dos demais alunos do curso, em contraposição à fragmentação, proporcionando-lhes uma compreensão mais integral do que ocorre consigo mesmo e no mundo. Ao mesmo tempo a multiplicidade de experiências contribui para reduzir os riscos de uma especialização precoce (MEC, 2002).

Além disso, dando ênfase à tríade – ensino, pesquisa e extensão, basilar a todas as atividades propostas e desenvolvidas pelo grupo, promove a integração da formação acadêmica com a futura atividade profissional, contribuindo para a formação de pessoas proativas, com capacidade de expressão oral e argumentação, compromissadas com as metas a serem atingidas e, especialmente, com responsabilidade cidadã.

Para tanto, o grupo PET – Ambiental foi criado com os objetivos de desenvolver atividades relacionadas ao desenvolvimento e aplicação de tecnologias ambientais; implementar projetos de educação ambiental, com envolvimento da comunidade acadêmica e administrativa do CEFET/MG e realizar ações de difusão das tecnolo-

gias ambientais aos alunos da rede de ensino público e comunidade em geral.

A maioria das atividades desenvolvidas durante o ano de 2015 constavam inicialmente no projeto submetido e aprovado pelo Edital de Seleção CLAA n. 173/2014, como Desenvolvimento e Aplicação de Tecnologias Ambientais, entre elas: Compostagem dos Resíduos Orgânicos dos Campus I e II, Construção de um Jardim Vertical; Projetos de Educação Ambiental, como: Campanha de Desperdício Zero de Alimentos e Campanha de Desperdício Zero de Água. Algumas outras atividades como Avaliação das condições da ETA – Piloto da COPASA; Participação no evento CineCipó e Oficina de Compostagem foram propostas sugeridas posteriormente e acatadas pelo grupo.

No entanto, em função da grande dificuldade na obtenção de recursos, especialmente pela não-inclusão orçamentária para a manutenção do Programa PET Institucional no plano de gestão institucional, algumas atividades previstas no projeto não puderam ser realizadas como: Oficinas de capacitação sobre gestão de resíduos sólidos para os servidores do CEFET/MG e Difusão das Tecnologias Ambientais aos alunos da rede de ensino público.

Para os grupos PETs, vinculados ao MEC/SESU, são garantidos os recursos orçamentários e financeiros, tanto para bolsas quanto para o custeio dos grupos (MEC, 2005). Atualmente, o CEFET/MG tem garantido um total de seis bolsas, não havendo previsão de ampliação.

Apesar dessas e outras dificuldades encontradas, como exemplo o desconhecimento do Programa PET pelos setores internos da Instituição, no final da última gestão administrativa (2011-2015), mesmo com os cortes no orçamento geral da instituição, a maioria das atividades foram conduzidas e apresentaram resultados positivos. Além disso, há uma preocupação na publicação em eventos e em periódicos científicos dos resultados obtidos nas atividades realizadas. Até o momento, já foram encaminhados e aprovados dois trabalhos em eventos nacionais e dois em eventos internacionais.

Percebe-se que entre os acadêmicos do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, o grupo PET – Ambiental já está amplamente divulgado e tem gerando um interesse crescente pelas atividades que estão sendo conduzidas, além do aumento da demanda por mais participantes. Infelizmente, o grupo tem restringido um pouco suas ações, devido à falta de recursos e pelo número atual de integrantes. Entretanto, entre os participantes (bolsistas e voluntários) observa-se uma integração muito grande e uma satisfação pessoal em ser um petiano.

O grupo possui um caráter democrático, presente em todas as suas ações e decisões, o que foi facilmente assimilado pelos alunos, quebrando a hierarquia presente na maioria das atividades acadêmicas, nas relações docente-discente. Da mesma forma, a compreensão da inter-relação ensino-pesquisa-extensão é facilmente entendida e exercida pelo grupo. Ou seja, não há necessidade de cursos, palestras ou outras maneiras de explicitação dessas premissas, muitas vezes, tão difícil de serem implementadas nas metodologias mais tradicionais utilizadas na educação superior.

3.7 Tentativas de trabalho articulador no Programa de Educação Tutorial em Engenharia Mecânica na Universidade Federal do Espírito Santo

Serão apresentados nesta seção alguns dos projetos desenvolvidos no âmbito do Programa de Educação Tutorial em Engenharia Mecânica da UFES, visando a conceituar e a explicitar as tentativas de articulação entre ensino, pesquisa e extensão. Essa articulação se dá tanto na proposição quanto na condução dos projetos. Também se pretende avaliar os benefícios esperados com as iniciativas. Cabe ressaltar que o PET – Engenharia Mecânica da UFES realiza ainda outras atividades não relatadas aqui, tais como a oferta de minicursos presenciais, preparação de videoaulas de minicursos online, ensino de programação a alunos de escolas públicas de Ensino Fundamental e participação nas atividades integradas do PET – UFES.

Optou-se por uma descrição enumerada dos projetos devido à grande variedade de atividades e à dificuldade de aglutinar todos por meio de características comuns. Na descrição sucinta de cada projeto são enfatizadas as características de articulação entre as bases conceituais da universidade brasileira.

1. Projeto Elementos Finitos

Projeto aparentemente voltado apenas à pesquisa, articula com o ensino das disciplinas optativas de Resistência dos Materiais III e Introdução ao Método dos Elementos Finitos, bem como disciplinas voltadas à Programação e Métodos Numéricos, com o auxílio a projetos de extensão (competições acadêmicas) no âmbito do Departamento de Engenharia Mecânica e com outro projeto de pesquisa em Manufatura Aditiva.

O projeto visa a estudar e a desenvolver, em linguagem orientada a objeto, aplicações gráficas do método dos elementos finitos tanto em sua versão tradicional, discretizando o domínio e o contorno em malhas, quanto na formulação livre de malha para problemas de Engenharia Mecânica. Objetiva-se, ainda, testar e resolver uma série de problemas de interesse prático da Engenharia Mecânica, bem como realizar teste das aplicações desenvolvidas.

A ênfase no ano de 2016 foi em técnicas de otimização topológica, visando a determinar as dimensões de uma estrutura a partir da análise de elementos finitos e produzir os modelos físicos com o auxílio de manufatura aditiva. Os resultados dessa atividade, muito mais do que as publicações científicas que ensejem, vão muito além, pois possibilitam melhorias a outros alunos do curso, que não participam diretamente da Educação Tutorial, seja por aderirem ao projeto ou por participarem de atividades de extensão, e no aprendizado prático de técnicas estudadas em disciplinas do curso.

2. Projeto Manufatura Aditiva – Impressora 3D

Devido à aquisição de uma impressora 3D portátil pelo grupo PET, faz-se necessário conhecer o equipamento em questão, buscando sempre o melhor uso possível. Com os avanços tecnológicos sempre em crescimento, a manufatura aditiva tem ganhado amplo espaço nas técnicas de construção de peças e equipamentos, logo a formação de engenheiros que conheçam o processo e os equipamentos em questão é de grande valia para a melhora da qualidade de formação dos alunos do curso.

O objetivo desta pesquisa é estudar e comparar os métodos de impressão 3D, buscando as melhores formas de realizar a impressão para a obtenção de peças com boa qualidade, menor tempo de fabricação e utilização, da melhor forma possível, do equipamento. As articulações ocorrem no auxílio aos projetos de extensão de competição acadêmica (Automodelo, Aeromodelo), com a impressão de peças de reposição. A articulação com outras atividades do PET também é importante neste projeto.

3. Projeto Assentamento Vale da Esperança

Este projeto visa a auxiliar no projeto de layout, montagem de equipamentos e manutenção preventiva para equipamentos de processamento de alimentos pertencentes ao Assentamento Vale da Esperança, do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra, no município de Santa Teresa – ES, no intuito de otimizar a disposição dos equipamentos, consumo de energia e manutenção destes. Para isso serão necessárias visitas técnicas, palestras e a elaboração de desenhos e procedimentos técnicos visando à construção, montagem e operação de um centro de processamento de alimentos produzidos no assentamento.

Apresentar aos alunos do PET – Engenharia Mecânica uma realidade de trabalho em Engenharia diferente do trabalho em grandes indústrias de transformação, bem como uma condição de vida fora dos grandes centros urbanos, neste projeto extensionista, cumpre importante função de ensino. As pesquisas se darão ao longo do projeto, decorrentes de necessidades de otimização ou manutenção dos equipamentos e do processo de estocagem de alimentos. A formação social dos integrantes do PET também é expandida pelo conhecimento direto de realidade diferente da exposta na mídia tradicional.

4. Projeto Prótese Animal

Este projeto, de pesquisa e desenvolvimento, reflete claramente a articulação da tríade ensino, pesquisa e extensão. Procurado por uma proprietária de uma empresa, o PET – Engenharia Mecânica decidiu em reunião colaborar com este projeto em face do desafio de se trabalhar em uma área diferente e da gama

de atividades necessárias para a conclusão do projeto. Pretende-se projetar e construir próteses de pernas para cachorro sem as patas dianteiras.

O desenvolvimento do projeto desde a etapa conceitual até a construção de utilização do produto final é de fundamental importância para a formação dos petianos. O caráter humanístico, relacionado ao bem-estar de um animal, também contribui para a importância deste projeto na formação dos alunos. Neste projeto se utiliza a abordagem baseada em projeto ministrada no curso de Introdução à Engenharia Mecânica, o que contribui na melhoria do curso. O modelo que está sendo proposto será impresso via manufatura aditiva, contribuindo na pesquisa desenvolvida pelo PET.

A Educação Tutorial é um processo extremamente difícil e prazeroso, tanto para os tutores quanto para os tutorados. A articulação entre ensino, pesquisa e extensão nem sempre é fácil, mas pode ser buscada na proposição de projetos interdisciplinares e na condução dos projetos desenvolvidos. Os projetos desenvolvidos pelo PET em Engenharia Mecânica da UFES, aqui apresentados, procuram consolidar a articulação de atividades e podem servir como exemplos das práticas preconizadas pela legislação brasileira e referendadas por nós, como educadores.

3.8 Formação de profissionais e cidadãos autônomos, com capacidade crítica e poder de interação social no sentido da transformação, a partir da docência a estudantes de escolas públicas

Este trabalho objetiva relatar a experiência de formação de discentes de grupos PET (petianos), a partir da atuação como docentes em projeto (PAESPE) de apoio a estudantes de escolas públicas (paespianos). Ao longo dos últimos 10 anos, o Centro de Tecnologia (CTEC) da Universidade Federal de Alagoas desenvolve um programa com o uso de discentes petianos como docentes (PAESPE), com foco na formação de cerca de 80 alunos do 3º ano do Ensino Médio das escolas estaduais, obtendo razoável êxito (SOUZA, 2008).

Com a expectativa de melhorar o rendimento dos ingressantes no PAESPE, a coordenação resolveu no ano de 2012 criar o PAESPE JR, consistindo em duas turmas de 60 alunos cada, da 9ª série do Ensino Fundamental e 1º ano do Ensino Médio das escolas públicas estaduais.

Para enfrentar a desmotivação dos paespianos, a coordenação do PAESPE resolveu trazer os pais, parentes e responsáveis para o CTEC/UFAL, por meio da criação do curso de Informática Básica para adultos (SOUZA; GOMES, 2014).

Paralelamente aos cursos regulares (PAESPE, PAESPE JR e Informática Básica), professores do CTEC submetem projetos de pesquisa e extensão vinculados às ações do PAESPE nas chamadas públicas realizadas pelas agências de fomento, as quais têm contribuído de forma interessante na aprendizagem e no aporte de materiais de consumo e de capital, além de recursos para construção de laboratórios e salas do programa.

A infraestrutura do CTEC/UFAL é disponibilizada para o Programa de Apoio aos Estudantes das Escolas Públicas do Estado (PAESPE), incluindo (i) seus diversos laboratórios para visitação; (ii) sala de aulas, com condicionador de ar, computador e projetor multimídias; (iii) sala para coordenação e pesquisa, onde estão instalados 10 computadores; (iv) sala para monitoria, com 04 computadores e impressoras; (v) biblioteca setorial (aproximadamente 2.000 volumes). Como o PAESPE é registrado na Pró-reitoria de Extensão, os paespianos podem usar o acervo da biblioteca central da UFAL e serviços de transporte e motorista para as visitas técnicas.

A divulgação do programa é realizada através do site da UFAL, internet e visitas às escolas estaduais e municipais situadas na região circunvizinha ao campus A. C. Simões da UFAL, além de entrevistas na imprensa escrita e falada.

Para se inscrever no PAESPE JR, o aluno precisa estar cursando a 9ª série do Ensino Fundamental ou o 1º ano do Ensino Médio, enquanto que para o PAESPE o aluno deve estar cursando o 2º ano do Ensino Médio. A seleção desses alunos consta, em uma primeira etapa, de um exame escrito de assuntos de matemática da 5ª a 9ª série do Ensino Fundamental, similar à Provinha Brasil, e de um questionário sobre aspectos socioeconômicos pessoais, análogo ao do Sistema de Avaliação da Educação Básica SAEB/INEP-MEC. Em uma segunda fase, a seleção dos participantes do programa consta de um estágio de reciclagem técnico-científica, enfatizando e divulgando os conceitos humanísticos, culturais, patrióticos e de cidadania.

Para o curso de Informática Básica, os participantes (pais e parentes dos paespianos, preferencialmente) devem ser adultos sem nenhum, ou quase nenhum, conhecimento de informática. Esse curso se dá nos laboratórios de informática do CTEC, duas vezes por semana, no horário noturno, durante 02 meses, em um total de 30 horas por turma de 40 participantes.

Objetivando uma avaliação e acompanhamento do processo de aprendizagem, a coordenação do programa, além de realizar chamadas diariamente para verificar a frequência, organiza testes simulados com o intuito de deixar esclarecido ao aluno todo o processo do vestibular: inscrição, tipo de prova, duração da prova e questões com embasamento no conteúdo dos programas do ENEM e das principais escolas de nível superior do país.

As inscrições para o PAESPE JR e o PAESPE são realizadas via internet. Informações e inscrições para o curso de Informática acontecem na sala de permanência do PET Ciência e Tecnologia/Conexões de Saberes – CTEC. Todo o trabalho administrativo para o bom andamento do programa é realizado pela equipe de coordenação (visitas técnicas, contato com as escolas, divulgação, certificados, declarações, preparar a sala para as palestras ou aulas, etc.).

O PAESPE JR tem duração de 12 meses, com carga horária média semanal de 06 horas/aula. O PAESPE funciona também no Centro de Tecnologia (CTEC) da UFAL, na Cidade Universitária, Campus A. C. Simões. O mesmo tem duração de 10 meses, com carga horária média semanal de 14 horas/aula.

Para o PAESPE, as aulas são ministradas por professores e alunos em Iniciação Científica de Biologia, Matemática e dos programas de Educação Tutorial de Letras, Arquitetura, Psicologia, Engenharia Civil, Engenharia Ambiental e Conexões de Saberes/Ciência e Tecnologia da UFAL, sob a orientação de professores de suas respectivas áreas. São proferidas ainda palestras sobre os mais diversos temas para escolha da profissão, dentro das áreas das Ciências Exatas e Naturais. O conteúdo das disciplinas é distribuído de forma que o paespiano estude o programa relativo aos três anos do Ensino Médio. As disciplinas são as inseridas no edital para as 04 (quatro) provas objetivas e a redação do ENEM.

Para o PAESPE JR as aulas são ministradas por professores e alunos dos programas de Educação Tutorial de Letras e Conexões de Saberes/Ciência e Tecnologia da UFAL, sob a orientação de professores de suas respectivas áreas. Em uma primeira fase (nivelamento) o aluno selecionado no PAESPE JR estudará assuntos relacionados à matemática da 5ª a 9ª série do 1º grau, aulas de informática básica com o intuito de aprender a formatar texto e pesquisar na internet.

Para o curso de Informática Básica as aulas são ministradas pelos integrantes dos grupos PET Conexões de Saberes/Ciência e Tecnologia, Engenharia Civil e Engenharia Ambiental sob a orientação da coordenação do programa. Para esse curso são abordados conceitos básicos e funcionais da utilização do computador, noções de Word, Excel e uso da internet.

Além de uma formação diferenciada dos estudantes das escolas públicas do Estado, os resultados do PAESPE são dignos de destaque, quando verificamos que dos 500 alunos que ao longo dos 10 anos frequentaram o PAESPE, aproximadamente 52% está fazendo ou concluiu algum curso da UFAL.

Relatos de experiências: novos métodos e técnicas para a docência

Professores e alunos dos grupos PET da UFAL que participam do planejamento e da execução do PAESPE, principalmente os Petianos, relatam que a experiência é fantástica. A participação como docente no PAESPE oportuniza a revisão de práticas de comunicação, postura e aprendizagem. Petianos relatam a percepção de desenvolvimento da capacidade de comunicação, especialmente a oratória, da escuta e da didática, pela necessidade de conduzir as aulas. A postura dos petianos quanto a questões socioeconômicas é revista pela interação com outros em vulnerabilidade, especialmente quanto às diferenças de conhecimentos técnicos e de apresentação. A aprendizagem para questões técnicas dos seus cursos regulares de graduação é indiretamente afetada pela redefinição de comportamento perante professores em suas disciplinas.

Participar como docente no PAESPE possibilita aos petianos oportunidade para pesquisar e adotar diferentes abordagens de ensino e pesquisar para modificar políticas nas ações dos seus grupos. Em função da diversidade de formações e de envolvimento com o programa, diferentes configurações de ação são neste aplicadas.

Uma abordagem muito comum adotada no PAESPE é a preparação e condução de aulas em duplas. O método visa a garantir a realização da aula, estimular a preparação e avaliação antecipada, permitir suporte e acompanhamento em sala para posterior reflexão com o grupo sobre o desempenho e repasse de sugestões.

Alunos do PET Conexões de Saberes/Ciência e Tecnologia têm desenvolvido tutoria de alunos do PAESPE JR, visando à orientação para estudo. As percepções sobre dificuldades de aprendizado, especialmente, são discutidas no grupo e debatidas com a coordenação do PAESPE.

Um banco de questões de matemática do Ensino Médio está em desenvolvimento pelo PET Engenharia Ambiental, responsável pelas aulas de matemática no PAESPE, para permitir identificar quais conteúdos carecem de mais aulas, inclusive para melhor planejar outras atividades de ensino que o grupo desenvolve junto aos alunos de graduação.

Um projeto desenvolvido no escopo da chamada Nº 18/2013 MCTI/CNPq/SPM-PR/Petrobras – Meninas e Jovens Fazendo Ciências Exatas, Engenharias e Computação levantou dados a partir de um questionário para caracterizar a estrutura da escola pública para aprendizagem segundo a perspectiva do aluno. Espera-se que o aprendizado obtido a partir de levantamento cego de informações sirva como uma contribuição do programa para melhoria do ensino nas escolas estaduais.

A participação do grupo PET – Psicologia a partir do último ano objetiva investigar motivações para a evasão de paespianos e agir para diminuir desistências, além de aproximar a coordenação aos grupos PET e demais instrutores. O método adotado foi a investigação de repertórios linguísticos. Claramente, a participação de especialistas em investigações na área psicossocial permitirá realizar análises melhor fundamentadas a partir da revisão de variáveis e métodos de análise, o que conferirá maior consistência quanto às percepções dos petianos após iniciar a participação no PAESPE.

As atividades desenvolvidas no PAESPE são dirigidas, direta e indiretamente, a quase 400 pessoas por ano, sendo o público-alvo pertencente a uma comunidade em vulnerabilidade social. Registros de depoimentos dos egressos do PAESPE, na imprensa escrita e falada, atestam os benefícios à comunidade, além de aproximar a comunidade e a academia.

O desafio posto no Plano Nacional de Educação para revisão dos cursos de graduação para que tenham 10% dos créditos vinculados à extensão universitária poderá ser facilitado para as Engenharias em função da existência e funcionamento do PAESPE. O vínculo às escolas permitirá, por exemplo, que discentes contribuam e pratiquem a docência em escolas públicas.

O programa tem clara contribuição na melhor preparação de alunos que se candidatam a universidades por meio de cotas, uma das preocupações de coordenadores de cursos.

Há que se considerar a não abertura de chamadas pelo MEC para criação de grupos PET, embora seja possível e viável o desenvolvimento de grupos de Educação Tutorial pelas IES e Fundações de Amparo à Pesquisa.

3.9 Experiências de práticas de ensino, pesquisa e extensão no PETEMB – UFSC

A década de 70, do século XX, teve um Ensino Superior no Brasil pautado principalmente pela Lei nº 5.540/1968 (Reforma Universitária de 1968), a qual tinha como aspectos principais a extinção da cátedra, a instituição do vestibular obrigatório, a aglutinação das faculdades em universidades e a criação do sistema de créditos (FERREIRA; MONEGO, 2013).

Nessa época é que foi proposto originalmente o Programa Especial de Treinamento – PET, destinado a apoiar grupos de estudantes que demonstrassem potencial, interesse e habilidades destacadas em cursos de graduação das Instituições de Ensino Superior (BAZON; LUCCA, 2012), sendo criado como um programa de investimento acadêmico destinado a formar lideranças intelectuais, uma “elite” dentro da universidade brasileira que, segundo a perspectiva de seu criador, carecia de enclaves de qualidade em tempos de massificação (CORREA, 2006).

Anos antes, um experimento acadêmico denominado Sistema de Bolsas, que ocorreu na transição dos anos 1950 e 1960, gerou resultados em termos de qualidade acadêmica e expressivo sucesso nos exames de pós-graduação a que seus egressos se submeteram (CORREA, 2006). Esse experimento foi vivenciado por Cláudio de Moura Castro, durante sua permanência na FACE – Faculdade de Ciências Econômicas da UFMG e tornou-se uma referência para programas de excelência no Ensino Superior brasileiro.

Após ter contato com outras experiências de semelhante propósito e bem-sucedidas, Castro empenhou-se em convencer universidades brasileiras a adotarem programas parecidos ao Sistema de Bolsas; somente como dirigente da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, em 1979, Castro dispôs de meios suficientes para criar, no ano do início de sua gestão, o Programa Especial de Treinamento, PET (CORREA, 2006; CASTRO, 2000).

Em 1997, havia 317 grupos PET em 59 IES, envolvendo 317 tutores, 3556 bolsistas de graduação e 157 bolsas PET de pós-graduação (NEVES, 2003). Contudo, neste mesmo ano, em dezembro, a CAPES iniciou um processo de desativação do Programa, porém os grupos PET de todo o Brasil se uniram em um Movimento em Defesa do PET (NEVES, 2003).

Para evitar sua extinção, foi criado o Departamento de Modernização e Programas da Educação Superior (DEPEM), dentro do MEC, e em dezembro de 1999 o PET passou a ser vinculado à Secretaria de Educação Superior (SESu) do Ministério da Educação (MEC).

Gerenciado pela Secretaria de Educação Superior SESu/MEC desde 2002, o PET tem sido beneficiado por uma série de ações no sentido de afirmar e desenvolver seu *modus operandi*, qual seja: a busca da excelência no exercício educacional (CORREA; LEMOS, 2006).

Em 2004, o programa sofreu uma reformulação, passando também a ser chamado de Programa de Educação Tutorial. Atualmente há 842 grupos PET entre 121 IES, realizando atividades de ensino, pesquisa e extensão.

No ano de 2010 foi criado o grupo PET da Engenharia da Mobilidade no campus da UFSC em Joinville - SC. O grupo conta com estudantes dos oito cursos da área de tecnologia da IES. Nos últimos anos o grupo procurou realizar atividades em que ocorresse a indissociabilidade entre a tríade de ensino, pesquisa e extensão. Os projetos descritos na sequência ocorreram no primeiro semestre de 2016.

Para o curso de Engenharia Automotiva, foi primeiramente analisada a nova grade curricular e identificada uma disciplina que o professor iria necessitar de material didático novo. Dois integrantes do grupo PET então realizaram, primeiramente, uma pesquisa em livros, manuais técnicos, entre outros sobre o tema da disciplina, elaborando um material didático atualizado. Durante o tempo de pesquisa, o tutor e o professor da disciplina realizaram a orientação dos estudantes do PET. Ao fim desta etapa, o grupo PET ofereceu um curso de extensão para os estudantes de Engenharia Automotiva da IES, foram oferecidas 10 vagas inicialmente, pois o curso teria atividades teóricas e práticas.

Inscreveram-se para o curso 95 estudantes, demonstrando a importância da proposta. O material elaborado pelo PET servirá também para a disciplina curricular do curso, auxiliando o ensino do tema, melhorando desta maneira o aprendizado.

A deficiência em matemática básica por estudantes que ingressam em um curso de Engenharia é notória, desta maneira o PETEMB realiza todo semestre um curso de matemática básica. É importante a oferta desta atividade, pois os ingressantes em cursos de Engenharia necessitam de apoio e direcionamento nos estudos. Durante o curso foi realizada uma pesquisa sobre o nível de aprendizado no assunto, comprovando que os estudantes que demonstraram uma melhora no assunto abordado no curso de matemática básica também obtiveram resultados bons na disciplina de Cálculo.

Outra atividade que envolveu a tríade foi o Projeto de análise de polos geradores de tráfego, em que os estudantes do PET orientados por uma professora realizaram um levantamento bibliográfico sobre o assunto e posteriormente em conjunto com estudantes do primeiro ano de Engenharia de Transportes estão realizando um levantamento do fluxo de veículos em escolas da cidade; desta maneira, com o auxílio do PET, os estudantes do curso estão podendo colocar em prática a teoria abordada em sala, contribuindo também com o levantamento de informações que serão utilizadas pela prefeitura da cidade para avaliação de autorizações de novas escolas.

Outros cursos de extensão foram oferecidos também para os estudantes,

sempre no formato de primeiramente pesquisa para o membro do PET e posterior difusão do conhecimento em cursos; entre eles podemos citar: Matlab, Excel, Robótica básica com Arduino, Solidwoks, AutoCad e workshop de planejamento financeiro pessoal.

Além destes cursos o grupo PETEMB atua em palestras nas escolas sobre os cursos de Engenharia e no Espaço de Ciência e Tecnologia que a IES mantém no *campus*, onde é visitado semanalmente por alunos do Ensino Médio, a fim de conhecer assuntos relacionados à Ciência e Tecnologia, desta maneira a interação da comunidade com a IES com o auxílio dos estudantes do PET é realizada.

Espera-se que estas ações continuem sendo realizadas pelo PETEMB, pois demonstraram até o momento experiências boas unindo temas em atividades de ensino, pesquisa e extensão.

3.10 O movimento Maker na extensão, pesquisa e educação em cursos de Engenharias e Ciências Exatas

A metodologia de ensino teórica está presente em grande parte das escolas e universidades do Brasil. Isso ocorre por decorrência da falta de novas didáticas e pouquíssimo investimentos em equipamentos que possam auxiliar às aulas a se tornarem mais atrativas. No entanto, essa realidade pode ser convertida com a utilização do contemporâneo “Movimento Maker”. O Movimento Maker já se faz presente em salas de aulas, ao redor do mundo, garagens de casas e laboratórios equipados com máquinas de fabricação digital, tornando a lógica do “faça você mesmo” um fenômeno tecnológico e coletivo. Para ser “maker”, só é preciso compartilhar experiências com o mundo por meio da internet, para que assim possa ser disseminado o conhecimento (HIRABASHI, 2016).

O Programa de Extensão Laboratório de Engenhocas estimula escolas e universidades a aderirem o Movimento Maker, para que possa haver uma boa preparação para os alunos de Ensino Fundamental, Médio e Ensino Superior. Isso ocorre através da criação de projetos com a plataforma Arduino que sempre solidifica a união da prática com a teoria. Já foram desenvolvidos diversos projetos, entre eles o “Sistema de Obtenção e Conversão de Medidas” (SOCOM) (LEITE, 2015), “A mão robótica”, “Michelangelo: o robô quadrúpede” (LEITE, 2015), “O sistema de detecção de vazamento de gás” (MARCONDES, 2015), tecnologias de assistência para deficientes físicos, jogos educativos como: “Bingo e gênios (jogo da memória)”, entre outros, que tornam as aulas de qualquer disciplina mais interessantes.

O Laboratório de Engenhocas atua em escolas de nível Fundamental, Médio e Ensino superior. Deste modo, o Programa de Extensão vai até o encontro de escolas, e aquelas escolas que aceitam o projeto passam a ter a participação ativa dos discentes participantes do projeto. O corpo discente é formado por alunos da Universidade Federal do Pará que entram no programa através de uma seleção, os escolhidos trabalham com extensão e pesquisa. Os recrutados pelo programa

aprendem de forma prática seguindo os ideais do movimento. Para o Laboratório é fazendo que se aprende, ocorrendo, assim, um mutualismo, em que os alunos das escolas aprendem e os discentes ensinam e adquirem conhecimento de forma prática.

Projetos desenvolvidos

O sistema de detecção e monitoramento de vazamento de gás serve para detectar se está ocorrendo vazamento de gás (Figura 1). Quando ocorre, ele emite alertas sonoros e visuais, além de se comunicar com um aplicativo no celular. Foi construído a partir da ideia de uma aluna de Ensino Médio participante do programa de extensão. Este projeto foi aprovado juntamente com 77 projetos finalistas na Feira Brasileira de Ciência e Engenharia de 2015 (FEBRACE). Atualmente, essa mesma aluna finalista cursa Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Pará, onde atua no programa Laboratório de Engenhocas.



Figura 1 – Sistema de detecção e monitoramento de vazamento de gás em funcionamento.

Fonte: Autores.

O robô quadrúpede (Figura 2), batizado como Michelangelo, é um robô explorador o qual é utilizado na área de extensão para ensinar conceitos físicos, tais como: as leis de Newton, cinemática, noção dinâmica de massa e quantidade de movimento, diagrama de forças, conceitos de força peso, força normal e força de atrito. Toda didática voltada para a preparação do ensino de Engenharia dos alunos de Ensino Médio e ensino/aprendizagem dos acadêmicos participantes do programa, haja vista que eles aprendem ensinando também. É nesse sentido que o Movimento Maker se enquadra, pois eles aprendem com a prática e não somente com conceitos.

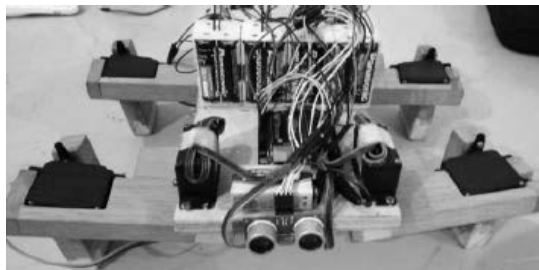


Figura 2 – Michelangelo: o robô quadrúpede.

Fonte: Autores.

A mão robótica é uma mão construída com materiais de baixo custo, que repete todos os movimentos realizados pela luva, como mostra a Figura 3 abaixo. Ela serve para demonstrar o funcionamento dos músculos tendões das mãos, estendendo a extensão além da matemática e da física, mas visando também às ciências biológicas. Este projeto foi desenvolvido juntamente com acadêmicos de Engenharia Biomédica, solidificando o que é estudado de maneira lúdica.



Figura 3 – Mão robótica.

Fonte: Autores.

Os jogos interativos Binguino (bingo) e Genius (jogo da memória) (Figura 4), projetados com a plataforma Arduino, foram desenvolvidos com intuito de tornar as atividades mais interessantes, uma vez que, em alguns casos, o programa lida com crianças de Ensino Fundamental e os jogos são usados como forma de instigar sua atenção. São realizadas competições: aqueles que conseguem acertar o maior número de sequências de cores no jogo Genius são contemplados com brindes. No Binguino não é diferente, no entanto, os participantes contam com a sorte, visto que é um jogo de sorteio, idêntico ao bingo convencional.

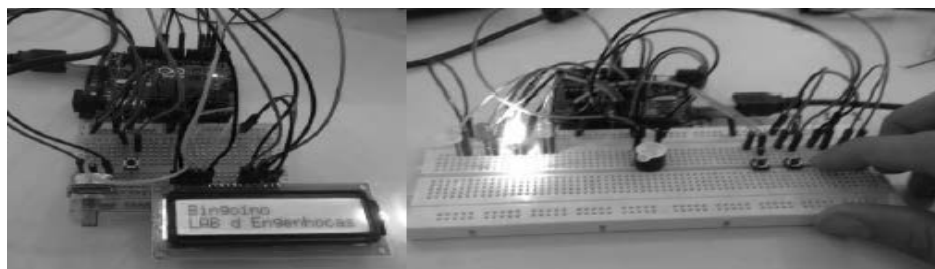


Figura 4 – Jogos iterativos: Bingoino e Genius.

Fonte: Autores.

Análise de resultados

Os participantes envolvidos nos projetos apresentados neste artigo responderam a dois questionários, sendo o primeiro aplicado no início e o segundo na conclusão do projeto. Constatou-se, a partir desses formulários, que a construção participativa em cada projeto foi positiva, pois 95% dos participantes afirmaram que os projetos ajudaram na aquisição dos conhecimentos nas disciplinas de Física, Matemática, Biologia, Química, Inglês e Português, proporcionando várias trocas de experiências entre os que tinham mais experiência e os novatos, tendo como auxílio os profissionais do programa de extensão. Observou-se ainda que o aprendizado deu-se pela pesquisa de outros projetos similares aos executados, agregando assim novas ideias e opiniões; essências que motivaram no aprofundamento dos conhecimentos, como o caso da aluna que foi participante do projeto e atualmente faz parte dos colaboradores.

Observou-se também que a metodologia aplicada se tornou bastante significativa e atrativa, pois quando os participantes foram indagados a respeito da seguinte afirmação: “A construção de projetos (faça você mesmo) contribui para o aprendizado em sala de aula e fora dela”, 76% dos participantes (Gráfico 1) afirmaram que dessa forma o aprendizado fora e dentro de sala de aula é mais significativo, ou seja, eficiente e eficaz.

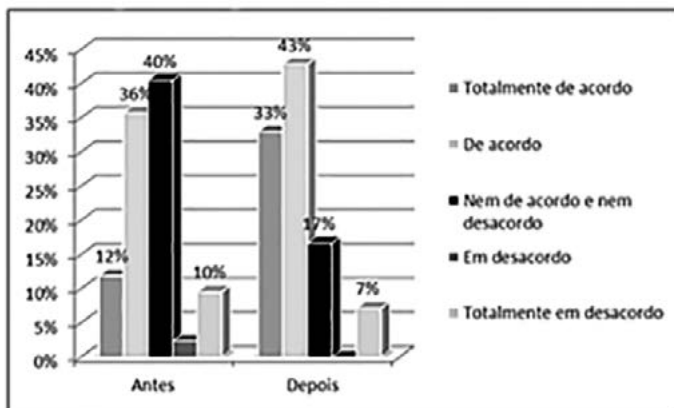


Gráfico 1 – “A construção de projetos (faça você mesmo) contribui para o aprendizado em sala de aula e fora dela”.

Fonte: Autores.

Desta forma, o ponto mais relevante ao realizarmos esse estudo foi percebermos a evolução notória do pensamento, que partia de uma análise primária mais alienada da realidade, do que de fato seria o movimento Maker e de sua importância, para uma análise mais complexa em que os alunos já conseguiam propor com mais clareza acerca dos debates de todo o projeto e dos questionamentos feitos pelos aplicadores.

Percebemos isso ao compararmos a resposta de antes e depois sobre o questionamento “O que é Movimento Maker”, pois ao final 83% já conseguia expressar seu entendimento a respeito, o que não era realidade a princípio. Além disso, os próprios discentes reconheceram a importância do programa de extensão Laboratório de Engenhocas da Universidade Federal do Pará, na contribuição para a aprendizagem, o que motivou o aumento na vontade de estudar não só os conteúdos e tarefas obrigatórias em sala de aula, mas também a vontade de estudar em casa. Por tudo isso reiteramos que explorar novos conteúdos, por meio de projetos, é preciso e imprescindível para o acompanhamento da evolução social.

Diante deste cenário, o programa de extensão Laboratório de Engenhocas da Universidade Federal do Pará vem promovendo projetos, cuja essência é o Movimento Maker, trazendo assim uma tendência social e tecnológica para os participantes, por meio de novas ferramentas de produção e de informações compartilhadas, em que o engajamento e a construção de produtos podem ser feitas com as próprias mãos e com o auxílio de novas ferramentas de produção: impressoras 3D, Fresadoras a Laser, Plataforma Arduino e informações disponíveis em comunidades *on-line*.

Sendo assim, a proposta é que o ensino, por meio de projetos como esse, proposto pelo programa de extensão Laboratório de Engenhocas da Universida-

de Federal do Pará, possa mudar os contextos incoerentes e arcaicos para contextos mais coerentes, motivadores e significativos para aprendizagem, em prol do Movimento Maker na extensão, na pesquisa e na educação, subsidiando assim as Engenharias e Ciências Exatas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É possível perceber que iniciativas como as apresentadas acima impactam de maneira extremamente positiva no desenvolvimento dos discentes que se permitem aprender e executar projetos e propostas de práticas de ensino diferentes daquelas usualmente desenvolvidas em sala de aula.

A formação de grupos de pesquisa, como os desenvolvidos no Centro Universitário de Barra Mansa, como os grupos PET da Universidade do Estado de Santa Catarina, do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, da Universidade Federal do Espírito Santo, da Universidade Federal de Alagoas, da Universidade Federal de Santa Catarina e da Universidade Federal do Pará, com o Movimento Maker, fazem com que os alunos de graduação em Engenharia de diversas áreas possam atuar de maneira ativa em seu desenvolvimento acadêmico, não ficando somente como telespectador daquilo que os docentes aplicam em sala de aula.

Além disso, projetos de extensão universitária aliados a projetos de pesquisas, como os do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, da Universidade Federal de Goiás e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, desenvolvem no aluno um sentimento de responsabilidade pelo mundo em que está se inserindo, com formação humanizada, que não pensa somente na resolução dos problemas, mas também em como essas ações impactarão no ambiente à sua volta.

Por meio do desenvolvimento de projetos como esses apresentados neste capítulo, é possível enxergar um futuro diferente para o Ensino Superior no Brasil, em que os recém-formados possam transformar suas realidades e daqueles que os cercam, aplicando de maneira sustentável os conhecimentos adquiridos na academia.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. A. S.; DOURADO, L. F.; AZEVEDO, J. M. L.; OLIVEIRA, J. F.; SANTOS, C. A.; MORAES, K.; AMARAL, N. C.; NOGUEIRA, F. M. B.; WILLE, R. M. R.; ARAÚJO, W. M. P. **Conhecendo as 20 metas do plano Nacional de Educação**. 2015, p. 43. Disponível em: <http://pne.mec.gov.br/images/pdf/pne_conhecendo_20_metas.pdf>

AUGUSTO, T. G. *et al.* Interdisciplinaridade: concepções de professores da área ciências da natureza em formação em serviço. **Ciência & Educação** (Bauru), p. 277-289, 2004.

BAZON, F. V. M.; LUCCA, J. G. Reflexões sobre o Programa de Educação Tutorial (Química – UFSCAR - Araras) e a formação inicial de professores. In: LEITE, Y. U. F *et al.* (Org.). **Políticas de formação inicial e continuada de professores**. Araraquara: Junqueira&Marin Editores, 2012.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Parecer CNE/CES 1362/2001, de 12 dez 2001. **Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia**. Brasília, DF. 2001.

BRASIL. Ministério da Educação. **Manual do Programa Especial de Treinamento – PET**. 2001a.

BRASIL. Ministério da Educação. **Manual de Orientações do Programa de Educação Tutorial – 2006**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=338-manualorientabasicas&category_slug=pet-programa-de-educacao-tutorial&Itemid=30192>. Acesso em: 28 out. 2016.

BRASIL. **Resolução CNE/CES n. 2, de 18 de junho de 2007**. Dispõe sobre carga horária mínima e procedimentos relativos à integralização e duração dos cursos de graduação, bacharelados, na modalidade presencial. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 jun. 2007.

BRASIL. **Portaria MEC nº 976, de 27 de julho de 2010**. Dispõe sobre o Programa de Educação Tutorial PET que reger-se-á pelo disposto na Lei nº 11.180, de 23 de setembro de 2005, bem como pelas demais disposições legais aplicáveis. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 212, p. 40, 31 out 2013. Seção I.

BRASIL. **Plano Nacional de Educação (PNE)**. Plano Nacional de Educação 2014-2024 [recurso eletrônico] : Lei nº 13.005, de 25 de junho de 2014, que aprova o Plano Nacional de Educação (PNE) e dá outras providências. – Brasília : Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2014. 86 p. – (Série legislação ; n. 125) “Atualizada em: 1/12/2014”. ISBN 978-85-402-0245-0

BRASIL. **Portaria MEC n. 386, de 10 de maio de 2016**. Aprova, em extrato, indicadores do Instrumento de Avaliação de Cursos de Graduação nos graus de tecnologia, de licenciatura e de bacharelado para as modalidades presencial e a distância, do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior – Sinaes. DOU, Brasília, 11 mai. 2016.

BRASIL, Ministério da Educação. **Programa de Educação Tutorial**. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=338-manualorientabasicas&category_slug=pet-programa-de-educacao-tutorial&Itemid=30192>. Acesso em: 28 out. 2016.

CASTRO, C. M. **O PET visto por seu criador**. [S.l.:s.s.,2000]. Disponível em: <http://www.pet-odonto.ufpr.br/pet_claudiocastro.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2016.

CHECKLAND, P. B.; HOLWELL, S. **Information, Systems and Information Systems: Making Sense of the Field**, Wiley, Chichester, Inglaterra, 1998.

CONGRESSO NACIONAL. **Lei nº 10.172, de 9 de janeiro de 2001**. Aprova o Plano Nacional de Educação (PNE) e dá outras providências. Diário Oficial da União, de 10 de janeiro de 2001, p. 128. Disponível em: <http://legislacao.planalto.gov.br/legisla/legislacao.nsf/Viv_Identificacao/Lei%2010.172-2001?OpenDocument> Acesso em: jul. 2016.

CORRÊA, A. F. **PET UFMG 1985-2005: Seu legado e sua história. Monografia**. Belo Horizonte: Escola de Arquitetura da UFMG, 2006.

CORRÊA, A. F.; LEMOS, C. B. **PET UFMG: seu legado e sua história (1985-2005)**. In: LVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2006. Anais da LVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 2006.

DEMO, P. **Metodologia Científica em Ciências Sociais**. Atlas: São Paulo, 2014.

DWEK, M. **A tenacidade da fantasia**: propostas para a renovação da formação em engenharia. VIII Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social, Ouro Preto, Anais, 2011.

FERREIRA, R.; MONEGO, E. T. **O Programa de Educação Tutorial na UFG**: realidades, concepções e perspectivas. Goiânia: PROGRAD / FUNAPE, 2013.

FORPROEX - FÓRUM DE PRÓ-REITORES DE EXTENSÃO DAS UNIVERSIDADES PÚBLICAS BRASILEIRAS. **Política nacional de extensão universitária**. Manaus, 2012. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/proex/renex/documentos/2012-07-13-Politica-Nacional-de-Extensao.pdf>> Acesso em: jul. 2016.

HIRABAHASI, G. *et al.* **O movimento Maker**. Disponível em: <<http://infograficos.estadao.com.br/e/focas/movimento-maker/>>. Acesso em: 05 jun. 2016.

JACKSON, M. C. Pensamento Sistêmico Holístico: prática essencial em projetos de larga escala. **Revista Mundo Project Management**, 50 (9), abr/mai, 22-26, 2013.

LEITE, S. J.; TANOUE, A.; FONSECA, W. S. **Uso da plataforma Arduino para dinamizar o ensino de Física**. Anais: XXXIII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste. Natal: UFRN, 2015.

LIMA, E. A. **Arquitetura de sistemas de informação: proposta de um mecanismo de aprendizagem com orientação metodológica para apoio à decisão em cenários complexos**. Tese de Doutorado em Engenharia Elétrica, Publicação 090/2015, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MARCONDES, K. F. *et al.* **Introdução ao Arduino como forma de incentivo às Ciências Exatas e Naturais**. Anais: XLIII – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. São Paulo: UFABC, 2015.

MEYER, B. E. *et al.* Atividade Integralizadora: o ensino de engenharia sob uma nova perspectiva. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 7 n.1, p. 205-214, 2014.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - SECRETARIA DE EDUCAÇÃO SUPERIOR. *Manual de Orientações Básicas PET*. Brasília-DF, 2002, 25 p.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Portaria N° 3.385**, de 29 DE SETEMBRO DE 2005 do Ministério de Educação. Dispõe sobre o Programa de Educação Tutorial - PET. Publicado no Diário Oficial da União. Edição Número 189 de 30/09/2005

MORIN, A. **Pesquisa-ação Integral e Sistêmica**: uma antropopedagogia renovada. DP&A: Rio de Janeiro, 2004.

NEVES, M. C. D. **O processo PET**: correspondência de uma guerra particular. Maringá: LCV/Massoni, 2003.

RIBEIRO, L. R. C. Aprendizagem baseada em problemas (PBL) na educação em engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 27, n. 2, p. 23-32, 2008.

SEBRAE, 2016. **CANVAS**. Disponível em: <<http://www.sebraepr.com.br/PortalSebrae/artigos/Canvas:-como-estruturar-seu-modelo-de-neg%C3%B3cio>>. Acesso em: jul. 2016.

SILVA, L. P.; CECÍLIO, S. A mudança no modelo de ensino e de formação na engenharia. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 45, p. 61-80, 2007.

SOUZA, R. C. **PAESPE**: o espelho que não pode quebrar. Q- gráfica: Maceió, 2008.

SOUZA, R. C.; GOMES, G. T. C. O PAESPE como um vetor na redução das desigualdades através da educação de jovens e adultos para inclusão social. In: **Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE)**, 2014, Juiz de Fora - MG. Anais do COBENGE 2014. Rio de Janeiro: ABENGE, 2014. v. 1, p. 110.

THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. Atlas: São Paulo, 1997.

UDESC. **Resolução N° 026/2012** - CONSEPE, de 13 nov 2012. Regulamenta as atividades complementares nos cursos de graduação da UDESC. Florianópolis, SC, 2012. Disponível em: <<http://secon.udesc.br/consepe/resol/2012/026-2012-cpe.pdf>>. Acesso em: 03 jul. 2016.

VASCONCELLOS, M. J. E. **Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência**. 10. ed. rev. e atual. Campinas: Papyrus, 2013.

**COMO OS CURSOS DE ENGENHARIA TÊM TRABALHADO
AS DIFICULDADES MATEMÁTICAS DOS ALUNOS INGRESSANTES
EM TEMPOS DE WEB 2.0?**

Simone Leal Schwertl

Universidade Regional de Blumenau – FURB

Marinez Cargnin-Stiele

Universidade do Estado do Mato Grosso – UNEMAT

Alberto Bastos do Canto Filho

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Ana Paula Ladeira

Centro Universitário – UNA

André Felipe de Almeida Xavier

Centro Universitário – UNA

Antonio Marcos de Oliveira Siqueira

Universidade Federal de Viçosa – UFV

Bruna Cavagnoli Boff

Universidade de Caxias do Sul – UCS

Cláudia Renate Ferreira

Universidade Regional de Blumenau – FURB

Edinéia Zarpelon

Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR

Campus Pato Branco

Gilson Luis Firmino

Universidade Federal de Viçosa – UFV

Ivete Ana Schmitz Booth

Universidade de Caxias do Sul – UCS

Juliana C. F. Mendonça
Centro Universitário – UNA

Laurete Zanol Sauer
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Leonardo Benedito Oliveira Rezende
Centro Universitário – UNA

Liane Ludwig Loder
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS – *Campus* Litoral
Norte

Luis Mauricio M. Resende
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR
Campus Ponta Grossa

Márcio Lúcio Cezar
Centro Universitário – UNA

Maria Helena Mello
Universidade Federal Fluminense – UFF

Nadia Sanzovo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UFPR – *Campus* Pato Branco

Paloma de Oliveira Campos
Centro Universitário – UNA

Raquel Leite
Centro Universitário – UNA

Simone A. C. Kiefer Oliveira
Centro Universitário – UNA

Valquíria Villas Boas
Universidade de Caxias do Sul – UCS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	169
2. MATEMÁTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA – DESAFIOS E POSSIBILIDADES.....	170
2.1 Diagnóstico	170
2.2 Aprendizagem significativa	177
2.3 Aprendizagem colaborativa	186
3. A WEB 2.0 NA PERSPECTIVA DA MÍDIA EDUCAÇÃO.....	189
3.1 Utilização de ferramentas Web 2.0 por professores.....	192
3.2 A Web 2.0 como recurso pedagógico.....	192
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	200
AGRADECIMENTOS	202
REFERÊNCIAS.....	202

COMO OS CURSOS DE ENGENHARIA TÊM TRABALHADO AS DIFICULDADES MATEMÁTICAS DOS ALUNOS INGRESSANTES EM TEMPOS DE WEB 2.0?

1. INTRODUÇÃO

A área da Matemática nos cursos de Engenharia tem, pelo menos, duas faces bem definidas: por um lado, é um problema, haja vista os elevados índices de reprovações e desistências nas primeiras fases dos cursos de Engenharia, em sua maioria, advindos de problemas específicos de ensino-aprendizagem da Matemática, principalmente no que se refere às questões mais abstratas (CURY, 2004). Por outro lado, a Matemática, uma ciência de linguagem universal, é tida como poderosa e de grande aplicação para o desenvolvimento científico e tecnológico, o que faz com que essa área seja tomada e reconhecida como pré-requisito fundamental e valioso para uma formação de qualidade nos cursos da Engenharia.

Sendo assim, a Sessão Dirigida que possibilitou a elaboração deste capítulo teve como objetivo a socialização e discussão de diversas atividades realizadas nas Instituições de Ensino Superior (IES) voltadas para a revisão ou mesmo para a reconstrução de conceitos e propriedades matemáticas trabalhadas na Educação Básica. Entendemos que este ainda é um trabalho relevante e necessário – para que os alunos ingressantes possam compreender e desenvolver a matemática requisitada pelos cursos de Engenharia – e, portanto, demanda reflexões coletivas.

Igualmente, a temática da Sessão Dirigida buscou provocar uma discussão de como os novos recursos da Web 2.0 podem ou estão contribuindo para o enfrentamento da árdua tarefa de reconstrução da apropriação equivocada de propriedades e conceitos básicos da Matemática. Quais aproximações as práticas pedagógicas podem realizar ou têm realizado com os recursos da Web 2.0? Essas aproximações têm trazido ou podem trazer contribuições? Quais?

Entendemos que a socialização e discussão das diversas práticas realizadas nas IES, com e sem a utilização dos recursos da Web 2.0, juntamente com a reflexão coletiva de como tais recursos podem ou estão contribuindo para o enfrentamento das dificuldades de matemática dos alunos ingressantes trarão contribuições pertinentes para os cursos de Engenharia.

Em especial, no que concerne à discussão das possibilidades da Web 2.0 junto a intervenções pedagógicas, a proposta da Sessão Dirigida está em consonância com uma postura cibercriticista, ou seja, daqueles que buscam identificar potencialidades, problemas e desafios enfrentados na atualidade diante da popularização TDIC e que, por sua vez, assumem uma posição crítica acerca dos novos aspectos que delas procedem (RUDIGER, 2011).

O presente capítulo apresenta primeiramente os desafios e as possibilidades relacionados ao ensino e aprendizagem da Matemática que emergiram dos traba-

lhos apresentados na Sessão Dirigida e das discussões decorrentes das apresentações realizadas no COBENGE 2016. Na sequência, discorremos sobre a Web 2.0 e seu potencial para a educação tendo como horizonte o olhar crítico da Mídia Educação. Finalizamos o capítulo socializando uma prática pedagógica realizada com apoio de espaços sociais decorrentes da fase 2.0 da cibercultura e tecemos as considerações finais.

2. MATEMÁTICA NOS CURSOS DE ENGENHARIA – DESAFIOS E POSSIBILIDADES

Os trabalhos e as discussões decorrentes da Sessão Dirigida, tendo como foco desafios e possibilidades para o ensino e aprendizagem da Matemática nos cursos de Engenharia, foram organizados em três eixos: diagnósticos, aprendizagem significativa e aprendizagem colaborativa. Esta organização aproxima o leitor de problemáticas recorrentes, mas também apresenta caminhos trilhados pelas instituições em busca de soluções.

2.1 Diagnóstico

O nível de dificuldades dos alunos ingressantes e as dificuldades de aprendizagem e aplicação da Matemática em problemas das disciplinas meio foram aspectos emergentes da temática da Sessão Dirigida. As experiências socializadas a seguir de uma parte pontuam de forma específica por quais tópicos de Matemática perpassam tais dificuldades dos alunos dos cursos de Engenharia, mas também discorrem sobre os caminhos encontrados pelas Instituições em questão para amenizar essa situação.

2.1.1 Dificuldades de aprendizagem e de aplicação da matemática na resolução de problemas de disciplinas meio

Nos cursos de Engenharia observa-se que a Educação Matemática (relacionada principalmente às disciplinas do ciclo básico, como Cálculo, Geometria Analítica e Álgebra Linear), mesmo com expressiva pesquisa, reestruturações curriculares ao longo dos anos e empenho dos docentes, não propicia ao estudante, em geral, a suficiente ou adequada habilidade para interpretar e solucionar problemas, por meio de recursos matemáticos.

Isso por vezes ocorre, pois a Educação Superior ainda se encontra, em grande parte, baseada em modelos tradicionais de ensino, nos quais o professor apresenta os conteúdos, informações ou instruções aos estudantes de como resolver exercícios por meio de aulas expositivas. Nesse modelo de ensino as compe-

tências desenvolvidas pela maioria dos alunos ficam restritas às habilidades de reprodução e memorização, muitas vezes desaparecendo logo após a realização das avaliações (TREVISAN; MENDES, 2013).

Nesta ótica, com relação à Matemática, surge nos cursos de Engenharia o seguinte questionamento: qual a dificuldade dos estudantes em vincular os conceitos, as teorias e as ferramentas matemáticas na análise e na solução de problemas de Engenharia? Ou melhor, como se pode proporcionar ao estudante de Engenharia o melhor aproveitamento da prévia Educação Matemática?

Nas disciplinas meio do curso de Engenharia Química, por exemplo, são apresentadas situações-problema que requerem a leitura e a interpretação, a adequação de leis e postulados e, posteriormente, uma formulação matemática e explicação desse fenômeno. Requer-se do estudante, muitas vezes, a solução analítica de um determinado problema, cuja modelagem matemática resulta numa equação diferencial ordinária ou mesmo numa equação diferencial parcial, ou ainda, num sistema de equações diferenciais (TEDESCHI, 2006). Nestas situações, para se ter uma solução analítica, são consideradas mais algumas simplificações (de acordo com o fenômeno e com a situação específica). Algumas das possíveis soluções somente são factíveis por meio do uso de transformação de variáveis, da adimensionalização das equações, do emprego de séries de Fourier, de Transformada de Laplace, etc., técnicas estas com as quais os estudantes teoricamente já tiveram contato nas disciplinas anteriores.

Além da solução analítica exata ou mesmo aproximada, outras vezes, pode-se recorrer a procedimentos numéricos computacionais, que, em geral, são mais facilmente “lembrados” pelos estudantes, embora ainda necessitem de uma revisão direcionada à aplicação ou ao fenômeno em questão.

No entanto, a experiência tem mostrado que tais ferramentas ou técnicas (analíticas ou numéricas) já vistas, ou mesmo aprendidas anteriormente, necessitam de serem revistas novamente. Os professores de Engenharia não têm o domínio do jargão da Matemática (como um todo), nem a formação específica, no entanto, necessitam de fazer uma “revisão” destes conceitos, com viés mais aplicado. Desta forma, o docente acaba por dedicar um tempo (inicialmente não previsto em sua programação ou plano de ensino/aula) para esta atividade, pois percebe-se que o estudante, sozinho, sem o professor, não consegue “avançar” no assunto em questão. Embora esta problemática no âmbito do ensino e da aprendizagem de Cálculo e demais disciplinas da matemática seja amplamente discutida, soluções e/ou recomendações não estão ainda claras, objetivas e consensuais.

Muitas vezes, os trabalhos desenvolvidos se fundamentam na ideia de que “os alunos estão ingressando na universidade cada vez mais despreparados” (MALTA, 2004, p.54) Ou ainda, partem do princípio de que as dificuldades em relação ao ensino e à aprendizagem devem ser enfrentadas e corrigidas no Ensino Superior (ALMEIDA; FATORI; SOUZA, 2007).

Contudo, conforme destacam Almeida, Fatori e Souza (2007), embora abordagens como a modelagem matemática, pautada na resolução de um problema, faça parte de programas curriculares de vários cursos de Engenharia nas disciplinas específicas e básicas, pouco se alterou na prática em sala de aula. Na maioria das escolas nacionais de Engenharia a estrutura educacional permanece com currículo pautado em muitas disciplinas, com tempo insuficiente para que sejam aprofundadas, e cada uma dessas disciplinas está sob responsabilidade de um professor, dificultando que mudanças significativas se produzam na formação dos estudantes.

Diante deste quadro e das grandes transformações no campo do conhecimento verificadas nos últimos tempos associadas ao avanço da tecnologia da informação e da comunicação, na era da WEB 2.0 (BELHOT, 2005), diversos são os questionamentos, tais como: 1) Como transferir o conhecimento disponível de forma adequada e com qualidade? 2) Como facilitar a aquisição e o uso do conhecimento?

Na tentativa de obter algumas respostas a Universidade Federal de Viçosa (UFV) realizou uma investigação preliminar junto aos estudantes e professores dos cursos de Engenharia de diversas modalidades.

Os resultados do levantamento mostram que os alunos se reconhecem como os maiores responsáveis pelo fracasso acadêmico na área de Matemática e cerca de 35% dos entrevistados atribuem essa responsabilidade aos docentes e à instituição. Sobre a contribuição do trabalho docente no processo de ensino-aprendizagem em matemática, os estudantes indicam que o domínio do tema pelo docente é o fator preponderante (com 65 % das respostas). Os entrevistados identificam que o relacionamento docente-aluno é o segundo fator mais significativo para sucesso no processo ensino-aprendizagem em Matemática. Já o uso de tecnologias de informação e comunicação pouco foi lembrado pelos entrevistados.

A pesquisa também demonstrou que a titulação do docente (se doutor, mestre, especialista ou graduado) pouco importa no processo de ensino. Ou seja, na visão do estudante, a titulação do docente não contribui para a qualificação deste com relação ao domínio dos conceitos relacionados à didática e muito menos com o desempenho satisfatório ou não do estudante.

Quanto às questões pedagógicas a totalidade dos entrevistados respondeu que uma boa prática pedagógica de um professor de Matemática pode mudar a opinião do aluno quanto à disciplina; mas os mesmos entrevistados se consideram capazes de ter êxito mesmo com um professor que não tenha uma boa prática pedagógica, o que aparentemente pode representar uma contradição, uma vez que ensinar é complexo, dinâmico, difícil de ser analisado separadamente do aprender.

Em outra questão do levantamento sobre o ensino da Matemática, 1/3 dos

entrevistados disseram que o ensino da Matemática é insuficiente, 1/3 considera o ensino de matemática como satisfatório e o mesmo percentual considera bom. Observou-se, ainda, que somente 1% considera o ensino como excelente.

No último questionamento os alunos responderam sobre o seu domínio acerca dos seguintes temas da Matemática: Derivada, Integral, Série de Taylor, Série de Fourier, Equações Diferenciais Ordinárias, Equações Diferenciais Parciais, Métodos Numérico, entre outros. Mesmo respondendo anteriormente que apresentam dificuldades nas disciplinas de Matemática, muitos alunos disseram que têm domínio de derivadas e integrais, mas na prática o que se observa, segundo os professores entrevistados, é grande dificuldade que os alunos de Engenharia têm nesses conceitos fundamentais.

De forma geral os discentes entrevistados encontram dificuldades quando se trata da compreensão da disciplina. Pressupõe-se que esse fato tem estreita relação com a forma como são lecionados os conteúdos nos cursos de Engenharia, ou seja, na sua maioria pelo Método Tradicional, o que dificulta a compreensão dos conteúdos. Os alunos da área de Ciências Exatas, especificamente Engenharias, precisam dominar temas como as Equações Diferenciais (Ordinárias e Parciais), portanto a compreensão dos conceitos básicos envolvidos nessas equações e a obtenção de suas soluções fazem parte da formação desses alunos. Porém, a falta de motivação para o estudo desses temas termina refletindo na evasão e reprovação nas disciplinas de conteúdos associados ao Cálculo. Neste contexto notou-se a partir do levantamento que a grande maioria dos entrevistados não domina temas da Matemática importantíssimos a um engenheiro como Série de Fourier, Transformada de Laplace, Séries de Taylor, Funções de Bessel, etc. O estudo das séries de Fourier, por exemplo, tem inúmeras aplicações nas Engenharias, na Física e na Matemática. Com ela pode-se resolver diversos problemas relacionados à área de Fenômenos de Transporte (Mecânica dos Fluidos, Transferência de Calor e Transferência de Massa).

Atividades realizadas para o enfrentamento das problemáticas levantadas

I) Foram estudados diversos trabalhos, artigos, teses e demais documentos que apresentam discussões relacionadas à temática de Educação Matemática e Ensino de Engenharia, às dificuldades de aprendizagem, às origens deste problema, às possibilidades de minimização e às atividades com base em metodologias ativas.

II) Foi realizada uma análise do material original das disciplinas envolvidas e discussão com o professor, de modo a: 1. Preparar inventário dos conceitos matemáticos envolvidos nas disciplinas meio em Engenharia Química – Fenômenos de Transporte (Mecânica dos Fluidos, Transferência de Calor, Transferência de Massa), de Termodinâmica Física e Termodinâmica Química (montagem de uma tabela/quadro). 2. Preparar

material didático alternativo, com base em metodologias ativas, envolvendo a revisão daqueles conceitos aplicados aos problemas de Engenharia. 3. Propor atividades/problemas/projetos, baseados em métodos ativos de ensino.

A experiência da UFV aqui socializada aponta questionamentos, mas também caminhos para o enfrentamento da problemática apresentada. Mudança implica sempre um processo difícil e lento, no entanto a contínua avaliação dos projetos pedagógicos dos cursos associada a reflexões proporcionadas por estudos já existentes tornam-se uma tarefa possível e necessária, que auxilia no diagnóstico e na avaliação dos problemas, dos desafios e das barreiras para promoção do processo de ensino e aprendizagem efetivo.

2.1.2 Programa de formação em matemática básica: construindo possibilidades para o sucesso escolar do aluno contemporâneo

Para além das dificuldades de aprendizagem e aplicação da Matemática trabalhada nas fases iniciais em disciplinas meio, a evasão ou retenção é um sério problema que cada vez mais parece crescer nos cursos de Engenharia e antecede a problemática levantada no item anterior.

A evasão é um fenômeno que se observa em cursos superiores das mais diversas áreas do conhecimento, em IES públicas ou privadas, e que impacta a rotina desses cursos e dessas Instituições de maneira negativa. As evidências apontam para o fato de que esse é um fenômeno provocado por múltiplos fatores cuja relevância depende do contexto em que a evasão e a retenção, que normalmente a precede, ocorrem.

Aparentemente, em Instituições Privadas, o alto investimento financeiro necessário, por parte dos alunos e de suas famílias, apresenta-se como fator prioritário. Além do desembolso mensal para custear seus cursos, os alunos ainda se defrontam muitas vezes com cursos de longa duração (no mínimo oito a doze semestres), o que adia, substancialmente, o tempo de retorno desse investimento. Por outro lado, nas Instituições Públicas, outros fatores parecem ser preponderantes, entre eles o fato de os cursos serem majoritariamente diurnos, o que dificulta a permanência daqueles estudantes que necessitam compartilhar o tempo entre estudo e trabalho, para garantir a sua condição de estudantes. Além disso, em geral, o ingresso em cursos superiores demanda um arcabouço de conhecimentos prévios muitas vezes inexistentes mesmo entre aqueles estudantes que são selecionados por meio de exames vestibulares concorridos ou mesmo entre os que fazem suas escolhas por cursos de muita procura, através do ENEM/SiSU.

Outros fatores que vários estudos apontam como causas da retenção e da consequente evasão são: escolha prematura e equivocada do curso; dificuldade de adaptação ao meio acadêmico universitário, onde a autonomia do estudante assume papel primordial no seu sucesso escolar; dificuldade de o estudante cum-

prir a matriz curricular aconselhada. No caso específico da retenção, outras causas também são evidenciadas, tais como: alta taxa de reprovação em disciplinas que acabam retardando o avanço do estudante; cumprimento do currículo fora da seriação aconselhada, o que pode ocasionar prejuízo no ordenamento de matrícula e, conseqüentemente, perda de vagas em disciplinas; atraso voluntário do estudante no seu curso para que ele possa continuar usufruindo dos benefícios cedidos pela Universidade bem como permitir a sua permanência em programas de estágio.

Seja qual for a causa preponderante, do ponto de vista acadêmico uma das ações possíveis consiste em realizar programas para mitigar as lacunas de formação anteriores de forma a permitir uma trajetória escolar bem-sucedida.

Um caso concreto

Ao acompanhar a evolução de reprovações e aprovações entre 2014/02 e 2015/02 de uma disciplina inicial de um curso de Engenharia em implantação na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, observou-se um quadro preocupante com as seguintes características:

- Alta reprovação, em média 40%;
- Significativo percentual de alunos reprovados por falta de frequência (FF);
- Baixos conceitos de aprovação, na sua maioria são conceitos C.

Esses resultados de desempenho recomendam uma ação com o objetivo de minimizar ou até evitar a retenção nessa disciplina. Para o sucesso dessa ação, a identificação das lacunas de formação dos estudantes ao longo dos semestres de vigência da disciplina é ponto de partida fundamental. Do testemunho dos professores que atuaram como ministrantes da referida disciplina ao longo do tempo de sua vigência, verificou-se que, em escala variada, os seguintes assuntos deveriam ser o foco de um programa preliminar de apoio para os estudantes:

1) Aritmética:

Operações elementares e regras de operação;

Frações;

Razões e Proporções;

Porcentagem: Juros simples e compostos.

2) Álgebra:

Expressões algébricas;

Polinômios: produtos notáveis, MMC e MDC;

Equações de primeiro grau (lineares) e Equações de segundo grau (parabólicas).

3) Funções:

Função algébrica;
Função linear;
Função parabólica;
Função exponencial;
Função logarítmica.

4) Geometria:

Geometria plana: reta, circunferência e triângulo;
Geometria espacial: cubo, paralelepípedo, prisma reto, cilindro reto, pirâmide, cone circular reto, esfera.

5) Trigonometria:

Funções trigonométricas;
Razões trigonométricas no triângulo retângulo;
Círculo trigonométrico.

6) Progressões:

Progressão aritmética;
Progressão geométrica.

7) Números complexos:

Operações com números complexos;
Representação geométrica.

A partir deste diagnóstico partiu-se, efetivamente, para a implantação de um programa focado em apoiar e promover aprendizagens no âmbito de disciplinas iniciais da área de Matemática em cursos de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo em vista dois propósitos: mitigar lacunas de formação prévia dos estudantes bem como fomentar nos alunos calouros um comportamento autônomo para o aprender, o que é essencial para o êxito acadêmico.

Diretrizes para um Programa de Apoio à Aprendizagem

Para o sucesso de qualquer programa de apoio à aprendizagem, além da definição dos temas a serem objeto da ação, a escolha das estratégias adequadas é fundamental para que seja possível atingir dois objetivos básicos: promover a competência dos estudantes nos temas estudados e fomentar a capacidade desses estudantes em aprender autonomamente. No entanto, a escolha das estratégias pedagógicas para atingir esses objetivos é função dos pressupostos

epistemológicos do professor acerca do processo de aprendizagem.

Em uma perspectiva epistemológica construtivista, a aprendizagem é um processo histórico, temporal e endógeno que envolve mudança de atitude do aprendiz e desenvolvimento de suas competências. Aprender implica construir conhecimento e pressupõe: interesse do aprendiz; mobilização para o aprender e capacidade intelectual desenvolvida para obter o sucesso na aprendizagem. Isso tudo implica ação. O motor da aprendizagem é a ação, ação concreta (fazer) e ação cognitiva (compreender). A partir dessa compreensão, as estratégias pedagógicas mais eficazes implicam a utilização de aulas dialogadas, em que a interação efetivamente ocorra, bem como a utilização de outras estratégias, tais como: Aprendizagem por Pares (*Peer Instruction*); Salas de Aula Invertidas (*Flipped Classroom*) e Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem Based Learning – PBL*).

Para além da intervenção pedagógica mediada pelo professor, o uso de recursos Web utilizando plataformas educacionais, tais como o Moodle, o uso de outras mídias disponíveis, tais como vídeos e ferramentas de interação social, como o Facebook, passam a ser instrumentos importantes de apoio à aprendizagem.

De qualquer forma, experiência com o Ensino Superior, acompanhando a formação de algumas gerações de estudantes, permite-nos asseverar que, por mais que a tecnologia avance de forma vertiginosa e, por isso, exija aprendizagens específicas para viabilizar seu uso, o ser humano segue movido por paixões, enfrentando frustrações e perseguindo a felicidade através de realizações, seja na esfera profissional ou na esfera pessoal. A escola e o curso são parte importante da vida do estudante, mas há o entorno, e o sucesso de qualquer estratégia pedagógica depende muito do olhar do professor sobre esse contexto.

A simples utilização de novas tecnologias em atividades de sala de aula tradicionais não produz, por si só, resultados positivos na aprendizagem dos alunos, faz-se necessário adaptar as práticas educativas às potencialidades oferecidas pelas novas ferramentas, criando dinâmicas em sala de aula que permitam o protagonismo dos estudantes, assim como devem promover a interação social e diferentes formas de colaboração entre todos os agentes do processo educativo, alunos e professores, de forma a atender às expectativas dos estudantes contemporâneos.

2.2 Aprendizagem significativa

Em grande parte das escolas de Ensino Fundamental e Médio, e também das instituições de Ensino Superior, os professores apresentam determinados conteúdos aos estudantes, e estes, por meio das relações que fazem entre os conceitos e a realidade, deveriam teoricamente entender tais conceitos. Os estudantes copiam para seus cadernos os conteúdos, com o objetivo de serem memorizados,

e posteriormente reproduzidos nas avaliações; porém o que se observa é que logo em seguida, todos esses conteúdos são esquecidos. “A nova informação é armazenada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura cognitiva e pouco ou nada contribuindo para sua elaboração e diferenciação” (MOREIRA, 2006, p. 9). Esta é uma forma tradicional de ensinar, apenas pela explanação do professor visando à memorização do estudante, o que caracteriza o processo de aprendizagem mecânica e, conseqüentemente, em que não são estabelecidas as condições para a ocorrência de uma aprendizagem significativa.

Provavelmente, a ideia mais importante da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel (2003) e suas possíveis implicações para o ensino e a aprendizagem podem ser resumidas na seguinte proposição, de sua própria autoria:

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo (AUSUBEL, 1978, *apud* MOREIRA, 2006, p. 7)

Quando Ausubel se refere ao que o estudante já sabe, ele está se reportando à estrutura cognitiva já construída, à organização das ideias e ao conteúdo que o indivíduo traz consigo. Também se refere a aspectos da estrutura cognitiva que apoiem a aprendizagem de um novo conhecimento. Fazer a averiguação do que o estudante já sabe não é algo simples, pois implica desvendar quais conceitos, ideias e conhecimentos estão disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e suas inter-relações e organizações.

Em outras palavras, é a relação do novo conteúdo com conhecimentos prévios que o estudante possui que pode possibilitar a construção de novos conceitos. Esse conhecimento prévio é denominado por Ausubel de “subsunçor”. O subsunçor é o conteúdo cognitivo que o estudante traz no decorrer de sua vida, capaz de exercer um papel de ancoradouro a um novo conhecimento de modo que este tenha significado para o indivíduo. Através da interação dos conceitos mais relevantes da estrutura cognitiva, que são os subsunçores, com a nova informação ocorre a aprendizagem significativa.

Na medida em que um subsunçor não é utilizado frequentemente ocorre inevitavelmente a obliteração, a perda de discriminação entre significados. Mas se tratando de aprendizagem significativa a reaprendizagem é possível e relativamente rápida. Portanto, aprendizagem significativa não é, como se possa pensar, aquela que o indivíduo nunca esquece (Cf. MOREIRA, 2011, p. 8).

Mas, para ocorrer a aprendizagem significativa, o professor depende de duas condições. A primeira delas é dispor de material potencialmente significati-

vo instrucional, isto é, que o material seja relacionável com a estrutura cognitiva do estudante. A condição para este material ser potencialmente significativo inclui dois fatores: a natureza do material e a natureza da estrutura cognitiva do estudante. Para Moreira:

quanto à natureza do material, ele deve ser “logicamente significativo” ou ter “significado lógico”, e no que se refere à estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos subsunçores específicos, com os quais o novo material é relacionável (MOREIRA, 2006, p. 12).

A segunda condição, que talvez seja a mais difícil de ser satisfeita que a primeira, é que o estudante manifeste disposição para aprender e assim em relacionar o novo material à sua estrutura cognitiva. A importância da predisposição do estudante para a aprendizagem significativa está interligada com a integração de pensamentos, sentimentos e ações. Não se trata exatamente de gostar da matéria ou de estar motivado, o estudante deve se predispor a relacionar interativamente os novos conhecimentos aos que já possui na sua estrutura cognitiva, modificando, enriquecendo, dando significado a esses conhecimentos. Sendo assim o estudante sabe que sem compreensão não terá bons resultados na aprendizagem (MOREIRA, 2006; 2011).

2.2.1 Construindo o saber: uma experiência para as aulas de Cálculo Diferencial

As mudanças culturais e comportamentais da sociedade atual têm provocado atitudes e comportamentos, às vezes, pouco compreendidos pelos educadores, com consequências negativas no processo de ensino e aprendizagem, afetando a sala de aula do professor. Soma-se, ainda, o fato da necessidade da jornada dupla, trabalho e estudo, de alguns alunos. Com efeito, o perfil do jovem ingressante no Ensino Superior tem demandado do seu corpo docente uma nova atitude frente aos desafios diários vividos em sala de aula e fora dela.

Considerando a necessidade dos alunos e a inquietação dos professores, o curso de Engenharia do Instituto Politécnico do Centro Universitário UNA propõe o Laboratório de Cálculo. Uma proposta pedagógica para os alunos ingressantes, com o objetivo de favorecer o processo de aprendizagem, promover a autoestima e envolvimento dos alunos nas aulas de Cálculo Diferencial e fomentar atitude mentora dos professores.

O Laboratório de Cálculo foi planejado como o ambiente interativo de aprendizagem da disciplina de Cálculo Diferencial. Por compreender ser fundamental a interação do aluno com o conteúdo necessário à sua formação, a escolha dos objetos educacionais para trabalhar o conteúdo da ementa da disciplina e as fragilidades apresentadas pelos alunos foi realizada de forma a contextualizar os

conceitos prévios dos alunos com elementos do seu cotidiano, estabelecendo conexões com o conteúdo trabalhado em sala de aula.

Para avaliar as primeiras experimentações pedagógicas realizadas no Laboratório de Cálculo, entre outros aspectos, foi mensurada a percepção dos alunos no tocante: à intencionalidade e reciprocidade do professor; à contextualização e à transcendência do conteúdo (MEIER, 2004) por meio da análise das respostas aos seguintes questionamentos: (i) O professor utilizou recursos diferenciados que estavam ao alcance dele para explicar da melhor maneira possível o conteúdo da disciplina? (ii) As atividades foram facilitadoras para a sua compreensão do conteúdo da disciplina? (iii) As atividades e as experiências vividas no Laboratório de Cálculo estimularam a busca por outras informações além das trabalhadas em sala de aula?

Atividades desenvolvidas

Em salas de aulas que permitiram a movimentação de alunos e professores e a disposição dos mesmos em círculos, foram apresentadas as atividades listadas no Quadro 1 aos alunos, de forma a envolvê-los.

Quadro 1 – Propostas de atividades para Cálculo Diferencial

Atividade	Conteúdo de Cálculo Diferencial
Desafio do Papel Invertido	Limites e Derivadas
Gincana de Cálculo	Funções
Caça ao tesouro	Limites e Continuidades e Derivadas
Faça você mesmo	Otimização
Derinó	Funções e Derivadas
Resta Um	Funções

Fonte: autores.

Na “Gincana de Cálculo” os alunos foram desafiados a apresentarem métodos de interpretação, análise e resolução de desafios, envolvendo funções dentro do tempo estabelecido. Na atividade “Caça ao Tesouro” os grupos de alunos foram estimulados a percorrer o *campus* da escola. Neste percurso, em pontos de controle, apresentamos aos alunos uma charada. Acertando esta charada, o grupo de alunos recebia o desafio matemático do ponto de controle. O grupo vencedor foi aquele que, percorrendo o *campus*, acertava três desafios matemáticos em menor tempo.

Na atividade “Faça você mesmo”, com os alunos organizados em grupos, foi

proposta a construção de uma caixa sem tampa com o maior volume possível. O foco da atividade era a otimização de áreas e volumes. Ainda, com um pedaço de barbante, os alunos foram desafiados a maximizar uma área, considerando o perímetro, minimizando o material utilizado.

O “Derinó” é um jogo de dominó com peças adaptadas. A adaptação consistiu em apresentar nas peças uma função definida e uma análise gráfica. Jogando Derinó os alunos foram estimulados a interligarem as peças considerando as funções e suas análises gráficas apresentadas. Já no jogo “Resta Um” os alunos trabalharam questões de raciocínio lógico, com cartas de baralho adaptadas. Questões e soluções de raciocínio lógico foram apresentadas aos alunos, em cartas, sendo o objetivo do jogo o emparelhamento correto destas.

Resultados

Durante as aulas, foi percebido um grande envolvimento dos alunos com as atividades. A proporção entre os números de alunos matriculados e de alunos que frequentaram as aulas foi alta, superior a 95%, evidenciando que o envolvimento do aluno com o conteúdo da disciplina e o estabelecimento do vínculo com o professor são atitudes essenciais para o desenvolvimento do ensino e da aprendizagem, agindo de forma positiva para a retenção do aluno em sala de aula.

Os alunos perceberam a intencionalidade e a reciprocidade do professor ao trabalhar os conteúdos de Cálculo Diferencial nas aulas. Foi possível perceber também que a contextualização do significado do conteúdo da disciplina foi fator determinante para o bom desempenho deles e, em menor proporção, a possibilidade de aplicação do conteúdo de Cálculo Diferencial em outras situações e disciplinas, caracterizando a transcendência do conteúdo.

Quando perguntados sobre as experiências vividas, o caráter inovador, o trabalho em equipe e o ganho acadêmico na instrução por pares foram destacados pelos alunos em seus relatos espontâneos: “Uma forma facilitadora e mais dinâmica de aprender a matéria, tirando os alunos da sua zona de conforto e os ensinando a aplicar e a se socializar com a matéria proposta” (Aluno 1). “Foi uma excelente experiência, pois conseguimos entender melhor os problemas de cálculo através das intuições do professor e dos colegas, aprendemos também trabalhar em equipe e desenvolver o raciocínio” (Aluno 2).

A contextualização do conteúdo foi uma premissa dos jogos e desafios propostos, sendo perceptível o envolvimento dos alunos e dos professores, que trabalharam de maneira autônoma e independente, a partir da ementa da disciplina. Essas mudanças exigiram do professor um novo papel, que pode ser traduzido em intencionalidade e reciprocidade em ensinar um conteúdo contextualizado e que transcende a sala de aula.

2.2.2 Aprendizagem significativa sobre funções matemáticas em Engenharia usando uma sequência didática baseada em uma UEPS

Nos cursos de Engenharia, é possível identificar – com base na análise de rendimento nas avaliações, no número de reprovações, nas taxas de evasão e na aplicação de avaliações diagnósticas – um grande número de estudantes com dificuldades em Matemática básica. Essas dificuldades prejudicam o aproveitamento em outras disciplinas e justificam a relevância de pesquisar sobre questões relacionadas aos processos de ensino e aprendizagem de Matemática nos estágios iniciais dos cursos de Engenharia (ARMSTRONG; CROFT, 1999; SOARES; LIMA; SAUER, 2004; ARAÚJO *et al.*, 2007; GILL *et al.*, 2010; CARR; BOWE; FHLOINN, 2013)

Além disso, a Lei de Diretrizes e Bases (BRASIL, 1999) para os cursos de Engenharia bem como o INOVA Engenharia (2006) propõem que egressos estejam aptos a conceber, projetar, analisar sistemas, produtos e processos; planejar, supervisionar, conduzir experimentos, interpretar resultados, atuar em equipes multidisciplinares, comunicar-se eficientemente, avaliar a viabilidade econômica de projetos e o impacto de atividades da Engenharia no contexto social e ambiental. Diante dessas necessidades, que estratégias possuem potencial para desenvolver essas habilidades? Que aspectos da mediação necessitam estar presentes em ambientes de aprendizagem quando o foco for a ocorrência de uma aprendizagem significativa?

Processos de ensino e aprendizagem, coerentes com esta tendência, necessitam estar focados cada vez mais em ações dos estudantes diante de situações que favoreçam a interação, a colaboração, a troca de conhecimentos e o desenvolvimento de aprendizagens significativas (AUSUBEL, 2003). Estratégias de aprendizagem, utilizando sequências didáticas (SD) – entendidas como conjuntos de atividades planejadas, experimentadas e analisadas – podem constituir meios favoráveis para aquisição de significados.

Este trabalho relata uma experiência realizada nos cursos de Engenharia da Universidade de Caxias do Sul sobre a aplicação e análise do potencial de uma SD na ocorrência da aprendizagem significativa de conceitos relacionados às funções matemáticas de primeiro grau (linear e afim) no cotidiano dos estudantes de Engenharia. Esta foi proposta como uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), com foco na aprendizagem e fundamentada nas contribuições de Ausubel (2003) e de Moreira (2009; 2011), entre outros.

Fundamentação Teórica

Situações problematizadoras são indicadas como potencializadoras de atividades de ensino e de aprendizagem para comporem SDs. Firme, Ribeiro e Barbosa (2008) destacam sua importância por evocar um ensino contextualizado, com situações-problema relativas a contextos reais, tanto no âmbito social quanto no

ambiental. As bases teóricas de Méheut e Psillos (2004) fundamentam as SDs de ensino aprendizagem (do inglês *teaching-learning sequences* (TLS). Esses autores salientam que a SD ajuda na aprendizagem, pois é possível observar um melhor desempenho dos estudantes em comparação àqueles que tiveram abordagens mais tradicionais de ensino.

Situações problematizadoras permitem questionamentos contextualizados e com dimensões diferenciadas, como: objetivos de ensino, recursos variados, problemas reais, atividades experimentais, questões de natureza tecnológica, ambiental, sociocultural, entre outros. Essas ações são estratégicas para desenvolver habilidades novas, com o objetivo de tornar o processo de ensinar um instrumento de construção humana comprometido com as necessidades da sociedade.

Zabala (1998) destaca que para compreender o valor educacional de uma SD e as razões que a justificam, é necessário identificar suas etapas, definindo atividades e as relações que se estabelecem nesse espaço de construção. Com a intenção de contribuir nesse novo cenário educacional, surge a proposta de construção das UEPS (MOREIRA, 2011). Estas possuem princípios orientadores tais como: identificação de conhecimentos prévios ou subsunçores, organizadores prévios, situações-problema, diferenciação progressiva, reconciliação integradora e consolidação. A avaliação é entendida como busca de evidências e o papel do professor é o de mediador, focado na captação de significados, visando à aprendizagem não mecânica e, conseqüentemente, há um maior potencial de êxito na ocorrência da aprendizagem significativa (MOREIRA, 2011).

Percurso metodológico

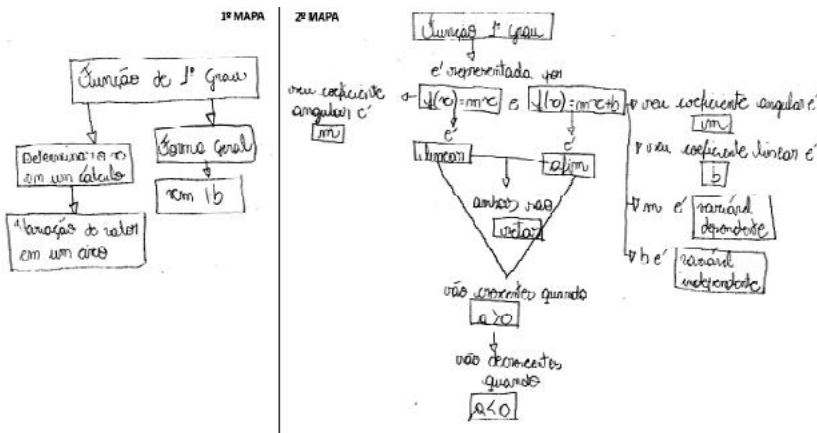
Neste trabalho de pesquisa, uma SD foi proposta na forma de UEPS e aplicada em uma turma de estudantes da disciplina de Pré-Cálculo dos cursos de Engenharia da UCS. Na primeira fase da pesquisa, um questionário diagnóstico foi entregue no primeiro dia de aula aos quarenta e nove estudantes, para ser respondido em casa e entregue na aula seguinte. O questionário continha questões sobre dados dos estudantes e questões contextualizadas sobre funções matemáticas de primeiro grau (linear e afim). Ao devolverem o questionário diagnóstico foi feito um convite para que todos participassem da segunda fase da pesquisa. Foi explicado que, na segunda etapa, seria aplicada uma UEPS, com atividades práticas e acompanhamento da pesquisadora, visando ao aprendizado de algumas funções matemáticas de 1º grau. Também foi esclarecido que a atividade seria gratuita, renderia horas complementares e seria realizada em um horário extracurricular, com encontros quinzenais aos sábados pela manhã. Dos quarenta e nove estudantes convidados, apenas cinco se inscreveram para participar da UEPS. O desenvolvimento desta teve início três semanas após o início das aulas da disciplina Pré-Cálculo. Três situações-problema, envolvendo funções de 1º grau, em ordem crescente de dificuldade, compuseram a UEPS.

Resultados e discussão

As principais evidências de que a UEPS apresentou potencial para a ocorrência da aprendizagem significativa dos estudantes foram obtidas de mapas conceituais elaborados pelos estudantes e de resultados de uma avaliação diagnóstica e de uma avaliação somativa final.

Os mapas conceituais inicial e final foram utilizados para evidenciar o conhecimento construído pelos estudantes ao longo da aplicação da UEPS. Comparando os mapas conceituais inicial e final confeccionados pelos estudantes pode-se observar que houve uma crescente evolução nas ideias representadas nestes. No mapa, os conceitos contextualmente mais importantes estão sinalizados por setas, as quais se relacionam com conceitos secundários ou específicos. O estudante apresenta o seu mapa e o importante não é se o mapa está correto ou não, mas, sim, se ele fornece evidências de que o estudante está aprendendo significativamente o conteúdo. Como exemplo, na Figura 1 são apresentados os mapas elaborados por um dos estudantes participantes.

Figura 1 – Mapas Conceituais inicial e final de um dos estudantes participantes



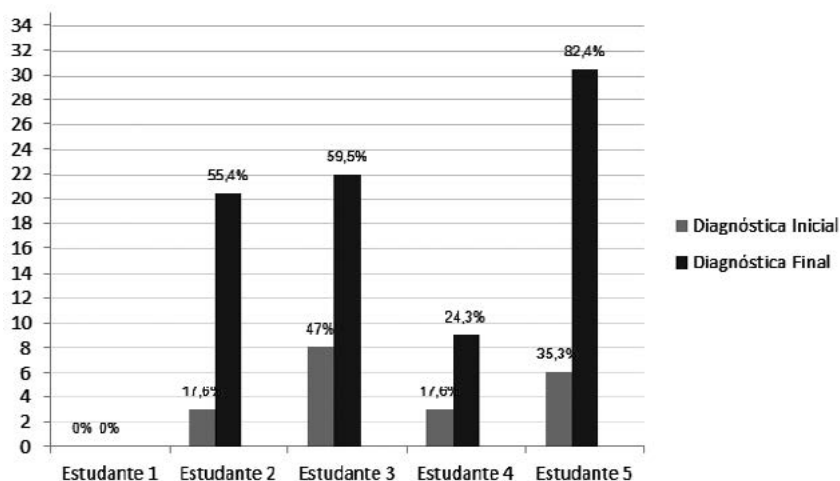
Fonte: autores.

Observa-se, nesses mapas, que o estudante traz, em sua estrutura cognitiva, alguns conhecimentos prévios sobre o conceito de funções do primeiro grau. Esses conhecimentos são dispostos em ramificações simples, ligadas diretamente à raiz 'Função de primeiro grau', com um caráter em comum entre elas, pois ambas privilegiam o conceito de função de primeiro grau. No mapa conceitual produzido pelo Estudante 2, após o debate e as aulas expositivas dialogadas, é possível observar a associação de novas ramificações ligadas à raiz 'Função de primeiro grau', o que denota um avanço no número de interligações de novos conceitos. Também é possível perceber o estabelecimento de relações explícitas entre o

novo conhecimento e aquele já existente. Essa alteração do número de relações entre conceitos, na construção desses mapas, denota uma reorganização da estrutura cognitiva do estudante, característica do processo de reconciliação integrativa, que, segundo Ausubel (2003), acontece quando no curso da aprendizagem significativos elementos iniciais existentes na estrutura cognitiva (subsúncos), com certo grau de diferenciação, passam a ser vistos de forma relacionada, adquirindo novos significados. Assim, nesse movimento, conceitos que antes pertenciam a diferentes ramos da raiz passam a se relacionar, proporcionando uma reconciliação, uma conexão entre eles, que antes não era perceptível. Esse movimento dinâmico em que conceitos e proposições já existentes na estrutura cognitiva sofrem reorganizações e adquirem novos significados e conceitos mais abrangentes é característico de uma aprendizagem significativa.

Quanto à avaliação diagnóstica (inicial) e à avaliação somativa (final) também foram utilizadas para buscar evidências sobre o conhecimento construído pelos estudantes ao longo da aplicação da UEPS. Estas avaliações foram realizadas individualmente, a fim de obter uma análise mais real sobre as concepções de cada estudante. O intervalo de aplicação desses instrumentos foi de sete semanas, durante as quais foram realizadas as atividades programadas para a UEPS. Constatou na avaliação somativa todas as questões da avaliação diagnóstica, além de algumas questões trabalhadas nos encontros 01 e 02. Um critério definido foi que as questões da avaliação diagnóstica não foram discutidas nos encontros seguintes, como também não foram feitos quaisquer comentários sobre sua resolução. A investigação da ocorrência de evolução conceitual foi feita mediante uma análise das respostas dos estudantes ao conjunto de questões abertas.

Figura 2 – Resultado das avaliações diagnóstica (inicial) e somativa (final)



Fonte: autores.

A análise das avaliações foi qualitativa, com uma estatística descritiva. A distribuição de acertos dos estudantes em cada questão, tanto na avaliação inicial quanto na final, foi verificada, a fim de realizar uma comparação na evolução conceitual entre o antes e o depois da aplicação da UEPS. Como pode ser observado na Figura 2, pode-se concluir que a aplicação da SD apresentou resultados positivos. Como destaca Ausubel (2003), a aprendizagem significativa resulta de um processo de ensino e de aprendizagem, no qual o professor cria condições para o aluno interagir utilizando objetos de aprendizagem, materiais diversos, desafios, problemas, experimentos e mecanismos de ensino potencializadores de aprendizagem significativa, buscando com recursos variados um maior envolvimento do estudante no processo. Nesse sentido, a SD que foi planejada e executada para o ensino de funções de 1º. grau apresenta-se como uma UEPS com potencial real para a ocorrência da aprendizagem significativa nos estudantes de Engenharia.

2.3 Aprendizagem colaborativa

A aprendizagem colaborativa tem recebido diversas conceituações, como se pode observar em trabalhos citados por García-Valcárcel (2003), dentre as quais a autora destaca a colaboração entendida como o intercâmbio e cooperação social entre um grupo de estudantes com o propósito de facilitar a tomada de decisão e a solução de problemas. Esta colaboração entre os aprendizes permite o compartilhamento de hipóteses, a socialização de pensamentos e conseqüentemente trabalhar mediante suas divergências cognitivas. (RALF; YANG, 1993, *apud* García-Valcárcel, 2003) .

Com efeito, o conceito básico de aprendizagem colaborativa gira em torno da organização por parte do docente de pequenos grupos em contextos instrucionais formalizados nos quais os estudantes discutem os tópicos e chegam a aprender no intercâmbio de opiniões, na admissão das propostas de outros membros do grupo e na modificação de suas abordagens prévias formuladas por si próprios, ou por outros companheiros do grupo. Na aprendizagem colaborativa, o professor estrutura o funcionamento de como devem trabalhar efetivamente.

Em linhas gerais, pode-se considerar como um grupo pequeno de pessoas formado pelo docente, midiático ou humano, para que a interação alcance uma série de objetivos direta ou indiretamente, planejados ou não planejados, que sem querer limitar pode-se especificar nos seguinte: (i) Aquisição dos objetivos previstos; (ii) Domínio dos conteúdos sobre os quais se inter-relacionam; (iii) Desenvolvimento e aperfeiçoamento de estratégias e técnicas de comunicação, de intercâmbio e aceitação de ideias; (iv) Os resultados alcançados não supõem a mera soma de trabalhos isolados e individuais realizados por diferentes membros do grupo, mas das suas negociações e coesão; (v) Desenvolvimento socioafetivo de seus integrantes.

As vantagens que se têm atribuído à aprendizagem colaborativa são diversas e vão desde a transformação das atitudes dos alunos frente aos conteúdos trabalhados até ao aumento das habilidades sociais em seus participantes, conforme apontam Cabero e Marquez (1997). Ultimamente, principalmente com o avanço das novas tecnologias, a aprendizagem colaborativa, por meio das redes, está adquirindo uma dimensão de extraordinária importância.

2.3.1 Laboratório virtual e metodologia colaborativa

Diante das dificuldades inerentes ao processo ensino-aprendizagem em disciplinas do ciclo básico dos cursos de Engenharia e visando a combater os altos índices de reprovação, especialmente na disciplina de Cálculo I, iniciou-se no primeiro semestre de 2016, no *Campus* Pato Branco da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) uma proposta de intervenção, realizada no âmbito do projeto “Laboratório Virtual e Modelo Multiplicador por grupo: perspectivas para o desenvolvimento de competências formativas, utilizando as Tecnologias da Informação e Comunicação - TIC”, cujo objetivo é apresentar uma nova proposta didático-metodológica, aliada à metodologia “Trezentos” (FRAGELI, 2015).

De forma geral, o Laboratório Virtual da UTFPR – *Campus* Pato Branco está sendo desenvolvido com o intuito de disponibilizar conteúdos organizados (*e-book*), hospedados por disciplinas na plataforma *Moodle*, num modelo de intersecção e interação, utilizando as tecnologias da informação e comunicação para criar serviços que dão suporte ao ensino e à pesquisa. Este modelo engloba desde a seleção e organização dos conteúdos até processos de interação e comunicação que favoreçam a criação de comunidades aprendentes (SANZOVO; ESCOLA, 2016).

Atualmente estão disponíveis no Laboratório Virtual *e-books*, resumos e videoaulas para três disciplinas: Matemática Básica; Álgebra Linear e Geometria Analítica e Cálculo Diferencial e Integral I. Em particular, para esta última disciplina o *e-book* disponibilizado integra o primeiro volume da Coleção Aprender, intitulado “Tecnologias Educativas (*e-book*) – Cálculo Diferencial e Integral”. O mesmo foi organizado por uma docente (Cf. SANZOVO, 2016) da UTFPR – *Campus* Pato Branco em colaboração com docente da UTAD – Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro/Portugal e também se constitui pelo “Laboratório Virtual e Modelo Multiplicador por grupo: perspectivas para o desenvolvimento de competências formativas, utilizando as Tecnologias da Informação e Comunicação - TIC”. Por sua vez, a proposta da Coleção Aprender direciona-se no sentido de propor uma alternativa didático-metodológica para trabalhar as disciplinas ditas “hard” no contexto curricular do ensino superior num rearranjo: “Conteúdo (*e-book*) – *Flipped Classroom* (Sala Invertida) – Metodologia Colaborativa”.

Utilizou-se nesta intervenção experimental a metodologia “Trezentos” (Cf.

FRAGELI, 2015), cujo objetivo primordial é promover ao máximo a colaboração entre os estudantes, despertando o olhar para as dificuldades de aprendizagem do outro. Nesse sentido, para que essa colaboração seja estimulada, são formados grupos de estudo a partir do desempenho obtido pelos acadêmicos nas avaliações. Ressalta-se que estes grupos devem conter, obrigatoriamente, alguns estudantes que tiveram bom rendimento e alguns estudantes que tiveram rendimento considerado insatisfatório.

As atividades propostas geralmente são as seguintes: (a) dois encontros presenciais com os integrantes do grupo, sendo cada um destes encontros com, pelo menos, duas horas de duração e com suporte do Laboratório Virtual, cujo conteúdo está organizado e disponibilizado também por meio de aulas gravadas; (b) entrega de uma lista de exercícios desenvolvida pelo professor; e (c) resolução de uma prova (espécie de simulado) desenvolvida pelo líder do grupo – geralmente o estudante com a maior nota do grupo. Os estudantes com rendimento insatisfatório que completarem todas as atividades propostas realizam uma nova prova (elaborada pelo professor da disciplina) e ficam com a melhor das duas notas que, quase na totalidade dos casos, é aquela obtida na segunda avaliação. Os estudantes com bom rendimento não podem refazer a prova, contudo, melhoram a própria nota (com possibilidade de acréscimo em até 1,5 pontos) considerando duas dimensões: (a) o nível de ajuda oferecido aos estudantes do grupo; e (b) a melhora no rendimento dos estudantes ajudados.

Para medir o nível de ajuda oferecido por um determinado estudante, é aplicado um questionário ao próprio estudante em que a planilha distribui os alunos ajudados do seu grupo de acordo com uma escala de Likert de cinco pontos variando de 1 (ajudei nada) a 5 (ajudei muito). Outra escala (planilha) de Likert é aplicada aos estudantes ajudados em que devem distribuir os estudantes do seu grupo que o ajudaram na melhora do seu rendimento. A escala também possui cinco pontos e varia de 1 (ajudou nada) a 5 (ajudou muito). O nível de ajuda final atribuído a um ajudante é medido com base na média entre essas duas escalas arredondando-se o resultado para cima.

O teste piloto realizado com 41 acadêmicos do curso de Engenharia Elétrica da UTFPR – *Campus* Pato Branco, matriculados na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral I, trouxe indicativos positivos (Gráfico 1), visto que 7 alunos mantiveram suas notas originais, enquanto 34 estudantes melhoraram seus desempenhos após a aplicação da metodologia dos Trezentos, o que representou uma melhora em 83% dos casos. Há que se mencionar ainda que nenhum dos alunos participantes teve um desempenho inferior após a nova avaliação.

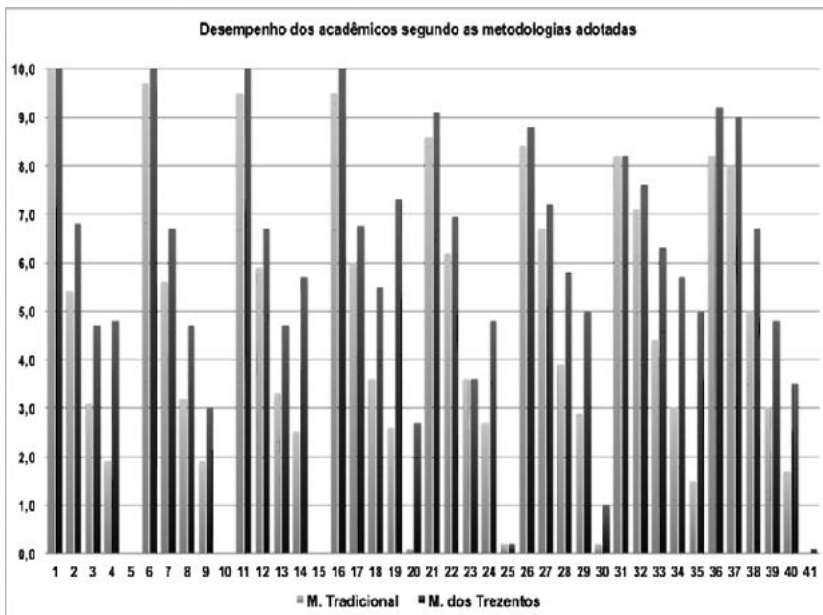


Gráfico 1 – Comparativo de desempenhos na primeira avaliação segundo a metodologia adotada

Fonte: autores.

Apesar dos resultados apresentados serem um tanto incipientes, por envolver dados de uma única turma, estes trazem indicativos de que houve melhora significativa no desempenho dos acadêmicos, sugerindo que a metodologia ativa colaborativa pode contribuir para a melhora dos índices de aprovação em disciplinas como de Cálculo.

3. A WEB 2.0 NA PERSPECTIVA DA MÍDIA EDUCAÇÃO

O termo Web é uma espécie de trocadilho com um tipo de notação em informática que indica a versão de um software e foi popularizado entre 2004 e 2005 pela *O'Reilly Media Group* e pela *MediaLive International* (Cf. PRIMO, 2008, p. 101).

A evolução constante da Web não para de surpreender. O avanço das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), em especial o advento da Web 2.0, fez emergir um potencial de colaboração e compartilhamento diferentemente do que se tinha na Web 1.0. Neste cenário de evolução, a produção cultural e os objetos técnicos digitalizados em conexão com a internet dão forma à

cultura contemporânea denominada cibercultura (SANTOS, 2015). A cibercultura tem sido objeto de diversas reflexões. Em Rudiger (2011) encontram-se três linhas de pensamentos, sendo a terceira uma alternativa à polarização existente entre os que amam e os que odeiam as novas tecnologias de informação e comunicação. Cabe pontuar que no entendimento deste autor o termo cibercultura é “uma expressão que serve à consciência mais ilustrada para designar o conjunto de fenômenos cotidianos agenciados ou promovidos com o progresso das telemáticas e seus maquinismos” (RUDIGER, 2011, p. 10).

As duas primeiras linhas de pensamento mencionadas por Rudiger remetem aos escritos de Postman (1994). A primeira diz respeito aos conservadores midiáticos que se negam a experimentar as novas tecnologias, e, por consequência, demonizam as novas práticas que se desenham nos processos comunicacionais contemporâneos, os chamados *tecnófilos*. A segunda refere-se aos *tecnófilos*, pessoas que só conseguem perceber o que as tecnologias podem fazer e não o que elas podem desfazer. Na terceira linha de pensamento, Rudiger (2011) apresenta os *cibercriticalistas*, como aqueles que buscam identificar potencialidades, problemas e desafios que os sujeitos sociais enfrentam na atualidade diante da popularização das TDIC e, por sua vez, tomam uma posição crítica sobre os novos aspectos que delas procedem.

Entendemos que diante das mudanças provocadas pela TDIC, a educação precisa ter uma postura que apresenta confluências com a visão cibercriticalista. Ou seja, uma postura consciente de que o primeiro e principal motivo do incentivo governamental para a inserção das TDIC na educação guarda relação com o atual cenário político, social, econômico e cultural da sociedade contemporânea, na qual o conhecimento se tornou a mercadoria mais valiosa. O que significa trazer para a educação uma nova dimensão, ou seja, de motor fundamental para o desenvolvimento social e econômico, em que são agregadas outras funções, para além de promover o desenvolvimento, a socialização ou o meio para a construção da cidadania. Neste contexto, o poder hegemônico toma as TDIC como poderosos instrumentos para promover a aprendizagem tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo. Um efeito da globalização no processo educativo que surge (caminha) em paralelo ao potencial crescente acenado pelas TDIC – em especial dos recursos da Web 2.0 – nos processos educacionais e que não pode deixar de ser lembrado.

De outra parte, a educação tem como desafio compreender e lidar com uma geração que chega à escola com familiaridade e competência para usar as TDIC e que são protagonistas de um novo paradigma que exige repensar os aportes teóricos sobre a aprendizagem, uma vez que desenvolvem novos modos de aprender (BELLONI; GOMES, 2008), muitas vezes independente da mediação escolar.

Entendemos que os referenciais teóricos que apresentam confluência com a linha de pensamento cibercriticalista e que podem subsidiar uma apropriação crítica e criativa de dispositivos tecnológicos estão inseridos no campo da Mídia Educação. Um campo de estudo das mídias que contempla três dimensões

indissociáveis: “inclusão digital, objeto de estudo e ferramenta pedagógica” (Cf. BÉVORT; BELLONI, 2009).

A dimensão “inclusão digital” pode ser vista, num primeiro momento, como a apropriação dos modos de operar as TDIC que abre “as portas do mundo encantado da rede mundial de computadores, possibilitando a todos se tornarem produtores de mensagens midiáticas” (BÉVORT; BELLONI, 2009, p. 1098). Nesta rota a apropriação das TDIC “pode” se constituir num importante elemento para a ampliação de acesso por boa parte da população, que ainda não está incluída na cibercultura.

Já a dimensão “objeto de estudo” implica formar as futuras gerações para se tornarem cidadãos que compreendam o significado das mensagens do poder hegemônico na sociedade em que vivemos. E, portanto, mensagens e conteúdos veiculados pelas mídias de massa e mais recentemente pelos novos espaços de comunicação, como as redes sociais, que não são neutras, mas expressam os significados e sentidos de quem as detêm.

A dimensão “ferramenta pedagógica” diz respeito ao uso das TDIC em situações de aprendizagem e se caracteriza pela necessidade de ir além da perspectiva instrumentalista, o que implica compreender que a transformação das práticas pedagógicas não acontecerá pela simples adoção de recursos tecnológicos de última geração. Mas, sim, a partir do desenvolvimento de metodologias de ensino que contemplem a cultura digital, bem como a construção de projetos de aprendizagem criativos e integrados aos conteúdos curriculares. Para que isso aconteça é necessário que professores e alunos compreendam a nova cultura. O que perpassa por uma “inclusão digital” que permita, para além de uma apropriação dos modos de operar as TDIC, que ambos os agentes do processo de ensino-aprendizagem possam ser sujeitos da cibercultura para “inventar” uma nova pedagogia, que faça a crítica da mídia e proponha usos criativos nos processos de ensino-aprendizagem.

O olhar para as potencialidades da Web 2.0 de forma a contemplar as três dimensões supracitadas significa “uma educação com as mídias, mas também para as mídias e por meio das mídias” (LAPA; BELLONI, 2012, p. 178.), e se apresenta como condição *sine qua non* tanto para a educação quanto para a formação do cidadão (BELLONI, 2002) em tempos de cibercultura.

Uma pergunta que surge neste contexto é como tem sido a aproximação dos professores de Engenharia dos recursos da fase 2.0 da cibercultura? Algumas das experiências socializadas ao longo deste capítulo já sinalizam aproximações ou intencionalidades, contudo, a seguir socializaremos os resultados de uma pesquisa realizada junto a professores que suscita reflexões.

3.1 Utilização de ferramentas Web 2.0 por professores

Com o objetivo de saber sobre as formas e a frequência de uso de ferramentas da Web 2.0 por professores de Matemática em suas disciplinas foi desenvolvida uma pesquisa junto ao curso de Engenharia de Produção Civil da UNEB.

A categorização das ferramentas da Web 2.0 utilizadas pelos docentes teve como subsídios a síntese apresentada por Patrício *et al.* (2008 *apud* ARAÚJO, 2013), a qual apresenta um leque de aplicações e coloca em destaque os mais populares:

- (I) *Softwares* para criação de redes sociais – *Messenger, Facebook, Blogs*, entre outros.
- (II) Ferramentas de escrita colaborativa – *Wikis, Podcast* (<http://www.podomatic.com/>), *Google Docs, Share Point Services e Blogs*.
- (III) Ferramentas de comunicação online – *Messenger, Skype e Goo-gletalk*.
- (IV) Ferramentas de publicação de vídeos online – *YouTube, Google Ví-deos, Yahoo Videos*.
- (V) Ferramentas de publicação de fotografias online – *Flickr, Picasa*.
- (VI) Ferramentas de *Social Bookmarking* – *Delicious, BlinkList, Social Bookmarks, Digg*.
- (VII) Plataformas de *e-learning* – *Moodle, Atutor, Dokeos, Claroline, Blackbord*.
- (VIII) Ambientes de realidade/interação virtual – *Second Life, Habbo, The Sims Online, WhyVille*.

Os dados analisados foram coletados por meio da aplicação de um questionário aos docentes. Da análise realizada são destacados os seguintes aspectos:

(I) Quanto à forma de utilização: dos 60% dos docentes que responderam à pesquisa, 15% utilizam as plataformas de ensino, precisamente o *Moodle*, um Ambiente Virtual da Aprendizagem (AVA); 75% utilizam as ferramentas de comunicação (*e-mail*, fórum, *chat, WhatsApp* ou MSN). Destes, 100% utilizam com frequência e-mail para receber e enviar atividades e 50% usam *WhatsApp* para se comunicar com os alunos, que geralmente criam um grupo da turma;

(II) Quanto à produção colaborativa em espaços virtuais: 50% dos docentes conhecem espaços colaborativos, porém não usam em suas aulas. Ferramentas de publicação de fotografias *on-line*, áudio digital (*podcasts*), as interfaces de publicação de vídeos *on-line*, posicionamento geográfico, ferramentas de *social bookmarking*, ferramentas *web syndication* e Ambientes de Realidade Virtual são conhecidas, porém também não são utilizadas nas aulas; e 10% dos docentes fa-

zem uso dos *blogs* para postar textos e trabalhos dos alunos.

Do exposto é possível inferir que a utilização de ferramentas da Web 2.0 por parte dos docentes da área da Matemática no curso em questão ainda é incipiente. Esse fato, talvez, também aconteça por conta do ensino tradicional “[...] baseado na sequência exposição-estudo-exercício-prova ou exame” (ZABALA; ARNAU, 2010, p. 143), ainda ser soberano em grande parte das aulas de Matemática ministradas nos cursos de Engenharia. Mas, de outra parte, os dados suscitam reflexões que perpassam pela possibilidade do distanciamento das práticas pedagógicas estar ocorrendo por falta de conhecimento, de incentivo e/ou de oportunidade para os docentes desenvolverem experimentações pedagógicas associadas aos recursos da fase 2.0 da cibercultura e, principalmente, tecerem reflexões acerca dos desafios e potencialidades de suas experimentações.

3.2 A Web 2.0 como recurso pedagógico

A fase 2.0 da cibercultura, ou a Web 2.0, proporciona uma nova relação com o conhecimento existente e com o conhecimento a produzir em comunidades *on-line*. Estamos diante de recursos de compartilhamento de informações e essa característica favorece mudanças na pedagogia da sala de aula. Nesse contexto, a competência pedagógica do professor de Engenharia precisa ser ampliada no sentido de focar na aprendizagem do estudante. O professor torna-se um animador da inteligência coletiva dos grupos, seu trabalho é focado no acompanhamento e na gestão do aprendizado, na troca de saberes, na mediação das relações e no âmbito de enfoque do conteúdo (Cf. LÉVY, 1999).

Kenski (2004) destaca que as tecnologias digitais redimensionaram o espaço da sala de aula em pelo menos dois aspectos. O primeiro diz respeito à possibilidade de acesso a outros locais de aprendizagem com os quais alunos e professores podem interagir e aprender. O segundo aspecto é o próprio espaço físico da sala de aula que se altera. Assim, há uma tendência na modificação do ambiente de ensino e de aprendizagem, exigindo uma atualização na formação de profissionais da área de Educação, para atender com competência as novas demandas do contexto escolar.

Diante desse contexto algumas questões podem ser levantadas: como utilizar este recurso com nossos estudantes visando a atingir objetivos de aprendizagens? Como desenvolver um plano de ensino e de aprendizagens com esta nova ferramenta? Como avaliar as habilidades desenvolvidas por meio desse recurso? Que bases epistemológicas podem fundamentar esses espaços de aprendizagens coletivas? Como prever ações voltadas para a pesquisa, para a interação e para a colaboração nesses ambientes interativos de aprendizagens?

Um dos referenciais epistemológicos que pode sustentar práticas pedagógicas desenvolvidas com apoio da Web, tanto em sua concepção quanto na sua elaboração, advém dos fundamentos da teoria de Piaget (1995). Isso porque os recursos da Web 2.0 favorecem a escrita e a aprendizagem cooperativa. Esse

recurso auxilia produções de textos, na troca de conhecimentos e na construção coletiva, desenvolvendo no estudante o sentimento de autoria, de valorização de sua aprendizagem e da autonomia.

De outra parte os ensinamentos de Vygotsky (1993) lembram que a aprendizagem sempre inclui relações entre as pessoas. A relação do indivíduo com o mundo está sempre mediada pelo outro. Não há como aprender e apreender o mundo se não tivermos o outro, aquele que nos fornece os significados que permite pensar o mundo à nossa volta. Segundo esse mesmo autor, a aprendizagem envolve a comunicação, mas também a compreensão de como funcionam os mecanismos mentais que permitem a construção dos conceitos e que se modificam em função do desenvolvimento. Assim, a aprendizagem acontece por um processo cognitivo imbuído de afetividade, relação e motivação.

O professor de Engenharia precisa refletir e ampliar suas concepções sobre os processos de ensinar e de aprender para ampliar sua prática pedagógica. Precisa compreender que a aprendizagem é um fenômeno complexo e que este não se reduz apenas à utilização de recursos tecnológicos, mas da compreensão de novos modelos epistemológicos e pedagógicos nos quais podem ser inseridos recursos tecnológicos.

Além disso, ao se propor uma nova tecnologia tendo como subsídios referenciais epistemológicos e pedagógicos que favoreçam uma educação diferenciada, não podemos continuar planejando e avaliando com referenciais teóricos tradicionais de um modelo de ensinar empirista. A vivência em redes está fundamentada na troca, no diálogo e na colaboração. Necessita-se de ambientes e contextos com dimensões sociais.

Contudo, os professores só poderão encontrar novas rotas para enfrentar os novos e antigos desafios que se colocam para a educação na cibercultura se as instituições de ensino abrirem oportunidades para que os recursos disponíveis na Web 2.0 possam ser compreendidos e utilizados a partir de critérios de ensino e aprendizagem bem definidos.

3.2.1 Matemática básica com o apoio dos espaços sociais da Web 2.0 – uma intervenção pedagógica

Desde 2001 a Universidade Regional de Blumenau (FURB) desenvolve um trabalho de revisão de Matemática Básica para os alunos ingressantes dos cursos de Engenharia. A proposta de revisão de conceitos e propriedades de Matemática Básica foi criada inicialmente como um projeto de nivelamento, obrigatório a todos os alunos ingressantes, intitulado “Módulos de Matemática Básica”.

A partir de uma pesquisa realizada junto aos professores das diversas disciplinas básicas e profissionalizantes foram levantados os erros mais frequentes de matemática básica. Este diagnóstico permitiu a elaboração de um material de apoio com uma linguagem bastante acessível, com os seguintes conteúdos tra-

balhados de quinta ao nono ano do Ensino Fundamental: frações, potenciação, radiciação, polinômios, produtos notáveis, frações algébricas, equações do 1º e 2º grau e razões trigonométricas.

Para que a atividade entrasse no sistema informatizado de matrículas da FURB, Módulos de Matemática Básica foi colocado como uma disciplina de dois créditos (30 horas), mas sem horário definido. A ideia era que os alunos estudassem pelo material de apoio, tirassem suas dúvidas com os quatro monitores do Departamento de Matemática e obtivessem nota mínima 6,0 em uma das três oportunidades de avaliação ofertadas ao longo da primeira fase. Para caracterizar a obrigatoriedade de realização do nivelamento na primeira fase, Módulos de Matemática Básica foi colocado como pré-requisito das disciplinas da área de Matemática ofertadas na segunda fase dos cursos de Engenharia.

Atualmente, os cursos de Engenharia Química, Alimentos, Elétrica, Telecomunicações e Mecânica continuam com a proposta inicial do projeto Módulos de Matemática Básica, sendo que, além dos monitores, aulas de dúvidas não obrigatórias são pré-agendadas e ministradas por um professor. Já os cursos de Engenharia Civil, Produção e Florestal, diante da dificuldade dos alunos ingressantes, optaram por fazer de Módulos de Matemática Básica uma disciplina regular do curso com duas aulas semanais (15 créditos ou 30 horas). A partir de 2017, Módulos de Matemática Básica passará a ser uma disciplina presencial e obrigatória para todos os cursos de engenharia da FURB

Um dos objetivos do projeto Módulos de Matemática Básica, além de revisar conceitos de Matemática Básica, é conscientizar os acadêmicos da necessidade de autonomia para buscar suprir suas deficiências de formação básica. Essa conscientização tem sido um dos grandes desafios do projeto. Além disso, a análise dos resultados das avaliações realizadas pelos alunos desde 2002 demonstra que o desafio que se tem não é apenas oferecer uma revisão. Os alunos que não têm bom desempenho em Matemática Básica ou estão há muito tempo sem trabalhar com esses conceitos e propriedades ou ainda não obtiveram durante a formação básica tais conceitos não construídos de forma adequada. As lembranças embaralhadas se misturam aos “macetes” e “vícios” equivocados de resolução. Para exemplificar trazemos na Figura 3 um dos principais erros de Matemática Básica, já sinalizado nos trabalhos de Cury (2004), o qual designaremos de “erros de simplificações de frações algébricas” (Figura 3).

Figura 3 – resolução realizada por aluno em uma prova de Módulos de Matemática Básica

$$\frac{9a^2 - 3ab}{6ab - 2b^2} = \frac{9 \cdot a^2 - 3A \cdot b}{6 \cdot g \cdot b - 2 \cdot b^2} = \frac{9 \cdot a^2}{4 \cdot b^2} = \frac{9a^2}{4b^2}$$

Fonte: autores.

O trabalho de revisão de Matemática Básica é um trabalho árduo. Ministrando aulas de Matemática Básica (tópicos de quinto ao nono ano do Ensino Fundamental) para calouros dos cursos de Engenharia tem o desafio da desmotivação dos alunos, mesmo a revisão sendo pré-requisito de disciplinas da segunda fase dos cursos de Engenharia. Os acadêmicos em sua maioria não se dedicam à revisão e não procuram o auxílio dos monitores alegando falta de tempo para procurar este auxílio no contra turno de seus cursos. Diante deste contexto, o apoio dos espaços sociais da Web 2.0 se caracteriza pela busca de novas interfaces que permitam levar a Matemática Básica para o habitat dos nativos digitais, ou, ainda, como diria o antropólogo Matin Barbero, pela busca de “uma outra forma de estar junto” (BARBERO, 2014, p. 134), na tentativa de fazer com que as discussões dos erros de Matemática Básica fiquem mais próximas da cultura dos estudantes contemporâneos.

A intervenção pedagógica

Uma intervenção pedagógica, iniciada em março de 2014 e finalizada em junho do mesmo ano, foi realizada junto à disciplina de Módulos de Matemática Básica. Foi buscada uma estratégia didática que permitisse o domínio e a familiarização dos recursos dos espaços sociais da Web 2.0 principalmente por parte do professor. Feita a opção pelo uso de um *blog* e de um grupo fechado no *Facebook*, acrescentou-se, nesta busca, o interesse em investigar se aconteceria a colaboração entre os acadêmicos nestes espaços sociais virtuais no que tange aos debates de tópicos de Matemática Básica neles fomentados. Na afirmativa dessa colaboração, analisar possibilidades de promover a dialogicidade tradutora (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011), ou seja, um diálogo em que o professor, por meio da identificação e apreensão do conhecimento que o aluno detém, passa a problematizá-lo, aguçando as contradições e localizando as limitações desse conhecimento quando cotejado pelo conhecimento científico (propriedades e conceitos matemáticos), instigando-lhe a busca.

De acordo com Damiani (2008), num processo de colaboração, os membros de um grupo se apoiam, visando a atingir objetivos negociados no coletivo, estabelecendo relações que tendem à não hierarquização e à confiança mútua. Sendo assim, em oito turmas da disciplina de Módulos de Matemática Básica do primeiro semestre de 2014, foi socializada com os 250 alunos matriculados a criação do *blog* fechado – Desafios-Engenharia – e do grupo fechado no *Facebook* – Engenharia Primeiros Desafios – como suporte para discussões de tópicos de Matemática Básica. Com vistas a estabelecer relações menos hierarquizadas e pautadas na construção de laços de confiança mútuos, a participação tanto no *blog* quanto no grupo do *Facebook* não era obrigatória e não estava vinculada a nenhum tipo de avaliação.

No caso do *blog*, todos os alunos da disciplina Módulos de Matemática Básica foram convidados para serem “autores” e não apenas “leitores”. A ideia foi abrir possibilidades para que os não usuários do *Facebook* também tivessem oportunidade de socializar suas dúvidas num espaço social da Web 2.0, sem necessariamente terem que participar de uma rede social. Não obrigar que os alunos tenham um perfil em uma rede social, mesmo os universitários, é um cuidado necessário ao associar espaços sociais da Web 2.0 junto a processos de ensino-aprendizagem formais ou institucionais. Dessa forma, a opção pelo uso de um *blog* tem se mostrado como uma possibilidade interessante.

Para provocar uma discussão crítica de tópicos de Matemática Básica, as postagens efetuadas pela professora tanto no *blog* quanto no grupo do *Facebook* fundamentaram-se na teoria de Pontes, Brocardo e Oliveira (2013) sobre investigações matemáticas em sala de aula e na problematização de erros de Matemática abordada por Cury (2004). No entendimento de Pontes, Brocardo e Oliveira (2013), investigar não significa necessariamente lidar com problemas muito sofisticados, mas sim trabalhar com questões que nos interpelam e que se apresentam de modo confuso, mas que procuramos clarificar e estudar de modo organizado. No caso específico da Matemática, investigar assume características próprias que conduzem à formulação de conjecturas que se procuram testar e provar, se for o caso. Em confluência com esse entendimento, postagens foram realizadas pela professora responsável tanto no *blog* quanto no *Facebook* solicitando análises do tipo: (i) Que conhecimentos de Matemática Básica seriam necessários para resolver essa questão? (ii) Como verificar se a resolução apresentada está correta ou não? (iii) Onde aconteceu o erro na resolução apresentada? (iv) Que propriedade ou conceito de Matemática não foi verificado na solução apresentada?

Tais questionamentos, em sua maioria, foram realizados a partir de questões retiradas das provas aplicadas na disciplina Módulos de Matemática Básica bem como das resoluções apresentadas pelos alunos. Problematizar os erros contrapondo os conceitos e propriedades que embasam a solução correta se mostra um caminho para revisar tópicos de Matemática Básica, primando por uma conscientização, para além da repetição mecânica de uma lista de exercícios, para muitos ainda necessária.

Portanto, a intervenção pedagógica realizada tanto no *blog* quanto no grupo fechado do *Facebook* ancorou-se em instigar a investigação de erros provenientes das resoluções dos alunos e na problematização de conceitos e propriedades matemáticas para provocar discussões nos espaços virtuais que pudessem contribuir para a revisão de Matemática Básica. A análise de erros em Matemática é tomada como abordagem de pesquisa em Educação Matemática desde o início do século XX nos Estados Unidos e na Europa. Segundo dados de pesquisas realizadas no Ensino Superior, tal análise pode contribuir para esclarecer problemas de aprendizagem da Matemática (Cf. CURY, 2004).

Alguns resultados

Uma das preocupações na implementação da intervenção pedagógica junto ao *blog* e ao grupo fechado do *Facebook* era quanto à receptividade da proposta pelos alunos. Neste sentido, foi aplicado um questionário aos 250 alunos que participaram da revisão de Matemática Básica no período da intervenção pedagógica.

No caso do *blog*, a proposta não teve êxito, 80% dos alunos que responderam ao questionário afirmaram não ter acessado este espaço virtual e 36% dos alunos alegaram a falta de interesse em postar no *blog* principalmente por este espaço não ter uma comunicação dinâmica. Já no caso do *Facebook*, a organização dos dados permitiu identificar que 46,5% dos alunos apreciaram, de certa forma, a iniciativa de usar esta rede social para discussão de Matemática Básica, contudo, apenas 14,7% acessaram o grupo fechado Engenharia Primeiros Desafios. Tem-se ainda que apenas 6,6% dos alunos afirmaram não serem usuários desta rede social e 1,5% dos alunos não concordaram com o uso do *Facebook* como apoio para a revisão de Matemática Básica.

Os alunos também foram questionados quanto às razões para o não acesso ao *Facebook*. As questões eram abertas e os percentuais de respostas mais significativos se referem ao fato de 26% dos alunos relatarem não ter precisado do acesso ao grupo para solucionar suas dúvidas, 10% preferiu os estudos pelo material impresso; e, por mais que tivesse sido avisado em sala e por *e-mail*, 30% dos alunos alegaram desconhecimento da criação do *blog* e do grupo no *Facebook*.

Diante desses percentuais é importante lembrar que tanto o grupo do *Facebook* quanto o *blog* não foram criados na perspectiva de disponibilizar conteúdos e sim como espaços dialógicos, com vistas a promover a colaboração para aprendizagem de tópicos de Matemática Básica a partir da discussão de dúvidas de exercícios e/ou de questões de provas. Além disso, não foi realizado um trabalho efetivo em sala de aula para incentivar/mobilizar os estudantes a usarem os espaços sociais da Web 2.0. A ideia era verificar o uso “genuíno” que os estudantes fariam da possibilidade de ampliar o espaço de discussão de tópicos da disciplina Módulos de Matemática Básica, cujos encontros aconteciam apenas uma vez por semana e com duração de duas horas/aula (50 minutos cada hora/aula).

Entende-se que este contexto respalda uma análise cuidadosa a qualquer possibilidade positiva do apoio dos espaços sociais da Web 2.0. Neste sentido, chama a atenção o fato de 75% dos 14,7% dos alunos que acessaram o *Facebook* terem acompanhado as postagens na tentativa de solucionar suas dúvidas, e apenas 10% dos alunos que acessaram o *Facebook* afirmaram ter postado suas dúvidas e conseguido ajuda dos colegas para resolvê-las. Contudo, a partir desta singela colaboração nos espaços sociais da Web 2.0 foi possível levantar os seguintes aspectos:

i) Foi possível que o professor observasse as contribuições e colocações dos alunos veteranos e pudesse intervir quando fosse necessário, principalmente no que se refere ao aprimoramento da linguagem matemática.

ii) A partir das dúvidas colocadas pelos alunos o professor pode provocar discussões contrapondo os conceitos e propriedades que embasaram a solução correta de determinada questão, fazendo perguntas que os alunos não costumam fazer ao resolverem problemas de Matemática Básica e como mediador do diálogo que ocorreu a partir das postagens.

iii) A partir dos recursos disponíveis nos dispositivos móveis, a exemplo dos celulares inteligentes – os *smartphones* –, os estudantes encontraram outras formas de utilizar a linguagem matemática, por meio de fotos ou outras imagens, indo além das limitações do teclado tradicional de um computador que dificultam a escrita de símbolos matemáticos.

Quanto a **colaboração** nos espaços sociais da Web 2.0, os poucos alunos que postaram suas dúvidas, somados àqueles que participaram respondendo às provocações realizadas pela professora no *Facebook* (10% dos 14,6% dos alunos que acessaram o *Facebook*), foram os grandes colaboradores. Isto porque permitiram que as discussões acontecessem, fossem observadas e analisadas pelos alunos que acompanharam as postagens (75% dos 14,6% dos alunos que acessaram o *Facebook*).

As “colaborações dos alunos” que ocorreram no grupo fechado do *Facebook* se resumiram em: compartilhamento de dúvidas, de conhecimentos sobre o assunto e de pontos de vistas sobre a questão abordada ou sobre o conceito matemático envolvido. De certa forma, entende-se que essa exposição no grupo do *Facebook* demonstra, por parte dos estudantes, uma “confiança” em si mesmos ao expor suas dúvidas ou ao ajudar o colega com seus conhecimentos; confiança na proposta pedagógica e no companheirismo dos colegas (SCHWERTL, 2016).

A singela colaboração dos estudantes nos espaços sociais da Web 2.0 – que expressa uma forma de diálogo realizado por meio das postagens e comentários – remete às postulações de Freire (1982), quando o autor defende que o diálogo, ao fundamentar-se na humildade e na fé dos homens, estabelece uma relação horizontal em que a **confiança** de um pólo ao outro – **e que se faz colaboração** – é uma consequência evidente. Se a colaboração/confiança não ocorre é porque falharam os fundamentos básicos do diálogo.

De outra parte, no que concerne à confiança nos espaços sociais da Web 2.0, estudos como os de Costa (2008) advogam que, para que redes sociais sejam construídas, elas devem ter como base a confiança mútua disseminada entre os indivíduos e presente na forma mais ampla possível.

No contexto escolar, as postulações de Freire e Costa suscitam reflexões quanto ao fato de que existe uma relação de poder entre professor/aluno marcada por questões avaliativas e que é preciso promover ou ainda renovar a cultura de **confiança/colaboração** entre professor e aluno para a construção de conheci-

mento em tempos de cibercultura.

Na relação historicamente construída entre professor-aluno, o resultado da avaliação, da aprovação, passa a ser mais importante do que a verdadeira construção de conhecimento. Por conseguinte, não se pode descartar a hipótese de que, diante da presença do professor da disciplina no grupo do *Facebook* e no *blog*, os alunos não tenham exposto suas dificuldades com receio de como elas poderiam ser utilizadas num contexto avaliativo ou, ainda, por vergonha em explicitar suas dificuldades perante os colegas. Nessa perspectiva, embora esse comportamento seja recorrente nas aulas presenciais, parece que, num ambiente virtual, o fato de deixar o registro por escrito ganha maior relevância e produza certo bloqueio ou desconforto.

Não obstante, essas situações podem ser superadas com duas medidas conjuntas: a prática dialógica e a ressignificação do papel do erro. Enquanto a primeira contribui para a construção de laços de confiança e de colaboração que promovem a troca de experiências por meio do diálogo entre conhecimentos e o enfrentamento dos erros, a segunda pode levar os alunos a agirem com maior naturalidade diante dos erros, a perderem o medo de arriscar e, sobretudo, a perceberem a sua importância no processo de ensino-aprendizagem.

Quanto ao apoio dos espaços sociais da Web 2.0 para a discussão de erros de Matemática Básica, a análise das “colaborações dos alunos”, associada aos ensinamentos de Freire (1982) sobre o diálogo, permite inferir que (e isso o professor não pode esquecer) somente a ação verdadeira, transparente e humilde poderá criar laços de confiança que se farão colaboração para que o diálogo entre os conhecimentos do professor e dos alunos aconteça nos espaços sociais da Web 2.0, com vistas à promoção de rupturas em apropriações equivocadas. Eis, portanto, o desafio que se apresenta a professores e à educação escolar que procura o apoio dos espaços sociais da Web 2.0 junto a intervenções pedagógicas, bem como para pesquisadores que buscam desenvolver instrumentos de pesquisa capazes de identificar como se constitui ou o que deflagra a confiança que se faz colaboração nos espaços sociais da Web 2.0, associados a intervenções pedagógicas.

Renovar a colaboração/confiança na relação professor-aluno é mister quando se compreende que a aprendizagem acontece por um processo cognitivo imbuído de afetividade, relação e motivação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O que o capítulo nos trouxe?

Diagnósticos há tempos recorrentes em muitas instituições, mas também caminhos para enfrentar os problemas por meio de ações fundamentadas na aprendizagem significativa e colaborativa.

Com este olhar, o capítulo contribui para a ampliação do debate no meio aca-

dêmico e para a dinamização do processo de ensino, sua relação com o conhecimento e com a construção de aprendizagens; além de implementar iniciativas e experiências didáticas e metodológicas que visem à melhoria do processo de ensino e aprendizagem.

As indagações apontadas orientaram o diagnóstico das dificuldades dos estudantes em compreender e aplicar conceitos matemáticos na análise e na solução de problemas de Engenharia. Os caminhos percorridos para apontar possíveis soluções estão sob o olhar do professor no contexto que está inserido, ou seja, os estudantes de hoje, distintos de outrora, cresceram com a utilização das tecnologias digitais.

Portanto, parece profícuo para o ensino de Matemática nos cursos de Engenharia a adaptação de práticas educativas às potencialidades oferecidas pela Web 2.0 e pela criação de dinâmicas em sala de aula que permitam o protagonismo dos estudantes, bem como práticas que promovam a interação social e diferentes formas de colaboração entre os sujeitos do processo educativo. Esse foi o propósito da abordagem da aprendizagem ativa nos trabalhos apresentados. As aprendizagens ativas estão embasadas na necessária competência do professor como tutor e orientador dos estudantes e, a partir de sua expertise na área de conhecimento à qual se dedica, espera-se que este desperte o espírito curioso e interessado do estudante em enfrentar sempre novos desafios na construção de seu conhecimento e de sua formação.

Em tempos de cibercultura, ou seja, em tempos em que as Instituições de ensino não são mais a única fonte de acesso e construção de conhecimento, essas instituições e os professores precisam repensar o seu papel e promover transformações na relação professor/aluno para que realmente sejamos parceiros de nossos estudantes na construção de conhecimento e não meros avaliadores.

Neste contexto, este texto traz uma provocação acerca da potencialidade da Web 2.0 uma vez que nos instiga olhar criticamente para a demanda de inserção das TDIC no contexto educacional, mas também busca colocar em movimento concepções epistemológicas dos professores diante do potencial colaborativo da rede, o qual exige, para além das questões epistemológicas e pedagógicas, uma avaliação da relação professor/aluno historicamente marcada por uma relação hierárquica e de avaliação.

Sobre os espaços sociais da Web 2.0 é relevante pontuar que estes, associados aos dispositivos móveis, atravessam a vida das pessoas, invadem momentos de lazer, de convivência familiar e, sendo assim, para o professor que já é um profissional que leva serviço para casa, é preciso vigilância, disciplina e planejamento.

É relevante que as instituições de ensino abram oportunidades para que os recursos disponíveis na Web 2.0 possam ser discutidos, compreendidos e, quiçá, utilizados com critérios bem definidos, a fim de que os professores possam encontrar rotas para enfrentar novos e antigos desafios que se colocam para a educação em tempo de cibercultura. É inegável que estamos diante de transfor-

mações contundentes nos processos de comunicação e informação. Diante deste novo cenário, o que almejamos não é substituir ou eliminar práticas já consolidadas, mas discutir possibilidades de agregar novos recursos com vistas a promover transformações críticas e criativas em práticas pedagógicas na perspectiva de otimizar os seus resultados no que se refere ao ensino e à aprendizagem da Matemática.

AGRADECIMENTOS

À Abenge, ao Cobenge 2016 e aos participantes da SD – 04, aqui representados pelos professores: Sueli Liberatti Javaroni –

Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP *campus* de Bauru; Heloisa Helena Albuquerque Borges Quaresma Gonçalves – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO; Ana Maria Nobre, da PUC-SP; Claudia Buttarello Gentile Moussa, do Departamento de Matemática, UFSCar; Cely Martins Santos de Alencar, do Departamento de Integração Acadêmica, Universidade Federal do Ceará – UFC; e Gabriel Loureiro de Lima, da PUC-SP: o nosso agradecimento!



REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. M. W.; FATORI, L. H.; SOUZA, L. G. S. Ensino de Cálculo: uma abordagem usando Modelagem Matemática. **RCT**. v. 10, n. 16 (2007).

ARAÚJO, J. C. *et al.* **Dificuldades encontradas por iniciantes nos cursos de engenharia da escola politécnica da Universidade de Pernambuco.** Congresso Brasileiro de Educação Em Engenharia, 2007, Curitiba – PR.

ARAÚJO, R.F. Recursos da Web 2.0 e suas contribuições na Prática docente do ensino de Biblioteconomia. **InCID: Revista de Ciências da Informação e Documentação.** Ribeirão Preto, v.4, n.1, p. 163-181, jan/jun, 2013. Disponível em: www.revistas.usp.br/incid/article/download/59107/62107. Acesso em: 20 fev. 2016.

ARMSTRONG, P. K.; CROFT, A. C. Identifying the Learning Needs in Mathematics of Entrants to Undergraduate Engineering Programmes in an English University, **European Journal of Engineering Education**, 24:1, 59-71, 1999.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos:** uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

BARBERO, M. J. **A comunicação na educação.** São Paulo: Contexto, 2014.

BARBOSA, M. A. **O insucesso no ensino aprendizagem na disciplina de Cálculo Diferencial e Integral.** Dissertação. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. 2004. 101 f.

BELHOT, R. V. **A didática no ensino de Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia.** XXXIII COBENGE, Campina Grande, PB. 2005.

BELLONI, M. L. (org). **A formação na sociedade do espetáculo.** São Paulo:Loyola, 2002.

BELLONI, M.L.; GOMES, N. G. Infância, mídias e aprendizagem : autodidaxia e colaboração. **Educação e Sociedade.** v. 29, n. 104, p.717-746, out. 2008.

BÉVORT, E.; BELLONI, M. L. Mídia-educação: conceitos, histórias e perspectivas. **Educação e Sociedade.** Campinas, v.30, n. 109, p. 1081-1102, 2009.

BRASIL. **Diretrizes curriculares para os cursos de engenharia.** Anteprojeto de Resolução. Brasília, DF, 5 de maio 1999.

CABERO, J.; MÁRQUEZ, D. Colaborando y Aprendiendo. La utilización del video en la enseñanza de la geografía. Sevilla: Kronos Mimeografiado, 1997.

CARR, Michael; BOWE, Brian.; FHLOINN, Eabhnat Ní. Core skills assessment to improve mathematical competency. **European Journal of Engineering Education**, 38:6, 608-619, 2013.

COSTA, da R. Por um conceito de comunidade; redes sociais, comunidades pessoais, inteligência coletiva. In: ANTOUN, H. **Web 2.0: participação e vigilância na era da comunicação distribuída**. Rio de Janeiro: Manual X, 2008. p. 29-48.

CURY, H. N. **Disciplinas matemáticas em cursos superiores: reflexões, relatos, propostas**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004.

DAMIANI, M.F. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando os seus benefícios. **Revista Educar**, Curitiba, n31, p. 231-230, 2008.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2011.

FIRME, R. N.; RIBEIRO, E. M.; BARBOSA, R. M. N. **Análise de uma sequência didática sobre pilhas e baterias: uma abordagem CTS em sala de aula de química**. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química. Curitiba-PR: [s.n.], 2008.

FRAGELI, R. Trezentos: aprendizagem ativa e colaborativa como uma alternativa ao problema da ansiedade em provas. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**. Vol. 6 (Supl. 2). Abril, 2015 p.860-72.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1982.

GARCÍA-VALCÁRCEL, A. Tecnología educativa – Implicaciones educativas del desarrollo tecnológico. In: Casanova, M. **Colección Aula Abierta**. Editorial La Muralla, S.A, Imprime Ibérica Grafic, S.A. (Madrid), 2003.

GILL, O. *et al.* Trends in performance of science and technology students (1997–2008) in Ireland. **International Journal of Mathematical Education in Science and Technology**, Vol. 41, No. 3, 15 April 2010, 323–339.

GOMES, E. **Ensino e aprendizagem do cálculo na engenharia: um mapeamento das publicações nos COBENGES**. Anais: Encontro Brasileiro de estudantes de pós-graduação em Educação Matemática. Canoas: Ulbra, 2012.

INOVA. **Engenharia: propostas para a modernização da educação em engenharia no Brasil**. Brasília: IEL.NC/SENAI.DN, 103 p.; ISBN 85-87257-21-8, 2006.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA. **Estudo comparado sobre a juventude brasileira e chinesa**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/>>. Acesso em: 12 jun. 2006.

KENSKI, V. M. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. São Paulo. Editora

Papirus, 2004.

LAPA, A. B.; BELLONI, M.L. Educação a distância como mídia-educação. **Revista do Centro de Ciências da Educação /UFSC**, Florianópolis, v. 30, n.1, p. 175-194, 2012.

LÉVY, P. **Cibercultura**. Tradução de Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1999.

MALTA, I. Linguagem, leitura e Matemática. In: CURY, H. N (Org.). **Disciplinas matemáticas em cursos superiores**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2004. P. 41-62.

MÉHEUT, M.; PSILLOS, D. Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. **International Journal of Science Education**, v.26, n. 5, 2004. p.515-535.

MEIER, M. **O professor mediador na ótica dos alunos do ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2004.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação na sala de aula**. Brasília: Editora da UnB, 2009.

_____. Unidades de enseñanza potencialmente significativas. **Aprendizagem Significativa em Revista**, V1(2) p.43-63, 2011.

O'REILLY, T.; BATTELLE, J. **Web Squared: Web 2.0 Five Years On**. 2009. Disponível em: <<http://www.web2summit.com/web2009/public/schedule/detail/10194>>. Acesso em: 10 nov. 2014.

PIAGET, J. **Estudos sociológicos**. Rio de Janeiro: Forense, 1995.

PONTES, J. P.; BROCARD, J.; OLIVEIRA, H. **Investigações matemáticas na sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2013.

POSTMAN, N. **Tecnopólio: a rendição da cultura à tecnologia**. São Paulo: Nobel, 1994.

PRIMO, A. O aspecto relacional das interações na Web 2.0. In: ANTOUN, H. (Org.). **Web 2.0: participação e vigilância na era da comunicação**. Rio de Janeiro: MauadX, 2008.

RUDIGER, F. **As teorias da cibercultura: perspectivas, questões e autores**. Porto Alegre: Sulina, 2011.

SANZOVO, N. (Coord.). Laboratório Virtual e Modelo Multiplicador por grupo: perspectivas para o desenvolvimento de competências formativas, utilizando as Tecnologias da Informação e Comunicação – TIC. In: **Coleção aprender**. Plataforma Moodle UTFPR, Campus Pato Branco, 2016.

SANZOVO, N.; ESCOLA, J. J. J. Possibilidades e limitações da educação na sociedade da informação: utilização de metodologias ativas colaborativas. In: ESCOLA *et al.* (Coords). **Experiências de investigação e intervenção educativas com TIC** / Experiencias de Investigación e intervención educativa com las TIC. Andalucía: PROCOPAL Publicaciones, 2016.

SCHWERTL, S. L. **Educação científica e tecnológica em cursos de engenharia com apoio dos espaços sociais da Web 2.0**. Tese de doutorado. UFSC. 2016.

SOARES E. M. S.; LIMA, I. G.; SAUER, L. Z. Discutindo alternativas para ambientes de aprendizagem de matemática para cursos de engenharia. **World Congress on Engineering and Technology Education**. March 14 - 17, 2004, São Paulo, Brasil.

TEDESCHI, L. O. Review assessment of the adequacy of mathematical models. **Agricultural Systems**, n.89, p.225-247, 2006.

TREVISAN, A. L.; MENDES, M. T. Possibilidades para matematizar em aulas de Cálculo. **R. B. E. C. T.**, vol. 6, núm. 1, jan-abr. 2013.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo, Martins Fontes, 1993.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZABALA, A.; ARNAU, L. **Como aprender e ensinar competências**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

**O ENADE, A FORMAÇÃO PROFISSIONAL E A RESOLUÇÃO 1.073
DO CONFEA, DE 22 DE ABRIL DE 2016**

Elaine Gomes Assis

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Josias Gomes Ribeiro Filho

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
– CEFET-MG – *Campus* Divinópolis

Antonio Wagner Forti

Universidade Estadual Paulista – UNESP – *Campus* de Guaratinguetá

Dianne Magalhães Viana

Universidade de Brasília – UnB – *Campus* Darcy Ribeiro

Thamy Cristina Hayashi

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS

Diego Jose Rativa Millan

Escola Politécnica de Pernambuco – POLI Universidade de Pernambuco

Sergio Campello Oliveira

Escola Politécnica de Pernambuco – POLI Universidade de Pernambuco

Halley Wanderbak

Universidade Estadual de Montes Claros – Unimontes

Iara A. M. de Souza

Universidade Federal de Itajubá – *Campus* de Itabira

Maria Elizabete V. Santiago
Universidade Federal de Itajubá – *Campus* de Itabira

Renata dos Santos
Universidade Federal de Itajubá – *Campus* de Itabira

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	211
2 O ENADE E A FORMAÇÃO PROFISSIONAL	212
2.1 O Enade e a capacidade de aferir as habilidades requeridas da profissão – uma visão da avaliação dos cursos de Engenharia Mecânica.....	212
2.2 Avaliação Intra-IES e Inter-IES do curso de Engenharia da Computação da Universidade Estadual de Pernambuco: Enade 2014	216
Da avaliação de desempenho do egresso	221
Da percepção do estudante acerca do E-Comp	221
2.3 Análise dos índices dos cursos de Engenharia Mecânica no Enade 2014.....	223
2.4 O papel das competências comunicativas em Língua Inglesa e Língua Portuguesa na formação e atuação profissional dos engenheiros.....	225
2.5 Breve apresentação acerca da Resolução 1.073 do CONFEA, de 22 de abril de 2016.....	231
3 DEBATES E APONTAMENTOS DOS PARTICIPANTES DA SD.....	232
3.1 Quais aspectos caracterizam um bom Ensino de Engenharia?	232
3.2 Por que avaliar um curso de graduação em Engenharia?	233
3.3 O que deve conter num sistema de avaliação de cursos de Engenharia?.....	233
3.4 Como o sistema profissional CONFEA / CREA pode contribuir para avaliação dos cursos de Engenharia?	233
REFERÊNCIAS	234

O ENADE, A FORMAÇÃO PROFISSIONAL E A RESOLUÇÃO 1.073 DO CONFEA, DE 22 DE ABRIL DE 2016

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo procura-se contribuir com o debate acerca da qualidade da formação acadêmica e a atuação profissional do Engenheiro. Espera-se que este capítulo contribua com o debate acerca da qualidade do ensino em Engenharia nos seguintes aspectos: estado da arte, indicadores, Enade, Resolução 1.073 e suas implicações. Com o debate espera-se apontar propostas a todos os atores envolvidos e, principalmente, propostas que apontem para um Ensino Superior que prepara os egressos e estimula o desenvolvimento de novas tecnologias.

Sabe-se que a preocupação com a formação superior tecnológica é constante para a Academia, para o sistema profissional CONFEA/CREA e para sociedade, como um todo, conforme apresentado na “Coletânea trajetória e estado da arte em Engenharia, Arquitetura e Agronomia”, de 2010.

A Academia procura formular e atualizar Projetos Pedagógicos que possam contribuir para atender às necessidades da sociedade com vistas ao que já está colocado e com vistas às inovações e ao desenvolvimento de novas tecnologias.

Já o sistema profissional CONFEA/CREA procura regulamentar e proteger a sociedade, de acordo com sua missão, que pode ser conferida no seguinte link: <<http://www.confea.org.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=917>>.

Espera-se que o Ensino em Engenharia consiga responder às novas tecnologias e preparar os egressos para serem propositores de inovações nas organizações e de novas tecnologias. Afinal, os países que propõem novas tecnologias têm conseguido ter mais êxito econômico e com isto ter um melhor atendimento às necessidades da sociedade.

Sabe-se, ainda, que a qualidade da formação acadêmica é elemento fundamental para que se atinja tal objetivo e os indicadores de desempenho são fundamentais para apontarem o que deve ser melhorado. Assim, considera-se que estes devem propiciar apontamentos que nos encaminhem para os patamares dos países com elevado índice de proposição de novas tecnologias.

Este capítulo traz ainda os trabalhos que foram apresentados no COBENGE 2016 e algumas contribuições oriundas dos debates que ali ocorreram.

Considera-se importante destacar que foram inscritos cinco trabalhos nesta Sessão Dirigida (SD) e que quatro foram apresentados. Aliado a estes, o relator da SD apontou as principais contribuições da Resolução 1.073 do CONFEA, de 2 de abril de 2016, para a Engenharia brasileira.

Durante a SD compareceram 34 participantes, sendo cinco destes autores que apresentaram seus trabalhos. É importante ressaltar que participaram da

Sessão Dirigida docentes de diversas regiões do Brasil, Conselheiros dos CREAs de várias regiões e profissionais da Engenharia.

Os trabalhos apresentados contextualizaram o tema da SD, levantaram questionamentos que estimularam os debates ao final das apresentações e estão, na íntegra, adicionadas aqui as considerações dos autores, que foram encaminhadas após a realização do COBENGE 2016 para composição deste capítulo.

As apresentações precederam debates que possibilitaram esclarecimentos e proposições acerca do tema do trabalho e da SD. Ao final das apresentações dos trabalhos o relator da SD discorreu sobre a Resolução 1.073 do CONFEA e a seguir passou-se para os debates e apontamentos dos participantes.

2. TRABALHOS APRESENTADOS NA SEÇÃO DIRIGIDA

2.1 O Enade e a capacidade de aferir as habilidades requeridas da profissão – uma visão da avaliação dos cursos de Engenharia Mecânica

Tudo aquilo que é importante deve ser medido por meio de indicadores confiáveis. No caso específico dos cursos de Engenharia, é aplicada uma avaliação aos alunos no final do curso. O desempenho dos alunos nessa avaliação acaba classificando as IES (Instituições de Ensino Superior) em *rankings* amplamente difundidos pelos meios de comunicação em massa.

Porém, quão confiáveis são essas avaliações e até que ponto elas têm a capacidade de analisar o nível de aprendizado e as habilidades adquiridas pelos egressos dos cursos de Engenharia para exercerem a profissão a contento?

Esta pergunta não tem uma resposta simples e fácil. Contudo, medir/mensurar é importante e necessário, e este trabalho tem por objetivo, então, lançar questões sobre a avaliação dos cursos de Engenharia Mecânica por meio do Enade.

Contextualização

No início da implantação da avaliação de cursos, de 1995 a 2002, a avaliação externa de cursos de graduação foi implementada pelo INEP por meio de dois instrumentos: (1) o Exame Nacional de Cursos (Provão), aplicado aos concluintes; (2) a Avaliação das Condições de Oferta (ACO) pelas comissões de especialistas. Apenas os resultados do Provão, em função da ampla divulgação na forma de um *ranking* de classificação de qualidade dos cursos, causavam impacto na sociedade.

Mesmo com a criação do Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Superior (SINAES), em 2004, introduzindo a autoavaliação dos cursos pelas instituições e

ampliando a avaliação externa, as duas principais formas de avaliação dos cursos ainda se baseavam em uma prova aplicada aos estudantes – desta vez, aos ingressantes e aos concluintes – e às comissões de avaliadores.

A introdução de índices, tendo como componente de ponderação importante a nota obtida pelos estudantes no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (Enade), tem motivado a divulgação na mídia do desempenho dos estudantes de cada instituição de ensino superior. Com isso, tem sido elaborado o ranqueamento das instituições, causando impacto no próprio sistema de educação superior, seja através da criação de “cursinhos” preparatórios para os exames, seja como referência para elaboração de planos de ensino para disciplinas e projetos pedagógicos de cursos, em instituições com desempenhos mínimos, a fim de: firmar convênios; manter acesso às bases de dados; e disponibilizar recursos para as instituições (Cf. BERTOLIN; MARCON, 2015).

O trabalho dos autores Bertolin e Marcon (2015) se concentra na influência do contexto socioeconômico dos estudantes em seus desempenhos na educação superior, destacando evidências da importância do contexto propriamente dito em detrimento das questões relacionadas à qualidade dos cursos nos resultados desses instrumentos.

Prova de conhecimentos específicos da área de Engenharia Mecânica

No contexto do SINAES, a prova de conhecimentos específicos é a parte do Enade que tem por objetivo aferir o desempenho dos estudantes em relação aos conteúdos programáticos previstos nas diretrizes curriculares do curso de graduação, suas habilidades no que se refere às exigências decorrentes da evolução do conhecimento e suas competências para compreender temas exteriores ao âmbito específico de sua profissão, ligados à realidade brasileira e mundial e a outras áreas do conhecimento.

Até o ano de 2008, os alunos concluintes dos cursos de Engenharia Mecânica que faziam o Enade eram avaliados na área denominada Engenharia Grupo III, juntamente com os concluintes dos cursos de Engenharia Industrial Mecânica, Engenharia Aeroespacial, Engenharia Aeronáutica, Engenharia Automotiva e Engenharia Naval.

A partir de 2011 o exame dos concluintes dos cursos de Engenharia Mecânica que fazem o Enade passou a ser dividido em duas partes: uma de Formação Geral (10 questões, sendo duas discursivas e oito objetivas) e outra chamada de Componentes Específicos (30 questões, sendo três discursivas e 27 objetivas). A parte da Formação Geral é elaborada pela Comissão Assessora de Área de Formação Geral e todos os estudantes de todos os cursos que prestam o Enade respondem as mesmas questões. A parte de Componentes Específicos é, ainda, subdividida em duas partes: um Núcleo de Conteúdos Básicos, composto por 10 questões objetivas, elaborado pela Comissão Assessora de Área da Engenharia

(igual para todos os estudantes dos cursos de Engenharia), e um Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes, composto por 20 questões, sendo três discursivas e 17 objetivas, elaborado pela Comissão Assessora de Área da Engenharia Mecânica, especificamente para os estudantes dos cursos de Engenharia Mecânica.

Analisando o Enade para os concluintes dos cursos de Engenharia Mecânica, o Núcleo de Conteúdos Básicos tem como referencial os conteúdos apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Componentes específicos para os cursos de Engenharia Mecânica

Componentes Específicos	
Núcleo de Conteúdos Básicos	Núcleo de Conteúdos Profissionalizantes
I - Administração e Economia;	I. Métodos numéricos;
II - Ciências do Ambiente;	II. Termodinâmica;
III - Ciência e Tecnologia dos Materiais;	III. Instrumentação e controle;
IV - Eletricidade Aplicada;	IV. Projeto de máquinas;
V - Expressão Gráfica;	V. Dinâmica de sistemas mecânicos;
VI - Fenômenos de Transporte;	VI. Materiais de construção mecânica;
VII - Física;	VII. Mecânica aplicada;
VIII - Informática;	VIII. Processos de fabricação;
IX - Matemática e Estatística;	IX. Gestão de produção;
X - Mecânica dos Sólidos;	X. Sistemas mecânicos;
XI - Metodologia Científica e Tecnológica;	XI. Sistemas térmicos e fluidomecânicos;
XII - Química.	XII. Sistemas hidráulicos e pneumáticos;
	XIII. Metrologia;
	XIV. Segurança do trabalho;
	XV. Gestão de projetos;
	XVI. Manutenção.

(Fonte: MEC/INEP/DAES, 2015)

A prova do Enade 2014, no componente específico da área de Engenharia Mecânica, tinha como objetivos:

1. Aferir o desempenho dos estudantes em relação aos conteúdos programáticos específicos previstos nas diretrizes curriculares nacionais dos cursos de Engenharia, de acordo com a Resolução CNE/CES 11, de 11/3/2002, especificamente o Art. 4º, o qual relata que a formação do engenheiro tem por objetivo dotar o profissional dos conhecimentos requeridos para o exercício das seguintes competências e habilidades gerais:

- I. aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
 - II. projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
 - III. conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
 - IV. planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
 - V. identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
 - VI. desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
 - VII. supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
 - VIII. avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
 - IX. comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
 - X. atuar em equipes multidisciplinares;
 - XI. compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
 - XII. avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
 - XIII. avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
 - XIV. assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.
2. Verificar a aquisição de competências e habilidades necessárias ao pleno exercício da profissão e da cidadania;
 3. Contribuir para a melhoria da qualidade e o contínuo e permanente aperfeiçoamento da aprendizagem.

Percebe-se que os objetivos do Enade são ambiciosos. Por exemplo, como aferir a capacidade do egresso em “comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica” em uma prova que prioriza a avaliação de conhecimento de conteúdos? As poucas questões discursivas, que na maioria dos casos contemplam cálculos, são relegadas a segundo plano pelos alunos durante a avaliação, não existindo mecanismos que garantam que devem ser feitas.

O Quadro 2 apresenta um resumo da participação dos alunos concluintes dos cursos de Engenharia Mecânica nas três questões discursivas do Enade 2014 (MEC/INEP/DAES, 2015).

Quadro 2 - Participação de estudantes de Engenharia Mecânica nas questões discursivas do Enade 2014

Sub-área	%Branco	%Zero
Mecânica dos sólidos	39	33
Térmica e fluidos	26	29
Processos de fabricação	29	19

Fonte: autores.

Verifica-se que o percentual de estudantes que não tiveram aproveitamento das questões discursivas foi maior que 48% nas três questões, tendo atingido 72% na questão de Mecânica dos sólidos.

Adicionalmente, da análise do relatório de área de Engenharia Mecânica no Enade 2014, verifica-se que na média Brasil 40,5% dos avaliados gastou entre três e quatro horas para concluir a avaliação e apenas 9,2% dos avaliados gastou as quatro horas e não finalizou a avaliação. Desta forma, somente 49,7% dos avaliados ficaram mais de três horas resolvendo a avaliação e gastaram, em média, pouco mais do que 4,5 minutos por questão, tanto discursiva quanto objetiva.

Levando-se em consideração os objetivos do Enade, os quais vão desde aferir conhecimentos e habilidades dos egressos para o pleno exercício da profissão até contribuir para a melhoria da qualidade e para o contínuo e permanente aperfeiçoamento da aprendizagem, percebe-se que há a necessidade de mudanças.

Da comparação dos objetivos da prova de conhecimentos específicos com os dados que refletem a estratégia de gestão da prova, por parte dos alunos, e eventualmente a falta de compromisso dos estudantes com o resultado da avaliação, cabe questionar se os resultados obtidos pelos cursos de Engenharia Mecânica no Enade 2014 refletem a qualidade de formação a que se propõem.

2.2 Avaliação Intra-IES e Inter-IES do curso de Engenharia da Computação da Universidade Estadual de Pernambuco: Enade 2014

O curso de Bacharelado em Engenharia da Computação (E-COMP, 2016) da Escola Politécnica (POLI) da Universidade de Pernambuco (UPE) foi reconhecido pela Portaria-SEDUC nº 821, de fevereiro de 2005 (PERNAMBUCO, 2005). O curso funciona na modalidade presencial em horário diurno, oferecendo anualmente 80 vagas anuais, e formou um número de 331 engenheiros da computação em 11 anos com turmas concluídas até a escrita deste artigo, uma média de 28,7 formandos por ano. Ou seja, o efeito combinado da evasão e da retenção no curso é de em torno 64%, o que não é distante da média de outros cursos que chegam a 70% em alguns casos. O E-Comp, da mesma forma que a maioria dos cursos de Engenharia brasileiros, tem ainda que lidar com os grandes desafios

para os próximos anos, como diminuir a taxa de evasão, sem afetar a qualidade do ensino do egresso.

Assim como o Enade, o curso E-Comp sofreu várias mudanças, tanto no perfil docente quanto no perfil curricular, nesses quase 12 anos de existência. Neste trabalho propomos a utilização dos resultados obtidos do Enade 2014 e o CPC (Conceito Preliminar de Curso) para fazer uma análise comparativa entre o curso E-Comp e outros cursos de Engenharia da Universidade de Pernambuco (Intra-IES); e entre o E-Comp e o curso de Engenharia da Computação da Universidade Federal de Pernambuco (Inter-IES), escolhida pela proximidade física, atendendo ao mesmo público, assim como entre o E-Comp e outros cursos de Engenharia da Computação pertencentes a outras regiões do Brasil. Esses resultados permitem entender a posição do nosso curso (E-Comp) diante da realidade local, regional e nacional e podem nos ajudar a estabelecer estratégias para os próximos anos que acreditamos que possam melhorar a qualidade de nosso egresso e reduzir a evasão.

Informações acerca do curso (E-Comp) e da IES (UPE)

O curso E-Comp é um dos cursos de Engenharia da Universidade de Pernambuco ofertados pela sua Escola Politécnica de Pernambuco (POLI). Os cursos da POLI compartilham a mesma infraestrutura administrativa e a maioria da infraestrutura física, tais como salas de aula, auditório, laboratórios de ensino e pesquisa do ciclo fundamental. Por outro lado, a formação básica composta pela matriz curricular e disciplinas comuns a todos os cursos de Engenharia (Exemplo: Cálculos, Física, Geometria, Direito para Engenheiros, etc.) são oferecidas por professores que compõem o colegiado pleno do Ciclo Básico. Em outras palavras, os coordenadores de curso são responsáveis por gerir apenas o Ciclo Profissional de seus cursos.

A formação profissional específica de cada curso é independente, com Coordenações e Núcleos Docentes Estruturantes (NDE) independentes. O NDE do curso E-Comp é composto por cinco professores responsáveis pelas seguintes áreas: Banco de Dados e Engenharia de *Software*, Eletrônica e Computação, Inteligência Artificial, Redes e Sistemas Operacionais e Telemática.

Prova Enade 2014 para o curso E-Comp

Um total de 95 estudantes da E-Comp responderam ao Enade, correspondendo a 76% dos estudantes do curso de Engenharia da Computação que realizaram o Enade pelo estado de Pernambuco (os outros 30 estudantes representaram o curso de Engenharia da Computação da Universidade Federal de Pernambuco).

O relatório correspondente ao E-Comp (assim como dos outros cursos) é

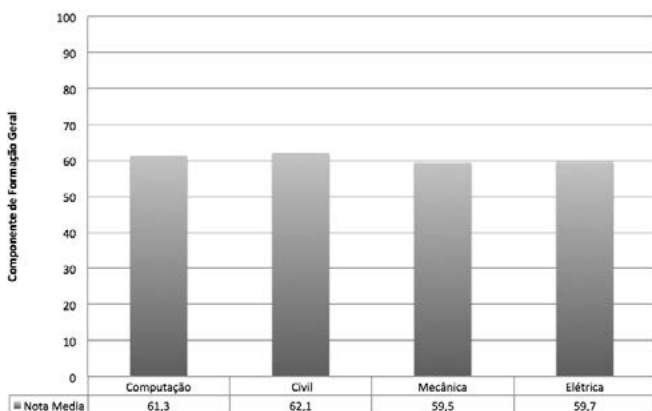
disponibilizado para a sociedade pelo INEP no sítio de internet: <<http://enadeies.inep.gov.br/enadeles/>>. Com um propósito de permitir um estudo comparativo, nele são apresentados tanto os dados do curso como também as estatísticas no país, na Grande Região (neste caso, região Nordeste), na Categoria Administrativa e na Organização Acadêmica da IES, bem como os dados para o Brasil como um todo.

Comparação Intra-IES (cursos de Engenharia da UPE)

Uma análise para todos os cursos de Engenharia pode ajudar a determinar dificuldades e desafios comuns a todos os cursos da POLI. Nesta comparação entre os cursos de Engenharia da UPE pretende-se identificar padrões comuns e não comuns aos cursos, de tal maneira que possam se determinar estratégias e desafios conjuntos a todos os cursos de Engenharia da Universidade de Pernambuco.

Como referido anteriormente, a formação básica dos cursos de Engenharia da UPE compartilham uma Matriz Curricular ofertada pelo colegiado pleno próprio do Ciclo Básico. Assim, a componente de Formação Geral do Enade 2014 avalia principalmente os conhecimentos do egresso de Engenharia da Computação adquiridos durante sua formação básica, sobre a responsabilidade do Pleno do Ciclo Básico. Pode-se observar na Figura 1 que a nota média para os cursos de Engenharia da Computação, Civil, Elétrica e Mecânica foram similares, resultado que condiz com uma formação básica conjunta.

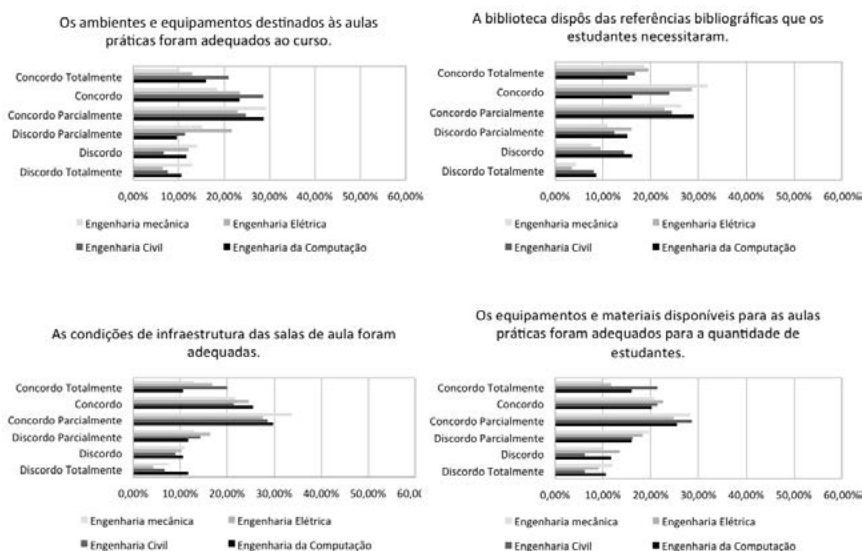
Figura 1 – Nota da Componente de Formação Geral para os cursos de Engenharia da Computação, Civil, Mecânica e Elétrica da UPE.



Fonte: autores.

Na Figura 2, são apresentadas as respostas ao questionário do Enade relacionadas à percepção do egresso acerca da infraestrutura física para os cursos de Engenharia da Computação, Civil, Mecânica e Elétrica da UPE. Apesar de os cursos compartilharem majoritariamente a mesma infraestrutura como salas de aulas, bibliotecas e equipamentos, pode-se observar que a percepção acerca da infraestrutura física varia de acordo com o curso.

Figura 2 – Respostas das questões do Enade referentes à percepção acerca da infraestrutura física para os cursos da UPE.



Fonte: autores.

No caso específico do curso E-Comp, aproximadamente 10 dos 95 estudantes avaliados (10%) discordam totalmente com todas as questões acerca das considerações sobre as condições adequadas de infraestrutura, como equipamentos e salas de aula, enquanto que para os outros cursos esse valor cai para uma faixa de valores entre 4-6%. Essa maior discordância pode ser interpretada de duas maneiras: (i) os estudantes dos cursos de Elétrica (Eletrotécnica, Eletrônica e Computação) são mais exigentes; ou (ii) os laboratórios das Engenharias Mecânica e Civil estão mais bem equipados e estruturados. Contudo, podemos notar também que a maioria dos estudantes ‘concordam’ ou ‘concordam parcialmente’ com a afirmação de que as condições da infraestrutura foram adequadas para a sua formação.

Em relação aos outros aspectos didático-pedagógicos, os cursos de Engenharia da UPE apresentaram resultados similares. Em outras palavras, é possível afirmar

que os estudantes percebem a organização dos professores da E-Comp na intenção de disponibilizar outros recursos para auxiliar no aprendizado, como os monitores, planos de ensino e atividades práticas, mas perde comparativamente dentro da Escola Politécnica na articulação da formação acadêmica com a atuação prática e fica na média em relação ao domínio do conteúdo pelos professores.

Comparação Inter-IES do Recife e com a média nacional para os cursos de Engenharia da Computação

Na cidade do Recife existem dois cursos de Engenharia da Computação: o curso E-Comp, da Universidade do Pernambuco (UPE), e o curso de Engenharia da Computação da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), ambos foram avaliados no Enade 2014. De acordo com o resultado do questionário acerca dos fatores socioeconômicos que podem estar relacionados ao desempenho dos estudantes, as duas populações apresentam características similares. Dessa maneira uma comparação entre os dois cursos pode permitir determinar diferenças entre os resultados da infraestrutura física e acadêmica dos cursos, sem influências de fatores socioeconômicos. Os dois cursos foram classificados com um CPC igual a 4, porém com conceitos Enade geral de 2,43 para o E-Comp e 3,72 para o curso da UFPE. Nesse conceito específico – CPC – iremos comparar a infraestrutura docente, para posteriormente analisarmos a avaliação de desempenho e a percepção dos estudantes acerca das infraestruturas dos cursos e da infraestrutura docente. Como pode ser observado na Tabela 1, de acordo com o relatório do Enade 2014, os dois cursos apresentam grandes diferenças em relação ao número de docentes no curso. Especificamente existe uma relação aproximada de um professor para cada cinco estudantes na UFPE enquanto que essa relação é de um professor para cada 18 estudantes no curso da UPE. Contudo, alguns dos professores da UFPE estão ligados a outros dois cursos, Ciência da Computação e Sistemas de Informação. Isso pode, numa aproximação linear, levar a relação para um professor para cada 13 estudantes.

Tabela 1 – Infraestrutura Docente dos cursos de Engenharia da Computação das Universidades Federal e Estadual de Pernambuco, ano 2014.

IES	Docentes	%Prof. Doutores	Alunos Matriculados	Alunos/Docentes
UFPE	106	82%	470	4,434
UPE	22	77%	386	17,545

Fonte: Enade, 2014.

Da avaliação de desempenho do egresso

Na Figura 3 pode-se observar os resultados obtidos tanto dos conhecimentos gerais quanto dos específicos para os cursos de Engenharia da Computação da UPE (E-Comp), da UFPE e a Média Nacional. Para o caso da componente de Formação Geral, o E-Comp apresenta resultados similares aos obtidos pelo seu par da Universidade Federal e pela Média Nacional. Esses resultados indicam que a Formação Básica do egresso do curso E-Comp (questões Q1 -Q20, associadas aos conhecimentos gerais comuns a todas as áreas de Engenharia) está de acordo com a formação proporcionada pela maioria dos cursos de Engenharia brasileiros.

No entanto, apesar de os resultados do Componente Específico do curso (i.e. 41,9) estarem um pouco acima da Média Nacional, a nota é bem menor do que a obtida pelo curso da UFPE (i.e. 55,9). Como a Componente Específica tem um peso de 75% sobre a nota geral, podemos notar que a diferença nas notas obtidas entre ambos os cursos impacta também na Nota Geral Enade do curso.

Considerando que os dois cursos estão atendendo a uma população de estudantes com condições socioeconômicas similares, uma discussão acerca das diferenças no processo de ensino com o espelho da UFPE, dos desafios e das estratégias a serem implementadas está sendo amplamente colocada em pauta neste ano pelo Núcleo Docente Estruturante.

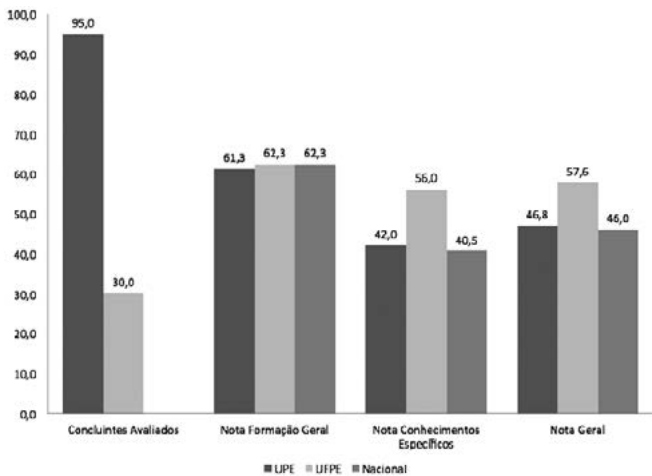
Da percepção do estudante acerca do E-Comp

Na Figura 4 temos expostos os resultados referentes às questões relacionadas à infraestrutura física para os dois cursos e a Média Nacional. Enquanto aproximadamente 45% dos estudantes da Média Nacional ‘concordam totalmente’ com a afirmação de que as condições de infraestrutura – tais como salas de aula, equipamentos e materiais para as aulas práticas e biblioteca – foram adequadas para a sua formação, esse número não passa de 20% para os egressos do E-Comp e de 30% para os egressos da UFPE. A maioria dos estudantes do E-Comp apenas ‘concordam parcialmente’ a respeito dessa afirmativa.

Uma parte expressiva da população (i.e. 30%) de egressos tanto do E-Comp quanto do seu par na UFPE ‘discordam’, ‘discordam parcialmente’ e ‘discordam totalmente’ que a infraestrutura física foi adequada para a formação. Para o caso da Média Nacional esse mesmo valor foi de apenas 20%.

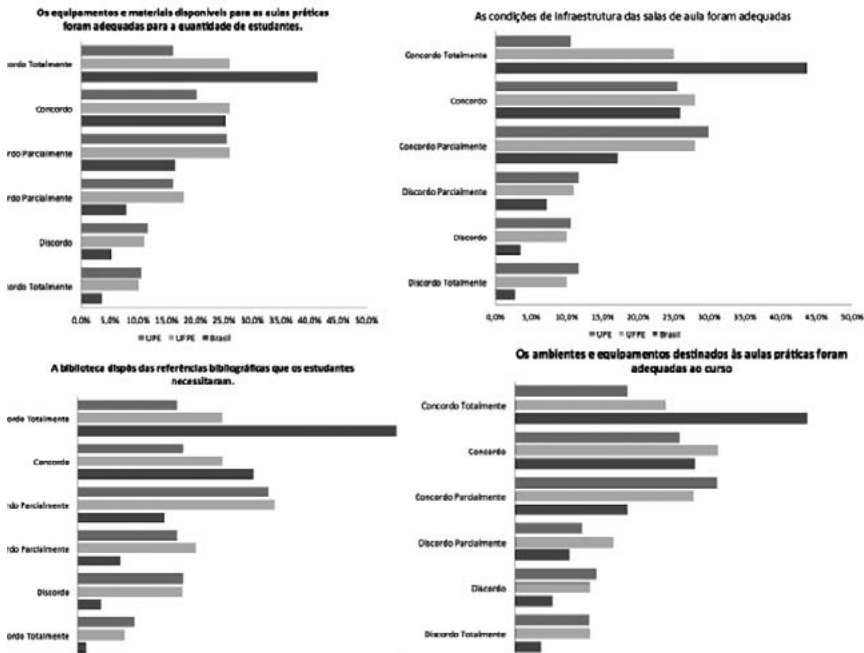
É possível observar, a partir da Figura 6, que o ambiente físico das salas de aula e dos laboratórios didáticos da Escola Politécnica precisam de investimento. Isso, possivelmente, refletiria na avaliação de outros cursos da POLI. Também é notável a necessidade de investimento no acervo e na infraestrutura física da biblioteca, bem como uma renovação mais adequada do material de consumo para as aulas práticas de laboratório.

Figura 3 – Notas do Enade para os cursos de Engenharia da Computação da UPE, da UFPE e a Media Nacional.



Fonte: Enade, 2014.

Figura 4 – Notas do Enade para os cursos de Engenharia da Computação



Fonte: Enade, 2014.

Os resultados oriundos das comparações das notas obtidas na componente da Formação Geral entre o nosso curso de Engenharia da Computação e os outros cursos de Engenharia da Universidade de Pernambuco indicam que egressos têm uma Formação Básica similar (esperada para um Ciclo Básico para cursos de Engenharia). Os valores também são similares aos obtidos pela Média Nacional, o que mostra que, para o Ciclo Básico, são necessárias apenas ações para diminuir a retenção, que está em fase inicial de estudos.

Por outro lado, apesar dos cursos E-Comp e seu par da UPFE estarem localizados na mesma cidade – Recife – e atenderem públicos com condições socioeconômicas similares, apresentaram notas na componente de Formação Específica diferentes. Nessa mesma comparação, podemos notar que a percepção dos egressos de ambos os cursos acerca da Qualidade da Infraestrutura Física é muito inferior à Média Nacional. Contudo, a avaliação é pior na UPE. Os dados do Enade 2014 e a comparação com os seus pares e com a Média Nacional servirão como uma das bases para estabelecer estratégias visando à melhoria da qualidade da formação do egresso do curso bem como do conceito do curso.

2.3 Análise dos índices dos cursos de Engenharia Mecânica no Enade 2014

Sabe-se que houve muitas iniciativas visando à melhoria dos cursos de Engenharia no Brasil, tais como o REENGE, que está completando 20 anos, conforme o tema do COBENGE de 2016.

Sabe-se, ainda, que para mensurar melhorias nos cursos de Engenharia deve-se utilizar indicadores para o embasamento dos gestores. Neste aspecto o Enade se apresenta, atualmente, como o único que gera indicadores no âmbito nacional e daí a sua importância atual.

Este trabalho procurou analisar os indicadores obtidos por cursos de Engenharia Mecânica conforme o que foi disponibilizado no site do INEP: <<http://portal.inep.gov.br/educacao-superior/indicadores>>.

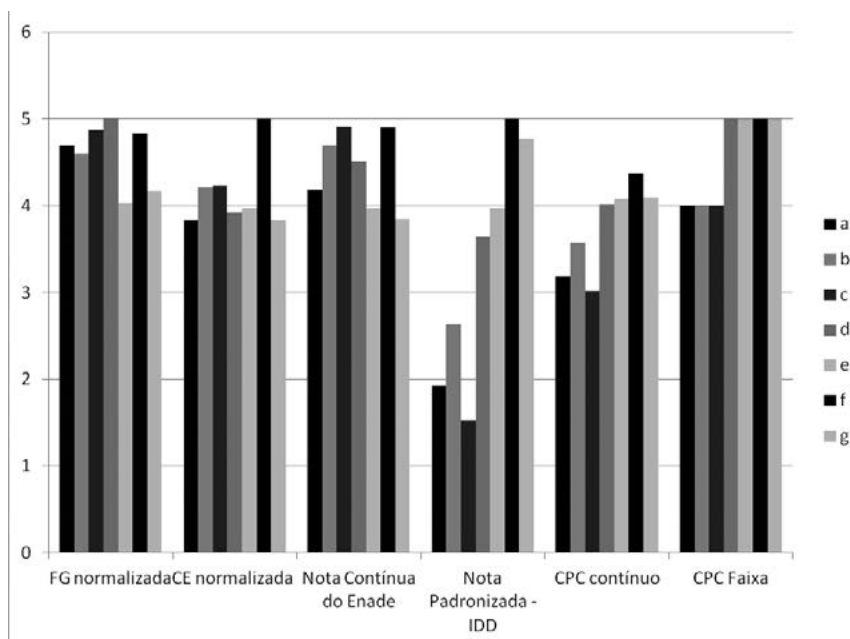
Observou-se que a metodologia utilizada para a obtenção dos indicadores fornece informações importantes aos gestores para que estes possam fazer a melhor utilização desses indicadores para a melhoria dos cursos e, conseqüentemente, para a melhoria da Engenharia no Brasil.

Indicadores Enade 2014 obtidos por cursos de Engenharia Mecânica

Na área de Engenharia Mecânica foram 187 cursos avaliados, sendo que são apresentados apenas os indicadores dos cursos que tiveram CPC (Conceito Preliminar de Curso) igual a 4 ou 5. Sendo que os cursos que obtiveram CPC 4 são aqueles cujos alunos tiveram melhor desempenho nas questões de conhecimento específico.

A Figura 5 apresenta os resultados obtidos por sete cursos de Engenharia Mecânica no Enade 2014. Nesta figura 'FG' significa Formação Geral, 'CE' Conhecimento Específico, 'IDD' Indicador da Diferença entre os Desempenhos Observado e Esperado. Os índices FG e CE foram normalizados (entre 0 e 5) para que pudessem ser colocados no mesmo gráfico.

Figura 5 – Índices obtidos por cursos de Engenharia Mecânica no Enade 2014



Fonte: Enade, 2014.

No indicador relacionado à média de acertos nas questões de Formação Geral observa-se que os cinco melhores resultados neste item tiveram porcentagem de acertos, aproximadamente, entre 71 e 76 e são os cursos 'a', 'b', 'c', 'd' e 'g'.

Os cursos 'b', 'c' e 'e' tiveram melhores resultados nas questões de conhecimentos específicos. Essas questões são aquelas que têm como substância os conteúdos profissionalizantes. A princípio estes são os conteúdos que distinguem as diversas modalidades das Engenharias.

Observando o IDD, na Figura 5, observa-se que único curso que mantém maior índice é o 'f', seguido do curso 'g' que obteve resultado e destaque relacionado ao conhecimento específico.

O curso 'a', embora com maiores indicadores FG e Nota Contínua do Enade, superiores ao 'g', obteve menor IDD.

O curso 'c', embora o sendo resultado nos índices FG, CE e Nota Contínua do Enade ficou na última colocação no IDD.

Por fim, verifica-se que o CPC, como apresentado pelo INEP em nota técnica, atribui um peso maior ao IDD quando se calcula o CPC. Desta forma, como esperado, os cursos que obtiveram maior CPC são aqueles que obtiveram maior IDD.

Assim, observa-se que para o cálculo do CPC atribui-se maior importância ao IDD do que aos resultados relacionados ao CE. Desta forma observa-se uma inversão considerável acerca dos cursos que tiveram melhores resultados e isto impacta fundamentalmente no cálculo do CPC.

Uma questão fundamental é identificar qual, ou quais, índices são os que devem ser priorizados para que os cursos de Engenharia sejam cada vez melhores.

Considera-se importante observar o que realmente pode-se analisar e mensurar com cada índice e de que forma tal medida impacta na formação do egresso. Neste sentido, debater tais índices contribuirá com a identificação de suas abrangências e possíveis necessidades de elaboração de novos índices tomando por base, por exemplo, a contribuição da Engenharia brasileira para o desenvolvimento de novas tecnologias.

Por fim, contribuir para melhoria do ensino em engenharia faz parte de um objetivo maior que é oportunizar um maior desenvolvimento tecnológico no país. Nenhum dos índices apresentados pelo Enade tem por objetivo fazer tais apontamentos. Assim, embora fundamentais, pois permitem uma análise comparativa entre os cursos brasileiros, as suas abrangências restritas indicam necessidade de se ter novos índices que possam nortear este desejável desenvolvimento de novas tecnologias nacionais.

Diante do exposto considera-se fundamental que se alie aos índices do Enade as possíveis contribuições do Sistema Profissional e dos demais atores envolvidos para se ter uma Engenharia brasileira capaz de propor novas tecnologias com maior frequência.

2.4 O papel das competências comunicativas em Língua Inglesa e Língua Portuguesa na formação e atuação profissional dos engenheiros

O desenvolvimento das habilidades de comunicação é de extrema importância na formação e atuação profissional do engenheiro, que deve ser preparado para a criação e uso de novas tecnologias bem como para a comunicabilidade destas. Aliás, principalmente considerando a formação de profissionais competentes para atendimento às demandas da sociedade, o desenvolvimento da habilidade supracitada está amparado em legislações vigentes, as quais são, entre outras, embasamento teórico deste estudo, a saber: Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (2016) e Conselho Nacional de Educação (2002a, 2002b).

Diante do exposto, esta pesquisa tem como principal objetivo investigar

o papel das competências comunicativas em Língua Portuguesa (LP) e Língua Inglesa (LI) na formação dos engenheiros com vistas à formação do egresso e à atuação profissional crítica, reflexiva e criativa em atendimento às demandas da sociedade. Ademais, a principal justificativa para esta pesquisa é contribuir com estudos que investiguem a formação acadêmica e a atuação profissional dos engenheiros, considerando que as habilidades e conhecimentos desenvolvidos incidem diretamente no exercício responsável da profissão.

Neste artigo, as informações assim estão distribuídas no desenvolvimento: na primeira seção, apresenta-se o aporte teórico quanto à formação e à atuação profissional do engenheiro, em específico à habilidade de comunicação; na segunda seção, estão os procedimentos metodológicos em relação aos dados coletados; e na terceira seção, encontram-se os resultados alcançados.

Esta reflexão se inicia sobre uma compreensão melhor da atividade de Engenharia, frente às mudanças da atual sociedade. Para nortear as discussões, convém destacar a recente Resolução do Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (2016), a qual regulamenta aspectos da formação e atuação profissional dos registrados no Sistema do referido Conselho além de fiscalizar o exercício profissional no âmbito da Engenharia e da Agronomia.

Abordando um pouco da história, Kawamura (1981) afirma que as primeiras escolas de Engenharia no Brasil datam do início do século XIX. Por volta dos anos 1980, a crise do Fordismo provocou uma significativa desorganização da regulamentação nos vínculos trabalhistas e tais mudanças atingiram o alicerce de formação profissional, no geral, e, especialmente, a dos engenheiros.

Relativo a essa mudança, Crivellari (2000) explica que as relações educativas dos países estavam ligadas ao tipo de regime de produção. No período da Revolução Industrial, a integração dos fundamentos científicos aos recursos técnicos de produção visava à capacitação da mão de obra de produção, considerando que o engenheiro deveria ter habilidades para idealizar e realizar grandes projetos necessários ao desenvolvimento industrial em expansão. Frente a isso, os engenheiros vinham de uma identificação que, ao ser transportada para os dias atuais, torna-se incompleta, apesar de, por bastante tempo, ter estabilizado o mundo social. Dessa forma, surgem novas identidades e o indivíduo unificado torna-se fragmentado, a partir do que são perceptíveis identidades múltiplas e descentralizadas em detrimento uma identidade única e centralizada (Cf. HALL, 2005).

Entende-se que um profissional da Engenharia precisa transitar em ambientes que eram menos visitados, ou seja, o engenheiro precisa se relacionar com áreas distintas, por exemplo Administração, Informática, Gestão, Recursos Humanos e Comunicação. Assim, com as alterações nas capacidades de atuação dos engenheiros e nas suas competências, é notável uma necessidade mais abrangente de conhecimentos. Cabe aos engenheiros não apenas que trabalhem com a área das Ciências Exatas, mas que sejam capazes de desenvolver a leitura, a escrita e que participem de práticas de letramentos próprias de

sua área de atuação. Essas questões citadas já não são vistas como atributos diferenciados de um engenheiro, mas como parte profissional de suas relações. O engenheiro, frente a uma sociedade altamente comunicativa, precisa atender a essas demandas sociais a partir de novos estímulos no processo de aptidões do profissional engenheiro e do trabalhador em geral. Para isso, é importante um ensino suficiente para atender às habilidades de escrita e de leitura durante o período de graduação.

Em pesquisas realizadas recentemente por Heinig e Fanzen (2013), constata-se que a leitura e a escrita possuem papel importante na formação acadêmica de um engenheiro e que, de uma forma mais evidente, essas habilidades estão ocupando espaço nos debates acadêmicos.

No Brasil, é predominante, nas universidades de Engenharia, a consciência de que o ensino nessa área deve primar pela alta qualificação dos graduandos, principalmente quanto ao uso da Ciência e Tecnologia para a resolução de demandas da sociedade. Essa situação é corroborada pela legislação quanto ao que se espera do egresso, a saber: atuação crítica e criativa para resolver problemas, interação com as pessoas, interpretação dinâmica da realidade e proposição de soluções técnicas e socialmente corretas (CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2002a, 2002b). Para alcançar o que se almeja, as universidades têm realizado reformas curriculares que visam à formação de competências e habilidades de um engenheiro que atue como um profissional que estabeleceu proativamente sua base em experiências ligadas à tríade ensino, pesquisa e extensão. Em específico, no que diz respeito à LP, o Conselho Nacional de Educação (2002a, 2002b) apresenta que ao engenheiro cabe: ser capaz de se comunicar, com eficiência, nas formas escrita, oral e gráfica.

A habilidade comunicacional é exigida do engenheiro pelo mercado de trabalho, seja oral ou escrita, de modo que ele saiba expressar suas ideias de forma clara e inteligível. Em específico à comunicação em LP, esta habilidade é de suma importância já que, no ambiente de trabalho, o engenheiro interage, seleciona e divulga materiais próprios do contexto profissional bem como redige textos diversos; ele precisa se comunicar, principalmente na forma escrita, que é inerente à sua atuação profissional (BAZZO; PEREIRA, 2008). Aliás, diariamente, o engenheiro participará de atividades diversificadas de comunicação, seja para ler e interpretar, produzir textos ou ainda adequar textos à linguagem técnica da área, cujas habilidades se respaldam pelo embasamento adequado em sua formação acadêmica (FANZEN; HEINIG, 2012; SCHLICHTING, HEINIG, 2012).

O engenheiro precisa, pois, expressar-se de forma adequada, expondo claramente seu posicionamento para que seu interlocutor produza sentido quanto ao que está sendo divulgado. Para essa clareza, as aulas de LP muito têm a contribuir com a formação do engenheiro, o qual deve considerar que uma ideia divulgada e entendida, ou um produto adequadamente divulgado, pode persuadir o cliente e incidir diretamente na sustentabilidade/lucratividade da empresa, além de resolver demandas da sociedade.

A forte presença da LI no contexto da engenharia tem suas raízes na Revolução Industrial que, pela inovação tecnológica, trouxe a necessidade da produção de manuais de instrução e material de divulgação em inglês. Segundo Crystal (1997) e Graddol (1997), este foi o principal fator que vinculou a LI aos contextos tecnológico e científico, consolidados pela ascensão econômica e política dos Estados Unidos após a Segunda Guerra Mundial.

A predominância da LI nas interações que ocorrem nos contextos em que os engenheiros circulam exerce influência direta nas demandas para sua contratação nos mercados nacional e internacional. Tal influência tem sido investigada por pesquisadores que buscam conhecer o perfil do engenheiro ideal para empresas no Brasil (MISHIMA; BALESTRASSI, 2008; NOSE; REBELATTO, 2001) e em Portugal (LIMA; MESQUITA; ROCHA, 2013). Os resultados demonstram unanimidade quanto à importância das habilidades comunicativas em LI, principalmente em relação à compreensão de texto, expressão oral e redação.

O cenário apresentado destaca a necessidade de investimento na capacitação em competências transversais nos cursos de Engenharia, com destaque para as habilidades comunicativas em LI. McMahon e Escribano (2008) defendem o ensino deste idioma focado nos resultados da aprendizagem e medido pelos próprios alunos por meio de descritores baseados no Quadro Comum Europeu de Referências para Línguas (QECR). A metodologia proposta pelos autores proporciona aos acadêmicos “[...] identificar seus objetivos de aprendizagem, planejar e modificar seus planos de ação e monitorar o processo” (MCMAHON; ESCRIBANO, 2008, p. 69), sendo protagonistas de seu aprender.

Para investigar o papel das competências comunicativas em LP e LI na inserção no mercado de trabalho e na execução das atividades profissionais dos (futuros) engenheiros, foi realizada uma pesquisa exploratória por meio da análise das respostas a um questionário enviado aos alunos egressos de nove cursos de Engenharia da Universidade Federal de Itajubá (Unifei) – *Campus* de Itabira, em Minas Gerais.

De 2008 até 2015, o *Campus* de Itabira formou 231 engenheiros, assim distribuídos: 28 em Engenharia da Computação, 46 em Engenharia de Materiais, 46 em Engenharia Elétrica, 20 em Engenharia Ambiental, 17 em Engenharia da Mobilidade, 12 em Engenharia de Controle e Automação, 24 em Engenharia de Produção, 19 em Engenharia de Saúde e Segurança e 19 em Engenharia Mecânica. O maior número de formandos nos cursos de Engenharia de Computação, Engenharia de Materiais e Engenharia Elétrica se deve ao fato de os três terem sido implementados 18 meses antes dos demais.

Foi enviado um questionário *on-line*, elaborado a partir da ferramenta Formulários do *Google Drive*, para os *e-mails* dos egressos, obtendo-se 45 respostas. Deste total, quantidade que representa 19,5% dos formandos desde 2015, verificou-se que a maioria (17,8%) era egressa do curso de Engenharia de Materiais e a minoria (4,4% cada) da Engenharia da Mobilidade e da Engenharia Mecânica.

Buscou-se com os dados aferir quais competências foram determinantes no ingresso da vida profissional – ou cuja falta prejudicou tal ingresso – e quais o são no exercício da carreira. O questionário foi dividido em cinco seções: orientação a dados demográficos; participação em disciplinas obrigatórias e optativas de LP e LI; processos seletivos; uso das habilidades comunicativas em LP e LI no exercício da função; comentários ou sugestões sobre o ensino dos idiomas nos cursos de engenharia da Unifei – *Campus* de Itabira considerando as demandas do mercado de trabalho.

Neste estudo, apesar da baixa participação, as respostas enviadas permitiram sinalizar informações que vão ao encontro dos objetivos desta pesquisa. Destaca-se que dos respondentes 53,33% eram homens e 46,67%, mulheres, os quais ingressaram na Unifei – *Campus* de Itabira em 2008 (37,8%), 2010 (48,9%) e 2011 (13,3%) e concluíram a graduação em 2012 (2,3%), 2013 (22,2%), 2014 (22,2%) e 2015 (53,3%). Pelos dados, é perceptível uma realidade em vários cursos de Engenharia, a saber: a integralização dos estudos quase não acontece em cinco anos.

Na sequência, ao serem questionados se haviam frequentado aulas para formação de habilidades específicas em comunicação, 72,2% responderam positivamente, considerando que, no início das atividades no *Campus*, a disciplina composta por aulas de LP e LI não era ofertada na Estrutura Curricular, o que foi modificado com a reestruturação em 2010. Em relação às optativas, 91,1% frequentaram aulas de LP e 77,8% de LI, mostrando que, mesmo não sendo aulas obrigatórias no início, os acadêmicos já manifestavam interesse pela formação de habilidades em comunicação.

Em relação ao mercado de trabalho, 77,8% (35 respondentes) informaram ter participado de algum processo seletivo para o cargo de engenheiro, constituído de atividades que, entre outras habilidades, vislumbrou as comunicabilidades escrita e oral nos dois idiomas: envio de *curriculum vitae* (91,4%), dinâmicas de grupo (71,4%), entrevista (91,4%), prova escrita (57,1%) e outras (11,4%).

Ainda sobre o processo seletivo, dos 77,8% que responderam 94,3% informaram o seguinte: 60,6% indicaram que os conhecimentos adquiridos durante a graduação, em relação à LP, foram suficientes para o desempenho favorável durante o referido processo ao passo que 39,4% negaram isso. Em contrapartida, dos mesmos 94,3% respondentes, 57,6% informaram que os conhecimentos adquiridos em LI não foram suficientes para o êxito no processo seletivo.

Em continuidade aos questionamentos, dos 35 respondentes 48,5% apresentaram as principais habilidades adquiridas na disciplina de LP que os ajudou durante o processo seletivo ou que, pelo menos, deveriam ter sido trabalhadas durante a graduação. Tendo em vista que a disciplina foi inserida alguns anos depois do início da primeira turma, 23,5% reforçaram isso ao mencionarem que não realizaram disciplinas semelhantes. Por sua vez, 5,9% não identificaram respostas e 70,6% indicaram situações que demonstraram ser imprescindível o desenvolvimento das habilidades comunicacionais durante a

graduação. Quanto à LI, dos 35 respondentes 54,5% apresentaram as principais habilidades adquiridas ou que deveriam ter sido trabalhadas durante a graduação, a saber: 27,8% apontaram o aprimoramento dos termos técnicos da área; 22,2% mencionaram o desenvolvimento da habilidade oral; 16,7% não participaram de disciplinas relacionadas à LI; 11,1% consideraram que a disciplina deveria ser obrigatória, modalidade atualmente, no *Campus* de Itabira, mantida por 4 cursos; 11,1% não viram aplicabilidade da disciplina; e 11,1% indicaram o desenvolvimento da escrita e de atividades que propiciem a perda da timidez.

Na sequência, dos mesmos 35 respondentes 42,9% indicaram estar atualmente empregados na função de engenheiro em empresas nacionais (53,3%), estrangeiras (6,7%) e multinacionais (40%). Esses mesmos respondentes indicaram que utilizam, em suas atividades profissionais, a LP para leitura (86,7%), escrita (86,7%) e fala (100%), assim como a LI para leitura (80%), escrita (46,7%), fala (60%) e escuta (60%). Por esses dados, verifica-se a importância das duas disciplinas na formação do engenheiro, uma vez que são cotidianamente aplicados os conhecimentos em situações práticas, principalmente no que se refere a atribuições como utilização e desenvolvimento de *softwares* bem como gerenciamento de processos e produtos. Eles também apontaram diversas situações para uso dos idiomas, entre as quais as mais corriqueiras foram leitura e escrita de *e-mails* e relatórios, assim como participação em conferências interlocutivas (presenciais e por mídias eletrônicas), treinamentos, palestras e reuniões.

Por fim, foi deixado um espaço para que comentassem ou apresentassem sugestões sobre o ensino da LP e LI, na Unifei – *Campus* de Itabira. Nesse espaço, manifestou-se de forma unânime a necessidade de mais aprimoramento dos graduandos quanto à escrita e à fala em relação ao uso da língua vernácula bem como quanto ao desenvolvimento das habilidades orais e uso de termos técnicos na LI.

No intuito de investigar o papel das competências comunicativas na formação dos engenheiros, este estudo detectou quais competências comunicativas em LP e LI são essenciais para o exercício da profissão no mercado de trabalho atual. Para que a habilidade comunicacional seja empregada adequadamente no campo profissional, é salutar que, na graduação, o engenheiro tenha um embasamento adequado em sua formação acadêmica com vistas ao seu fazer profissional, ou seja, ele deve ser preparado com práticas de leitura e escrita que correspondam às demandas da sua atuação profissional. Comprovou-se, também, que a integralização dos estudos quase não acontece em cinco anos e que os alunos relativamente frequentam aulas de LP e LI, principalmente por ainda existir a ideia de que a principal formação está ligada às exatas.

Em relação ao mercado de trabalho, os egressos reconheceram que as habilidades comunicativas adquiridas durante a graduação foram suficientes para o desempenho favorável durante o processo seletivo. Por esses dados, verifica-se a importância dos dois idiomas na formação do engenheiro, visto que são

corriqueiramente aplicados os conhecimentos em situações práticas de leitura, escrita e fala.

As discussões aqui levantadas foram geradas partindo-se dos dizeres dos engenheiros sobre as competências comunicativas em LP e LI. Esses debates, contudo, podem ser ampliados para outras áreas de atuações. A proposta é de uma formação abrangente das capacidades de LP e LI, não apenas no sentido de uma disciplina, mas de um trabalho contínuo e que se estenda a todas as disciplinas de formação.

2.5 Breve apresentação acerca da Resolução 1.073 do CONFEA, de 22 de abril de 2016

Sabe-se que o sistema profissional é composto pelo CONFEA (Conselho Federal de Engenharia e Agronomia) e pelos CREAs (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia). Eles são responsáveis pela fiscalização e regulação do sistema profissional das áreas tecnológicas.

A Resolução 1.073 de CONFEA de abril de 2016, de certa forma, substituiu a Resolução 1.010 de 2005. Essa Resolução tem força de Lei e objetiva regular as questões de títulos, atividades e atribuições dos profissionais das áreas tecnológicas.

Atualmente, são 330 títulos cadastrados na Tabela de Títulos Profissionais – Resolução 473/02 do CONFEA, incluindo técnicos, tecnológicos e superior, e há títulos de origem, da academia, que não têm correspondente exato na referida Resolução. Contudo, a partir de suas criações, os nomes dos cursos podem, gradativamente, ser incluídos nesta resolução.

Para que esta Resolução fosse construída foi aberta consulta pública na forma de um edital, de 2011 a 2015, e todos os Engenheiros puderam contribuir com a sua elaboração. Ela gerou novos direitos aos profissionais de Engenharia, considerando a finalidade primordial do sistema profissional que é a defesa da sociedade.

Até então, os profissionais pertencentes ao Sistema CONFEA / CREA que concluíam cursos de *pós-graduação lato sensu e stricto sensu* somente poderiam ter tais cursos anotados em suas carteiras profissionais para os grupos de Engenharia e Agronomia. Atualmente, estes cursos, se forem classificados como sendo de mesmo grupo profissional, após análise pelo CREA, poderão conferir a extensão das atribuições para além das atribuições da modalidade de sua formação na graduação. Porém, somente cursos *stricto sensu* possibilitam a extensão de atribuições entre grupos profissionais distintos.

Outra novidade que a resolução traz é que, mesmo durante o curso de graduação, se o estudante cursar disciplinas pertencentes a modalidades distintas da sua ele pode requerer, junto ao CREA, após recebimento de sua carteira profissional, a análise de seu histórico escolar, visando a obter extensão

das atribuições profissionais.

Por fim, esta resolução veio atender a várias solicitações advindas da Academia e da sociedade, atendendo aos novos contextos colocados, tais como os diversos cursos de pós-graduação e os diversos conteúdos sendo disponibilizados e cumpridos por profissionais do sistema CONFEA / CREA.

3. DEBATES E APONTAMENTOS DOS PARTICIPANTES DA SD

Para nortear as discussões, nesta etapa, utilizaram-se quatro questões apresentadas nos subitens 5.3.1, 5.3.2, 5.3.3 e 5.3.4. Os participantes formaram grupos que elaboraram seus apontamentos e que foram compartilhadas com todos os participantes. Estas compõem mais algumas contribuições desta SD para o tema O ENADE, A FORMAÇÃO PROFISSIONAL E A RESOLUÇÃO 1.073 DO CONFEA, DE 22 DE ABRIL DE 2016.

De forma resumida pôde-se observar que os participantes consideram importante mensurar como está o Ensino de Engenharia no Brasil, visando a nortear todos os atores envolvidos na temática para que se tenha um Ensino em Engenharia de qualidade. Ensino esse que propicie uma Engenharia que contribua mais efetivamente com os anseios da sociedade, incluindo uma maior participação na formação do PIB (Produto Interno Bruto), sendo propositora e gerando a venda de tecnologias novas e capazes de propor inovações. Para tanto, é fundamental a participação conjunta do Sistema Profissional CONFEA / CREA, do MEC e das IES para elaborar, analisar e viabilizar a aplicabilidade de todas as legislações que tratem dos assuntos pertinentes ao Ensino de Engenharia no Brasil.

3.1 Quais aspectos caracterizam um bom Ensino de Engenharia?

- Projeto Pedagógico bem estruturado e que propicie uma sólida Formação Científica;
- Corpo docente e discente de qualidade (formação e comprometimento com o ensino-aprendizagem);
- Aplicabilidade (relação entre teoria e prática);
- Infraestrutura laboratorial, locais de estudo, pesquisa, etc;
- Empregabilidade (acompanhamento dos egressos);
- Complementação da formação acadêmica com atividades de extensão e pesquisas tecnológicas;
- Formação que estimule a capacidade de síntese, a visão sistêmica e que incentive a autonomia do estudante;
- Capacidade de desenvolver projetos e documentá-los com escrita adequada;
- Boa integração com o Setor Produtivo.

3.2 Por que avaliar um curso de graduação em Engenharia?

- Para que seja possível colher subsídios que estimulem e contribuam para a melhoria do próprio curso e da formação em Engenharia no Brasil;
- Para contribuir com a proteção da sociedade nos seguintes aspectos: apontar os cursos de qualidade quando o estudante for escolher o curso para sua formação profissional e para as empresas quando forem escolher profissionais de Engenharia que receberam formação acadêmica de qualidade com conhecimento técnico e que atenda, adequadamente, às demandas da sociedade;
- Para propiciar a melhoria das áreas tecnológicas brasileiras de modo a contribuir com maior número de proposições de novas tecnologias.

3.3 O que deve conter num sistema de avaliação de cursos de Engenharia?

- Indicadores relacionados aos aspectos elencados no item 5.3.1;
- Indicadores que sejam claros e transparentes;
- Inclusão no corpo de avaliação do MEC profissionais ligados ao sistema CONFEA / CREA;
- Indicador com propósito de mensurar a qualidade da formação do egresso, como Exame de Proficiência ou de Ordem;
- Indicador de produção científica, técnica, patentes e parcerias Interinstitucionais.

3.4 Como o sistema profissional CONFEA / CREA pode contribuir para avaliação dos cursos de Engenharia?

- Participando dos processos avaliativos alinhados com a IES, MEC e Exame de Proficiência;
- Emitindo manifestação sobre os cursos de Engenharia por comissão de especialistas e professores (não realizado somente pelo CONFEA);
- Promovendo maior integração entre IES, MEC e CONFEA / CREA, que deveriam contribuir com a elaboração de diretrizes curriculares e participar das avaliações *in loco*.
- Acompanhando as realizações dos Estágios Supervisionados;
- Organizando o Exame de Proficiência que deve ser aplicado por organismo independente.

REFERÊNCIAS

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. do V. **Introdução à Engenharia: conceitos, ferramentas e comportamentos**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008.

BERTOLIN, J. C. G.; MARCON, T. O (des)entendimento de qualidade na educação superior brasileira - das quimeras do provão e do Enade à realidade do capital cultural dos estudantes. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior**, Campinas; Sorocaba, SP, v. 20, n. 1, pp. 105-122, mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Superior. **Programa de Avaliação Institucional das Universidades Brasileiras**. Brasília, DF, 1994.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA. **Resolução nº 1.073, de 19 de abril de 2016**. Regulamentação acadêmica e profissional aos profissionais registrados no Sistema CONFEA/CREA. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 abr. 2016. Seção 1, p. 245-249. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&pagina=245&data=22/04/2016>>. Acesso em: 10 maio 2016.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Parecer nº 1.362/2001**. Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia. Relator: Carlos Alberto Serpa de Oliveira. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 fev. 2002a. Seção 1, p. 17. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1362.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO. **Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002**. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 9 abr. 2002b. Seção 1, p. 32-33. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2016.

CRIVELLARI, H. Relação educativa e formação de engenheiros em Minas Gerais. In: BRUNO, L.; LAUDARES, J. B. (Org.). **Trabalho e formação do engenheiro**. Belo Horizonte: Fumarc / PUC, 2000.

CRYSTAL, D. **English as a Global Language**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

E-COMP, Engenharia de Computação, POLI – UPE. Disponível em: <<http://www.ecomp.poli.br/>>. Acesso em: 03 jul. 2016.

FANZEN, B. A.; HEINIG, O. L. de O. M. Letramentos situados: a linguagem no campo de trabalho de engenheiros. **Atos de Pesquisa em Educação**, Blumenau, v. 7, n. 3, p. 752-780, set./dez. 2012. Disponível em: <<http://proxy.furb.br/ojs/index.php/atosdepesquisa/article/view/3466/2178>>. Acesso em: 21 jun. 2016.

GRADDOL, D. **The future of English? A guide to forecasting the popularity of the**

English language in the 21st century. [S. l.]: British Council, 1997.

HALL, Stuart. **A identidade cultural na pós-modernidade**. Rio de Janeiro: DP&A, 2005.

HEINIG, O. L. de O. M.; FANZEN, B. A. A leitura e a escrita na engenharia: construindo intersecções entre o mundo do trabalho e a academia. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 32, n. 2, p. 9-18, jul./dez. 2013. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/revista/index.php/abenge/article/view/160/135>>. Acesso em: 18 jun. 2016.

KAWAMURA, L. **Engenheiro: trabalho e ideologia**. São Paulo: Ática, 1981.

LIMA, R. M.; MESQUITA, D.; ROCHA, C. **Professionals Demandings for Production Engineering: Analysing Areas of Professional Practices and Transversal Competences**. Anais: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION RESEARCH, 22., 2013, Foz do Iguaçu.

MCMAHON, J. P.; ESCRIBANO, P. D. Language Communication Competencies in Engineering Education Revisited. **Revista de Lingüística y Lenguas Aplicadas**, v. 3, p. 59-71, 2008. Disponível em: <<http://polipapers.upv.es/index.php/rdlyla/article/view/690/677>>. Acesso em: 3 mai. 2016.

MEC / INEP / DAES. **ENADE 2014 – Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes – Relatório de Área – Engenharia Mecânica**, 2015. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/enade/relatorio-sintese-2014>>. Acesso em: 05/06/2016

MISHIMA, E.; BALESTRASSI, P. P. Exigências para ingressar no mercado de trabalho na condição de engenheiro recém-formado. **Revista P&D em Engenharia de Produção**, n. 8, p. 13-30, 2008. Disponível em: <http://www.revista.ped.unifei.edu.br/documentos/V06N02/n08_art02.pdf>. Acesso em: 3 mai. 2016.

NOSE, M. M.; REBELATTO, D. A. do N. **O perfil dos engenheiros segundo as empresas**. CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 29, 2001, Porto Alegre. Anais: Porto Alegre, 2001. p. 25-30. Disponível em: <<http://www.pp.ufu.br/Cobenge2001/trabalhos/DTC007.pdf>>. Acesso em: 4 mai. 2016.

PERNAMBUCO, **Portaria SEDUC nº 821**, de 17 de fevereiro de 2005. Diário Oficial [do Estado de Pernambuco], 18 fev, 2005. Disponível em: <<http://www.fisepe.pe.gov.br/cepe/materias2005/fev/see180205.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

SCHLICHTING, T. S.; HEINIG, O. L. de O. M. **A leitura e a escrita nas engenharias: gêneros recorrentes e suas funções**. COLÓQUIO NACIONAL DIÁLOGOS ENTRE LINGUAGEM E EDUCAÇÃO, 1; ENCONTRO DO NEL, 7, 2012, Blumenau. Anais: Blumenau, 2012. [n.p.]. Disponível em: <<http://www.tecnoevento.com.br/nel/anais/artigos/art74.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

FORMAÇÃO ACADÊMICA E ATUAÇÃO DE PROFISSIONAIS DA ENGENHARIA NA INDÚSTRIA E CULTURA DA SUSTENTABILIDADE

Adriana Maria Tonini
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP

José Geraldo Pedrosa
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFETMG

Bráulio Roberto Gonçalves Marinho Couto
Centro Universitário de Belo Horizonte –UniBH

Bruno Martins Moreira
Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG

Fabiano Gontijo Maia
Centro Federal de Educação de Minas Gerais Tecnológica -CEFETMG
Gabriela Camargos Lima
Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH

Rosana Rios Corgosinho
Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG

Tatiane Augusta Godinho de Carvalho
Centro Federal de Educação de Minas Gerais Tecnológica - CEFETMG

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	238
2. A APROPRIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA.....	243
3. A PRESENÇA DA IDEIA DE SUSTENTABILIDADE NAS EMENTAS E NOS PROJETOS DE CURSOS DE ENGENHARIA DE INSTITUIÇÃO PRIVADA.....	250
4. A IMPORTÂNCIA DA FORMAÇÃO AMBIENTAL NA ENGENHARIA E O CONCEITO DE “SUSTENTABILIDADE”	256
5. A SUSTENTABILIDADE EM EMPRESAS DO SETOR SIDERÚRGICO	259
6. EDUCAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE E PBL NO ENSINO DA ENGENHARIA: POSSIBILIDADES DE INTEGRAÇÃO.....	262
CONSIDERAÇÕES FINAIS	267
REFERÊNCIAS.....	268

1. INTRODUÇÃO

No século XX, o crescimento industrial – inspirado pelo modelo fordista-keynesiano-fossilista – e, com ele, a urbanização e o fenômeno das massas, notadamente no consumo, tornam-se evidentes. Na medida em que a economia industrial se expande e que cresce o consumo, a devastação da natureza, ao lado do crescimento exponencial do lixo, também se avulta.

O crescimento sem limites faz emergir os sintomas de uma crise ecológica sem precedentes na história. Na expressão de Alain Bihr (1999), tal crise é um dos sintomas da insustentabilidade do *modus vivendi* contemporâneo, orientado pela e para a lógica do lucro. Entre os sintomas dessa crise, estão o enfraquecimento dos recursos naturais, a poluição dos elementos naturais (ar, água e solo), a multiplicação das catástrofes ecológicas com repercussões cada vez mais amplas no tempo e no espaço, o empobrecimento da flora e da fauna, enfim, a ruptura de certos equilíbrios ecológicos globais.

Na medida em que o industrialismo-consumismo se expande, e com ele emergem os problemas ambientais, certas contradições vêm à tona e provocam reações, entre as quais está a publicização do ambientalismo ou a emergência da sensibilidade ecológica – ou ambiental. Alguns fatos são emblemáticos. Um deles se dá em 1952, quando, em Londres, ocorre a primeira catástrofe ambiental com ampla repercussão: o ar poluído mata milhares de pessoas. Em 1962, ou seja, dez anos após o desastre, Raquel Carson lança seu impactante livro, denominado *Primavera silenciosa*. O livro de Carson foi importante para o surgimento dos movimentos ecologistas nos anos de 1960, compondo o leque dos assim chamados novos movimentos sociais.

Os anos de 1960 e o emblemático 1968 são marcados pela contestação generalizada, decorrente do crescente mal-estar. Isso é que define o advento do ambientalismo público, ou das preferências públicas pela qualidade ambiental e simpatia por grupos ambientalistas e seus objetivos. Um marco importante é 22 de abril de 1970, dia da Terra: nos EUA., 300 mil pessoas se unem numa manifestação ecológica. O ambientalismo público é a fonte de um novo ambientalismo: ativista e político, e não apenas conservacionista. Assim, o ambientalismo entra na agenda dos movimentos sociais, entra na pauta da ciência e torna-se repertório político.

Com isso, as respostas da institucionalidade oficial se tornam necessárias. Era preciso oficializar a sensibilidade ecológica e trazer o tema para a agenda das instituições intergovernamentais. A iniciativa de oficialização do discurso ambiental era, então, decorrente da urgência de se traduzir para a opinião pública a ideia de que o mundo não estava em descontrole. Isso começa a acontecer em 1972, na Itália, quando o recém-criado Clube de Roma traz a público seu relatório denominado *Limites do crescimento*. Daí em diante, multiplicam-se as conferências internacionais. Em 1974, em Haia, na Holanda, ocorre o I Congresso Internacional de Ecologia. Em 1975, em Belgrado, na antiga Iugoslávia, realiza-se o Encontro In-

ternacional de Educação Ambiental, e, em 1977, em Tbilise, na Geórgia, acontece a I Conferência Intergovernamental para Educação Ambiental.

Ou seja, a sensibilidade ambiental surge nos movimentos sociais e como protesto, para, depois, vir compor a agenda das instituições intergovernamentais. Em 1984, o tema aparece na poderosa Câmara do Comércio Internacional, fazendo com que também começasse a entrar na agenda empresarial. Nessa trajetória, marcante é o ano de 1987, quando vem à tona o Relatório da Comissão Mundial, ou Comissão Brundtland, denominado *Nosso futuro comum (Our common future)*. Em 1992, no Rio de Janeiro, ocorre a emblemática Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e o Desenvolvimento: a RIO 92. É aqui que a importância da Educação Ambiental é reconhecida oficialmente.

A despeito da publicização do ambiente constituir um fenômeno somente no final dos do século XX, a história dos movimentos ambientais conservacionistas é anterior. Ao final do século XIX e início do século XX, criam-se, nos principais países capitalistas, sociedades protetoras da natureza, parques nacionais, reservas de fauna e flora. Em 1948, cria-se a União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), que objetivava elaborar estratégias para a conservação ambiental. É em 1957 que começa a medição sistemática da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, ao mesmo tempo em que se constataavam os efeitos destruidores da atividade industrial sobre o meio ambiente. A ampliação da produção levava à utilização, em ampla escala, de poluentes químicos tóxicos na agricultura, com conseqüente poluição e morte de seres vivos e de ecossistemas.

Os anos de 1960 e 70 inauguraram fortes debates sobre a problemática ambiental, postulando que a forma de produção capitalista deveria ser o ponto de partida para a análise da crise ambiental instaurada, resultando na expansão dos movimentos ambientalistas, ligados aos antinucleares e pacifistas (Greenpeace, Verdes da Alemanha, Os Amigos da Terra, *Earth First*, etc.). Na década de 1970, com os encontros internacionais sobre a questão ambiental, objetivava-se discutir temas como população, alimentos, água, desertificação e energia. Eram momentos onde os países traçavam estratégias para evitar um desastre ambiental.

Em 1972, foi publicado o primeiro informe intitulado “Os limites do crescimento”, que abordava o problema da acelerada utilização dos recursos naturais no mundo, com uma população crescente e uma indústria que estava ocasionando danos irreparáveis ao meio ambiente. Ainda nesse mesmo ano, começaram, mundialmente, os diálogos entre governos em torno da questão ambiental. Nesse âmbito, em Estocolmo, Suécia, foi realizada a primeira Conferência da Organização das Nações Unidas sobre o meio ambiente e o homem, resultando numa declaração na qual abordaram os principais problemas relacionados com o meio ambiente: industrialização, explosão demográfica e crescimento urbano.

Nesse documento, proclamou-se o direito dos seres humanos a um meio ambiente saudável, além do dever de protegê-lo e melhorá-lo para as futuras gerações. Além disso, foram discutidas propostas para a resolução dos problemas, baseadas na necessidade de implementação de tecnologias limpas nos países desenvolvidos, na transferência de recursos financeiros e técnicos para o “ter-

ceiro mundo” e nas políticas públicas de controle da população. Foram criados, posteriormente, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) e a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMAD). De toda forma, pairou a contradição entre países ricos, que pretendiam controlar a produção e a explosão demográfica, e pobres, que precisavam se desenvolver.

Nos anos de 1980, veio a preocupação com a necessidade de um consenso intergovernamental sobre a gravidade da crise ecológica. Para tanto, foram elaborados diversos relatórios científicos. Enquanto isso, em abril de 1986, ocorreu o maior desastre nuclear da história, em Chernobyl, Ucrânia, desprendendo, após a explosão de um reator, grande quantidade de radioatividade que se expandiu para a Escandinávia e Europa Ocidental. Centenas de pessoas morreram ou sofreram câncer e outras enfermidades. Foram 10 mil quilômetros quadrados que se tornaram praticamente inabitáveis.

Em 1987, segundo Foladori (2001), sob a direção da Senhora Gro Harlem Brundtland, fica conhecido o informe da CMMAD, *Nosso futuro comum*, criado por solicitação da Organização das Nações Unidas (ONU), com vistas a elaborar uma “agenda global para a mudança”. Esse informe examinava os problemas mais críticos em relação ao meio ambiente, indicando propostas de solução. Nesse documento, foi divulgado o termo “desenvolvimento sustentável” como “[...] aquele que responde às necessidades do presente de forma igualitária, mas sem comprometer as possibilidades de sobrevivência e prosperidade das gerações futuras”. Estabeleceu-se que a pobreza, a desigualdade e a degradação ambiental não seriam analisadas de forma isolada e que a pobreza era uma das causas e consequências dos problemas ambientais, portanto, não se poderia separar o capitalismo da produção das questões ambientais e sociais. Assim, nessa década, apostando no desenvolvimento como uma saída para a crise, fortalece-se o discurso em prol do desenvolvimento sustentável.

Em 1988, criou-se o Grupo Intergovernamental de Estudos sobre Climas (IPCC), com o objetivo de avaliar os estudos científicos sobre o clima e o papel do homem nessa esfera. Em 1991, cria-se o *Global Environmental Facility*, fundo de proteção ao meio ambiente estabelecido pelas ONU e pelo Banco Mundial, dirigido aos países em desenvolvimento que tinham graves problemas ecológicos.

Em 1992, no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), ou “Conferência da Terra”, propôs estratégias e medidas para deter e reverter a degradação ambiental, promovendo o desenvolvimento sustentável. Essa Conferência emitiu várias declarações, destacando-se a convenção sobre a mudança climática, uma recomendação para que se estabilizassem as emissões de CO₂ no ano 2000, nos níveis de 1990. Os EUA., como já se sabe, não estavam dispostos a reestruturar sua indústria e nem a diminuir seu nível de consumo e, conseqüentemente, não firmaram nenhum compromisso, assim como os países petroleiros não se mostraram interessados em diminuir suas vendas.

Para Rabelo (2007), outra questão que merece destaque é a criação da Agenda 21, como plano de ação para esse século, destacando 31 pontos essen-

ciais, para os quais o Banco Mundial entraria com os recursos. Esse documento, baseado no princípio do desenvolvimento sustentável, foi assinado por 179 países que participaram da Eco-92 e serviu de instrumento de interferência nas políticas públicas, mediante planejamento estratégico, com o envolvimento da sociedade civil, das instituições estatais e privadas e das organizações não-governamentais.

Dez anos após a Eco-92, constatou-se na Conferência de Johannesburgo que, apesar dos avanços, as metas da Agenda 21 não foram cumpridas. Segundo Leff (2001), a economia resistia em ecologizar-se. Assim, ações individuais no mercado, motivadas por preocupações ambientais, passam a ser consideradas estratégias para provocar mudanças necessárias em direção à sustentabilidade.

O conceito de desenvolvimento sustentável surge em meio a uma crise no capitalismo, quando se evidencia uma relação entre a ideia de pobreza e a degradação ambiental, proporcionando a associação entre meio ambiente e desenvolvimento, o que culminou no princípio do desenvolvimento sustentável. Uma vez que o crescimento elimina a pobreza, o meio ambiente só poderia ser protegido com mais crescimento e desenvolvimento (SACHS, 2000, *apud* RABELO, 2007).

Para o surgimento desse conceito, a publicação do relatório *Limites do crescimento* contribuiu para alimentar a discussão, introduzindo a questão da finitude dos recursos na discussão econômica e difundindo a questão ambiental, nesse momento, já tida como global.

Essa problemática esteve em pauta nos debates da 1ª Conferência da ONU sobre Meio Ambiente Humano, realizada em 1972, em Estocolmo, organizada pelo PNUMA. Nessa conferência, foram colocadas preocupações como a escassez dos recursos naturais e o crescimento demográfico. As ONGs formularam, então, uma contraconferência, na qual propuseram caminhos alternativos de desenvolvimento, pois as propostas da conferência denotavam neutralidade ideológica e propunham alternativas tecnológicas limpas, não abordando questões estruturais (LOUREIRO, 2003, *apud* RABELO, 2007).

No final da década de 1970, houve uma guinada nos estudos ambientais, mesmo que tais discussões ainda estivessem presas à perspectiva do desenvolvimento econômico, entendendo que não existiam limites intransponíveis para o crescimento, mas obstáculos a serem superados pela tecnologia. As ideias de catástrofe e escassez foram sendo, aos poucos, substituídas por outras que aventavam ser possível continuar a crescer sem comprometer a qualidade de vida no planeta, o que deu origem, mais tarde, à vertente da sustentabilidade.

Segundo Rabelo (2007), Ignacy Sachs difunde a noção de “ecodesenvolvimento” como referência explícita à noção de desenvolvimento sustentável. Essa corrente, de acordo com a proposta do PNUMA de 1975, referia-se ao desenvolvimento local e regional atento ao uso adequado e racional dos recursos naturais e à aplicação de tecnologias, embora o autor mencionado propusesse uma noção mais articulada à promoção econômica, preservação ambiental e participação social. Para Sachs, crescimento econômico e desenvolvimento não poderiam ser confundidos e, era importante considerar o valor dos recursos, as tradições locais das populações, a superação das desigualdades sociais, ou seja, a problemática

ambiental não poderia ser dissociada das questões sociais.

Então, em 1979, empregou-se, pela primeira vez, o conceito de desenvolvimento sustentável no Simpósio das Nações Unidas sobre as Inter-relações entre Recursos, Ambiente e Desenvolvimento (NOBRE, 2002, *apud* RABELO, 2007).

Em 1982, na Sessão Especial do PNUMA, em Nairobi, foi proposta a criação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Comissão Brundtland), que alcançou o apoio dos países emergentes na busca de um conceito diferente de desenvolvimento, considerando questões ambientais. As propostas dessa comissão difundiram, mundialmente, o termo desenvolvimento sustentável, apoiando-se na premissa de que não haveria desenvolvimento sem sustentabilidade e nem sustentabilidade sem desenvolvimento, permanecendo a ideia de articular crescimento econômico, preservação, equidade social com uma ênfase econômica e tecnológica. O Relatório *Brundtland*, elaborado por essa comissão, poderia ser resumido como uma preocupação quanto à sustentabilidade dos processos de desenvolvimento.

A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Eco-92), realizada no Rio de Janeiro, representou uma continuidade do processo de institucionalização, legitimação e difusão do conceito de desenvolvimento sustentável, num período marcado pela globalização. O resultado da Eco-92 foi a aprovação de vários documentos. A Agenda 21 Global é considerada um dos documentos mais importantes referentes às questões ambientais, em abrangência mundial, firmando o princípio de Desenvolvimento Sustentável como proposta para o século XXI.

A Agenda 21 Global é um plano de ação para a implementação do desenvolvimento sustentável com base na preservação da biodiversidade, no manejo dos recursos naturais, na justiça econômica e social e na participação de vários segmentos sociais. A Agenda 21 tinha como lema “Pensar Global e Agir Local”, referindo-se à necessidade de pensar, em âmbito planetário, os problemas ambientais de forma interdependente, convocando, ao mesmo tempo, a ação local. Mas, em contrapartida, o documento baseava-se na redução da utilização dos recursos naturais e não em mudanças no padrão de produção, distribuição e consumo.

Outra questão a ser colocada na discussão acerca da sustentabilidade ambiental seria a ideologia do crescimento, que mostra sua persistência. A noção de desenvolvimento há muito esteve associada ao ideal de crescimento e evolução. E foi essa ideia de desenvolvimento que dividiu o mundo entre desenvolvidos e subdesenvolvidos, gerando críticas ao conceito, desde a década de 1960, em meio a movimentos que criticavam o padrão civilizacional vigente, entre eles o ambientalismo.

Com as evidências da crise ecológica, em decorrência da publicização do ambientalismo e da institucionalização da noção de desenvolvimento sustentável, o meio empresarial começa a dar sinais de incorporação da problemática ambiental. Essa presença da questão ambiental e da ideia de sustentabilidade no meio empresarial é decorrente de vários fatores. Um desses fatores são as determinações da própria legislação ambiental. Outro fator é decorrente da intensificação

da concorrência no mercado de produtos, o que fez com que muitas empresas, notadamente as mais avançadas e que lidam com produtos impactantes no ponto de vista ambiental, começassem a assimilar a ideia de sustentabilidade como fator de diferenciação. Nesse caso, a ideia de sustentabilidade pode adquirir várias conotações. Pode estar relacionada à imagem da empresa e de seus produtos, tendo em vista a mais-valia simbólica, à efetiva criação de produtos com menor impacto ambiental, à adoção de materiais alternativos ou de processos produtivos menos poluidores. Enfim, quando a ideia de desenvolvimento sustentável penetra no seio das empresas e, mais ainda, das indústrias, ocorrem adaptações, reelaborações e até mesmo novas elaborações para o conceito.

Essa crescente presença da noção de sustentabilidade no âmbito das empresas tem interferências diretas tanto na formação acadêmica quanto na atuação de profissionais da engenharia na indústria.

2. A APROPRIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

A indústria automobilística é paradigmática, ou seja, é o setor que, nos últimos 100 anos, exerce a função de carro-chefe da indústria. É nela que surgem as inovações tecnológicas, organizacionais ou gerenciais.

Por empresarialização da sustentabilidade entende-se a entrada do tema na cultura das empresas como recurso de propaganda, como iniciativa de introduzir a questão no desenvolvimento de produtos e na gestão da produção, de modo a favorecer estratégias que visem à sustentabilidade do negócio, isso que se objetiva na valorização do produto comercializado ou das ações no mercado financeiro. A tese é de que a empresarialização da sustentabilidade promove adulterações no conceito de sustentabilidade, ao substituir as referências das ciências naturais e das conferências internacionais pelas diretrizes da International Organization for Standardization (ISO) e da RobecoSAM, que gera o Dow Jones Sustainability Index.

Uma pesquisa realizada com documentos e com pessoas, sendo que a pesquisa com pessoas foi executada, por meio de entrevistas focalizadas individuais, junto a profissionais de alta qualificação e que atuam em setores estratégicos de uma multinacional do setor automobilístico, teve como referência uma questão central, que é saber com que linguagem e finalidades a ideia de sustentabilidade penetra nessa emblemática do industrialismo-americanista.

2.1 A PRESENÇA DA SUSTENTABILIDADE NA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA

Quando indagados sobre a partir de quando o princípio da sustentabilidade passa a estar presente na indústria automobilística, os entrevistados indica-

ram temporalidades e eventos desencontrados. Tal situação permite pensar que a apropriação da sustentabilidade pela indústria automobilística não se constitui num acontecimento interno único e marcante, algo como uma tomada de decisão ou um redirecionamento significativo no modo de conceber, projetar e fabricar automóveis; nem configura um acontecimento equivalente a uma mudança de paradigmas, ao ponto de se constituir numa referência ou num marco para a memória individual ou institucional.

De toda forma, o que se pode afirmar é que a apropriação que a indústria automobilística faz do princípio da sustentabilidade é tardia. Na agenda dos movimentos ambientalistas que surgem nos países capitalistas avançados, a preocupação com as questões ambientais e a consequente ideia de sustentabilidade surge nos anos 1960. Por sua vez, é posteriormente aos movimentos ambientalistas dos anos 1960 que as questões ambientais começam a entrar na agenda e na pauta de instituições intergovernamentais.

A tese relativa aos limites do crescimento (Clube de Roma) foi referência importante para a entrada do princípio da sustentabilidade na agenda internacional. É como se a ideia de desenvolvimento sustentável fosse o contraponto, a alternativa para a tese do crescimento.

Curiosamente, é a partir da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, ou Rio + 10, realizada em Johannesburgo, África do Sul, em 2002, que a indústria automobilística introduz em seu quadro de referências as “Diretrizes Ambientais”. Tudo isso não é mera coincidência. Com o agravamento da questão ambiental, como já mencionado, a meta da “Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável” não era mais fazer diagnósticos ou estabelecer princípios genéricos, mas criar mecanismos de pressão para que as legislações nacionais sobre meio ambiente e sobre as atividades industriais poluentes se efetivassem. Como as grandes indústrias automobilísticas estão instaladas em todas as partes do mundo, e como o automóvel é um produto cada vez mais global, é inevitável que ela, de algum modo, buscasse responder aos imperativos da “Cúpula Mundial”. Todavia, essa relativa coincidência entre o fórum de 2002 e o aparecimento do princípio da sustentabilidade na indústria automobilística não significa de modo algum uma sintonia direta entre as elaborações da “Cúpula Mundial” e as apropriações da indústria. Há mediações entre os dois acontecimentos que são feitas por organizações privadas internacionais ligadas a procedimentos de certificação e de indexação de empresas.

O fato é que o aparecimento da ideia de sustentabilidade na indústria automobilística é um acontecimento tardio e decorrente de outros acontecimentos externos. É tardio quando comparado tanto com a difusão de notícias relativas ao agravamento da questão ambiental no mundo, em decorrência da poluição industrial, quanto com os movimentos sociais ambientalistas dos anos 1960 e com os diagnósticos e orientações provenientes das conferências internacionais convocadas pela ONU, que começam a partir de 1972.

A apropriação que a indústria automobilística faz da ideia de sustentabilidade não constitui, portanto, uma iniciativa espontânea. É uma apropriação reativa e

resultado das pressões internacionais expressas em legislações nacionais. Além disso, essa apropriação tardia, reativa, lenta e resultante de pressões externas é que permite entender a dificuldade que os entrevistados tiveram em precisar uma data ou circunstância que marcasse essa eventual mudança de postura.

É interessante também pensar num paralelo entre o modo como transcorreu, e ainda transcorre, o processo de institucionalização intergovernamental da questão ambiental e do princípio da sustentabilidade e o processo de empresarialização da sustentabilidade na indústria automobilística. Como já mencionado, entre a “Cúpula da Terra” de 1972 e a “Cúpula Mundial” de 2002 transcorreram 30 anos, e as avaliações realizadas pela ONU indicavam que, durante esse tempo, não houve mudanças e nem resultados positivos com relação à temática. Ou seja, princípios e orientações genéricas não foram suficientes para mudar comportamentos e atitudes capazes de reverter o cenário de degradação ambiental.

É no final do século XX que o grupo automobilístico que foi pesquisado estabeleceu suas “diretrizes ambientais”, constituídas por um conjunto de princípios e orientações. Isso permite indagar: teria o processo de empresarialização da sustentabilidade uma trajetória semelhante à da institucionalização da sustentabilidade no âmbito das instituições governamentais internacionais? Em outras palavras, teriam tais “diretrizes ambientais” força suficiente para mudar a cultura empresarial da indústria das indústrias e conduzi-la a uma mudança nos processos de concepção, projeção e fabricação de automóveis?

Os resultados apurados nessa pesquisa certamente não permitirão conclusões definitivas acerca dessas questões, principalmente porque tais esclarecimentos demandam uma empiria que vá além do exame de documentos e de entrevistas. Entretanto, ainda que insuficientes, as informações apuradas nas entrevistas podem lançar algumas pistas para a reflexão sobre tais questões.

Mas uma pista interessante, e que pode ser adotada para uma reflexão tanto sobre a data quanto às circunstâncias que definem a apropriação da sustentabilidade pela indústria automobilística, está numa associação feita por quase todos os entrevistados. A propósito, a associação que será mencionada parece ser bastante esclarecedora também sobre o conteúdo ou o significado que a ideia de sustentabilidade adquire na sua versão empresarial. No processo da entrevista, a indagação persistente sobre o momento em que a indústria automobilística se apropriou da ideia de sustentabilidade obteve a seguinte resposta:

Isso já tem bastante tempo porque a [...] é uma empresa que já está cotada no índice Dow Jones de Sustentabilidade há mais de 10 anos e ela é, hoje, a única montadora que já ganhou alguns prêmios do índice Dow Jones. (Sujeito 1)

O conteúdo elucidativo desse trecho da entrevista está na referência ao Dow Jones Sustainability Index. Essa referência ajuda a esclarecer tanto a temporalidade quanto as circunstâncias e, principalmente, o significado de sustentabilidade na versão apropriada pelo mundo dos negócios. Mas isso remete a um

entendimento do que é o referido Dow Jones Sustainability Index.

O Dow Jones Sustainability Index World é um indicador global de performance financeira, ou seja, um indicador vinculado à Bolsa de Valores de Nova York, que cumpre a finalidade de posicionar empresas de capital aberto e orientar investidores financeiros ou investidores em ações empresariais. Esse indicador foi lançado no ano de 1999, como primeiro indicador do desempenho financeiro das empresas líderes em sustentabilidade em nível global. Para as empresas de capital aberto, figurar no Dow Jones Sustainability Index World representa uma classificação na condição de empresas capazes de criar valor para os acionistas, a longo prazo, através de uma gestão dos riscos associados tanto a fatores econômicos, como ambientais e sociais. Esse índice cumpre, pois, uma função mediadora entre as empresas de capital aberto e os investidores em ações nas bolsas de valores. É por isso que o Dow Jones Sustainability Index World é vinculado à Bolsa de Valores de Nova York. Para a empresa, figurar no Index equivale tanto a agregar valor quanto a aumentar as possibilidades de venda de suas ações. Para o investidor, o Index é uma referência que minimiza os riscos do investimento e isso se torna tanto mais relevante quanto mais vulnerável e precário é o equilíbrio econômico internacional.

Mas é o entendimento dos fatores que são considerados na classificação das empresas no Dow Jones Sustainability Index que permite entender duas outras questões. A primeira tem a ver com a abrangência do significado de sustentabilidade no mundo dos negócios. A segunda questão permite entender porque o fator ambiental, ao lado do fator econômico e social, passa a figurar como referência na indicação da solidez de uma empresa de capital aberto, algo que está diretamente relacionado com as definições da “Cúpula Mundial” de 2002.

O Dow Jones Sustainability Index é publicado anualmente por uma organização chamada RobecoSAM.¹ A propósito, a Dow Jones & Company elabora e publica anualmente três índices de sustentabilidade: um global, um para a Europa e outro para a América do Norte. O primeiro é o Dow Jones Sustainability World Index, que reúne, por 59 setores econômicos, as empresas, consideradas no nível global, que se encontram nos primeiros 10% da tabela. O segundo é o Dow Jones STOXX Sustainability Index e Dow Jones EURO STOXX Sustainability Index, que é o indicador para os investimentos sustentáveis na Europa e que reúne as empresas líderes em termos de sustentabilidade dentro da Zona Euro. O terceiro é o Dow Jones Sustainability North America Index (DJSI North America), que reúne as empresas nos primeiros 20% da tabela, considerando as 600 maiores da América do Norte no Dow Jones World Index. O Dow Jones Sustainability United States Index (DJSI United States) é um subconjunto do DJSI North America, que considera apenas os Estados Unidos da América.

Pelo que consta no sítio eletrônico da RobecoSAM, os índices são baseados em métodos de “Avaliação de Sustentabilidade Empresarial” internacionalmente

¹ Todas as informações aqui apresentadas acerca do Dow Jones Sustainability Index World foram extraídas e reelaboradas a partir do endereço eletrônico da RobecoSAM: <<http://www.sustainability-indices.com/sustainability-assessment/index.jsp>>. Acesso em janeiro de 2016.

reconhecidos. A expressão utilizada já é uma importante referência para a captura do significado de sustentabilidade: trata-se de sustentabilidade empresarial e não de sustentabilidade ambiental. Segundo a RobecoSAM, o método de avaliação da sustentabilidade empresarial cruza aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Mas há outras expressões significativas para o entendimento da versão mercantil da sustentabilidade. Ao apresentar publicamente a finalidade e o funcionamento da “Avaliação de Sustentabilidade Empresarial”, a Dow Jones & Company afirma: “[...] investidores estão cada vez mais reconhecendo a importância da sustentabilidade corporativa e estão explorando maneiras de integrar fatores sociais e de governança ambiental nas suas estratégias de investimento”² (Grifos nossos).

E a que se deve essa descoberta pelos investidores da importância da sustentabilidade corporativa? Segundo a Dow Jones & Company:

Ao analisar o desempenho de sustentabilidade corporativa, os investidores podem obter uma melhor compreensão da qualidade da gestão e futuro potencial de desempenho de uma empresa. Isso, por sua vez, permite que os investidores identifiquem oportunidades de investimento que possam gerar valor a longo prazo. Em suma, um foco na sustentabilidade leva a decisões de investimento mais bem informadas.³ (Grifos nossos).

As expressões grifadas pertencem ao repertório conceitual que define o significado de sustentabilidade na Biologia e na Ecologia. Isso legitima a tese, tal qual mencionado em outras partes deste relatório, de que a empresarialização da sustentabilidade equivale a uma apropriação da sustentabilidade. Apropriar não significa imitar e nem copiar, mas transpor de um ambiente a outro, por meio de adaptações, ou seja, equivale a reinventar ou reelaborar. A ideia de sustentabilidade pertence ao repertório das ciências naturais, e é trazido à tona pelo pensamento ambiental como referência para a crítica e resistência aos riscos do crescimento econômico, urbano e industrial sem limites. O universo empresarial se apropria dessa noção, oriunda do pensamento ambiental, e a reelabora, redefinindo tanto seu conteúdo quanto sua abrangência.

Como, porém, a Dow Jones & Company justifica essa capitalização do fator ambiental ou essa elevação do fator ambiental à condição de referência na definição do grau de solidez de empresas de capital aberto? Para esclarecer essa questão, o sítio eletrônico da RobecoSAM apresenta a ideia de “sustentabilidade corporativa”:

Sustentabilidade Corporativa é uma abordagem de negócios que

2 Disponível em: <<http://www.sustainability-indices.com/sustainability-assessment/index.jsp>>. Acesso em janeiro de 2016.

3 Disponível em: <<http://www.sustainability-indices.com/sustainability-assessment/index.jsp>>. Acesso em janeiro de 2016.

cria valor de longo prazo para os acionistas ao abraçar as oportunidades e gerenciar os riscos decorrentes da evolução econômica, ambiental e social.⁴

A sustentabilidade corporativa está baseada em dois princípios orientadores:

- Práticas de negócios sustentáveis são fundamentais para a criação de valor a longo prazo para os acionistas, em um mundo de recursos cada vez mais limitados;
- Fatores de sustentabilidade representam oportunidades e riscos que empresas competitivas devem abordar.⁵

Mas, afinal, numa cultura mercantil que sempre se pautou pelo pragmatismo e pelo imediatismo, porque o longo prazo se torna referência de solidez do negócio e um critério de definição de investimentos no mercado financeiro? A resposta a essa questão revela mais uma faceta da apropriação do conceito de sustentabilidade, na qual o longo prazo e a preocupação com o futuro tornam-se referências: “Megatendências sobre sustentabilidade estão mudando o nosso mundo e tendo um impacto mensurável sobre as linhas superior e inferior das empresas”.⁶

A propósito, essa questão do “longo prazo” parece ser a mais relevante mudança que surge no mundo dos negócios, uma mudança na cultura dos grandes grupos econômicos que desponta em função do agravamento das questões ambientais em abrangência global. Isso, é claro, faz parte de uma economia cada vez mais globalizada, mas também parece ser uma atitude reativa do mundo dos negócios às pressões sobre os governos nacionais, oriundas das conferências internacionais sobre meio ambiente convocadas pela ONU.

Desafios de longo prazo, tais como a escassez de recursos, mudanças demográficas e as alterações climáticas estão a redefinir as expectativas da sociedade, políticas públicas, marcos regulatórios e, conseqüentemente, ambientes de negócios e resultados de investimento.⁷ (Grifos nossos)

Como indicam os termos grifados, as pressões internacionais sobre os governos nacionais induzem redirecionamentos de políticas públicas e condicionam marcos regulatórios que estabelecem limites para a exploração predatória de re-

4 Disponível em: <<http://www.sustainability-indices.com/sustainability-assessment/index.jsp>>. Acesso em janeiro de 2016.

5 Disponível em: <<http://www.sustainability-indices.com/sustainability-assessment/index.jsp>>. Acesso em janeiro de 2016.

6 Disponível em: <<http://www.sustainability-indices.com/sustainability-assessment/index.jsp>>. Acesso em janeiro de 2016.

7 Disponível em: <<http://www.sustainability-indices.com/sustainability-assessment/index.jsp>>. Acesso em janeiro de 2016.

cursos naturais. Nesse sentido:

A qualidade da estratégia e gestão de uma empresa, e seu desempenho ao lidar com oportunidades e riscos decorrentes de desenvolvimentos econômicos, ambientais e sociais podem ser quantificados e usados para identificar e selecionar empresas líderes para fins de investimento.⁸

É nesse sentido também que pode ser estabelecida uma relação entre o Dow Jones Sustainability Index e a elaboração das “diretrizes ambientais” no grupo automobilístico estudado. A elaboração do Index e a publicação anual do *ranking* dos grandes grupos econômicos, com base na “Avaliação de Sustentabilidade Empresarial”, constitui um divisor de águas, pelo menos no universo das grandes empresas de capital aberto, uma vez que o Index é divulgado pela Bolsa de Valores de Nova York como orientação aos investidores do mercado financeiro. Para uma empresa de capital aberto, como já mencionado, equivale a agregar valor às suas ações e ampliar o universo de investidores.

Portanto, a elaboração das “diretrizes ambientais” não resulta de um acontecimento interno à indústria automobilística e nem caracteriza algo que seja revelador de uma deliberação autônoma em favor das questões ambientais. É uma atitude orientada pela racionalidade econômica, diretamente derivada do mercado financeiro. Dispor de “diretrizes ambientais” é uma forma de atender aos critérios para inclusão no Dow Jones Sustainability Index. E, no universo de questões verificadas, uma gama de

[...] questões como conflitos laborais, acidentes, abusos dos direitos humanos ou catástrofes ambientais podem prejudicar a reputação da empresa, resultando em consequências financeiras que vão desde a perda de negócios, perda de clientes e queda nas vendas, para o passivo, litígios ou multas, as quais podem ter um impacto sobre o valor do acionista. O processo MSA analisa respostas das empresas a estas situações de crise ambientais, econômicas ou sociais que podem ter um impacto negativo em seu core business ou reputação.⁹

Além disso, os “[...] incidentes graves e violações que lançam sérias dúvidas sobre os procedimentos de uma empresa e sua capacidade de lidar com a situação podem ser escalados para o Comitê DJSI”.¹⁰

8 Disponível em: <<http://www.sustainability-indices.com/sustainability-assessment/index.jsp>>. Acesso em janeiro de 2016.

9 Disponível em: <<http://www.sustainability-indices.com/sustainability-assessment/index.jsp>>. Acesso em janeiro de 2016.

10 Disponível em: <<http://www.sustainability-indices.com/sustainability-assessment/index.jsp>>. Acesso em janeiro de 2016.

Uma comparação entre o conteúdo das “diretrizes ambientais” do grupo automobilístico pesquisado e os critérios utilizados pela RobecoSAM para avaliação da sustentabilidade empresarial e divulgação anual do Dow Jones Sustainability Index não deixa dúvidas de que a linguagem das diretrizes é orientada pelos critérios da RobecoSAM.

3. A PRESENÇA DA IDEIA DE SUSTENTABILIDADE NAS EMENTAS E NOS PROJETOS DE CURSOS DE ENGENHARIA DE INSTITUIÇÃO PRIVADA

Na atualidade, a sustentabilidade nas áreas de engenharia é a principal modificação que devemos considerar para mantermos vivo o planeta Terra. Cada vez mais se constata a vulnerabilidade dos recursos naturais e grande parte desses recursos é esgotável e não renovável. A necessidade de mudança nas indústrias e nos processos é iminente. Não é possível se pensar no crescimento econômico, em transformações e inovações tecnológicas sem se considerar a sustentabilidade e o meio ambiente. Levando em conta essa questão tão complexa, como as escolas de engenharia estão preparando seus alunos para atuarem na indústria sob a cultura da sustentabilidade?

A obrigatoriedade da inserção de questões ambientais nos projetos pedagógicos de cursos de engenharia já está definida por algumas resoluções do Conselho Nacional de Educação/Câmara de Educação Superior (CNE/CES). Por exemplo, nas Diretrizes Curriculares Nacionais de Cursos de Graduação em Engenharia, estabelecidas pela Resolução do CNE/CES de 11 de março de 2002, no item XI de seu art. 4º, exige-se que a formação do engenheiro deve ter por objetivo dotar o profissional de competências e habilidades para “avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental” (BRASIL, 2002). Essas Diretrizes estabelecem também que o perfil dos egressos de cursos de engenharia deve compreender uma sólida formação técnica, científica e profissional geral, “considerando seus aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais, com visão ética e humanística, em atendimento às demandas da sociedade” (BRASIL, 2002). Já a Resolução do CNE/CES nº 02, de 15 de junho de 2012, estabeleceu as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, passando a integrar o marco legal da Educação Ambiental no Brasil, apresentando-se como referência para a promoção da discussão acerca da sustentabilidade em todos os níveis e modalidades do ensino formal (BRASIL, 2012). Outras resoluções (BRASIL, 1981; BRASIL, 1999) e livros, como *Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade* (DIAS, 2011),¹¹ tratam amplamente do assunto sustentabilidade.

No Centro Universitário de Belo Horizonte (UniBH), instituição de ensino privada avaliada neste trabalho, os cursos de engenharia se sustentam em dois pilares básicos de conhecimento, Matemática e Física. Ao longo do percurso for-

11 Referência com maior citação da área, 822 citações, de acordo com o Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br>, acesso em 18 jun. 2016).

mativo do aluno, todas as atividades intrínsecas dos cursos são orientadas por cinco eixos:

1. centralização no aluno (aprendizado experiencial),
2. método científico,
3. sustentabilidade e meio ambiente,
4. articulação entre teoria e prática, e
5. trabalho autônomo e em equipe.

Em termos concretos, questões envolvendo sustentabilidade são discutidas, majoritariamente, nas disciplinas de Projeto Interdisciplinar nos cursos de engenharia. Além dessas, outras disciplinas, como Gestão Ambiental, Construções Sustentáveis e Engenharia Ambiental e Tratamento de Resíduos, fazem parte da matriz curricular de algumas engenharias (Ambiental, Química e Civil) e também tratam de sustentabilidade.

Avaliamos como efetivamente as questões envolvendo sustentabilidade se transformaram em projetos reais, desenvolvidos nas disciplinas de Projeto Interdisciplinar, e buscamos responder às seguintes perguntas: a) a sustentabilidade nos cursos de engenharia de uma instituição privada é uma questão abstrata ou se transformou em produto concreto, saindo do discurso e indo realmente para a prática? b) qual o percentual de trabalhos dos cursos de engenharia dessa instituição foi produzido com tema central envolvendo sustentabilidade? c) ao longo dos anos, qual foi a tendência de produção de trabalhos com o tema sustentabilidade nos cursos de engenharia da instituição?

3.1 A DISCIPLINA PROJETO INTERDISCIPLINAR – PI

A disciplina Projeto Interdisciplinar (PI) tem como objetivo primário promover a interdisciplinaridade dentro e fora da sala de aula. A disciplina é uma proposta de prática de caráter interdisciplinar, cujo tema está diretamente relacionado à formação de habilidades (específicas e globais) e competências do curso e de competências descritas nas Diretrizes Curriculares Nacionais, de modo a corroborar com a formação profissional, humana e cidadã dos alunos da instituição, ajudando-os na sua inserção político-social. Adota, ainda, como princípio, o papel ativo dos estudantes na construção do conhecimento, em que o processo de aquisição do saber é mais importante que o saber em si. A inclusão da disciplina na estrutura curricular dos cursos vem propiciar, através da elaboração coletiva e da troca de experiências necessárias à sua realização, uma constante avaliação e revitalização dos processos de ensino e aprendizagem, levando os professores a se organizarem para planejar suas ações, avaliar suas consequências e replanejá-las. Os alunos trabalham de forma sistemática, organizada e solidária em grupos, tanto em sala de aula quanto em outros espaços de aprendizagem, visando a construir sua autonomia acadêmica, intelectual, política e profissional.

O trabalho é desenvolvido em todos os períodos ou módulos cujas matrizes

curriculares contemplem a disciplina Projeto Interdisciplinar. Para tal, os alunos são orientados pelo professor da disciplina sobre as regras de construção, apresentação e avaliação do trabalho interdisciplinar, estabelecidas no edital da disciplina, atualizado semestralmente. Os projetos são desenvolvidos, obrigatoriamente, em grupos de no mínimo três e no máximo oito alunos participantes, sem interferência prévia dos professores e coordenadores de curso, tanto na composição dos grupos quanto na manutenção de seus membros, cabendo aos alunos a responsabilidade pela gestão de um grupo solidário, ético e responsável para com suas atividades acadêmicas.

Todos os trabalhos são elaborados a partir de atividades em classe, sob orientação do professor de PI, com a coorientação dos demais docentes das disciplinas que compõem o módulo ou período, bem como em atividades de estudo e pesquisas realizadas fora de sala de aula, de acordo com os horários disponibilizados para tal finalidade para cada turma. O produto final, correspondente à modalidade e ao tema/eixo específicos para cada turma, consta de um documento escrito, com estrutura textual e formatação gráfica de acordo com normas estabelecidas, e tanto o produto quanto esse relatório final serão utilizados para apresentação oral a uma banca examinadora. Um produto de PI deve ser a concretização de todo o processo interdisciplinar, mostrando de forma explícita que o resultado obtido foi além da revisão da literatura. Alguns exemplos de produto:

- a) resultados experimentais;
- b) resultados de pesquisa de opinião;
- c) produto químico (ex.: cachaça, licor, xampu, etc.);
- d) algoritmo, sistema computacional / programa de computador;
- f) página da web;
- g) maquete, protótipo, fluxograma, mapas, cartogramas;
- i) manual de orientações (cartilhas);
- k) projeto arquitetônico ou de urbanismo;
- l) projeto industrial, leiaute (arranjo físico), etc.

Todos os projetos interdisciplinares têm início e término num único semestre, com a geração de um produto definido, como nos exemplos anteriores, sendo apresentados durante o evento denominado Circuito Acadêmico. O exame dessas apresentações permitiu obter o perfil dos projetos interdisciplinares, com a identificação daqueles trabalhos que continham a presença da ideia de sustentabilidade nas engenharias.

Os cursos de engenharia da instituição pesquisada têm, em média, 3.764 horas de carga-horária total, sendo que pelo menos 12% dessa carga-horária envolvem disciplinas nas quais a sustentabilidade é presença marcante nas respectivas ementas (Figura 1). Em termos dos trabalhos produzidos pelos alunos nos Projetos Interdisciplinares, entre 2013 e 2016 (Tabela 1 e Figura 2), percebe-se uma pequena redução no percentual de projetos envolvendo explicitamente sustentabilidade, que passou de aproximadamente 1/3 em 2013 e 2014 para 1/4 dos trabalhos em 2015-2016. É interessante que, de forma semelhante ao que ocorreu

na instituição, observa-se na internet uma redução na produção de páginas sobre sustentabilidade a partir de 2013 (Figura 3). De toda forma, esse continua sendo tema importantíssimo nos projetos realizados nos cursos de engenharia, principalmente para a Engenharia Ambiental (Figura 4).

Figura 1 – Percentual da carga-horária de cursos de engenharia com ênfase em sustentabilidade: em média, 617 horas-aula de disciplinas envolvem o tema (14% da carga-horária dos cursos).

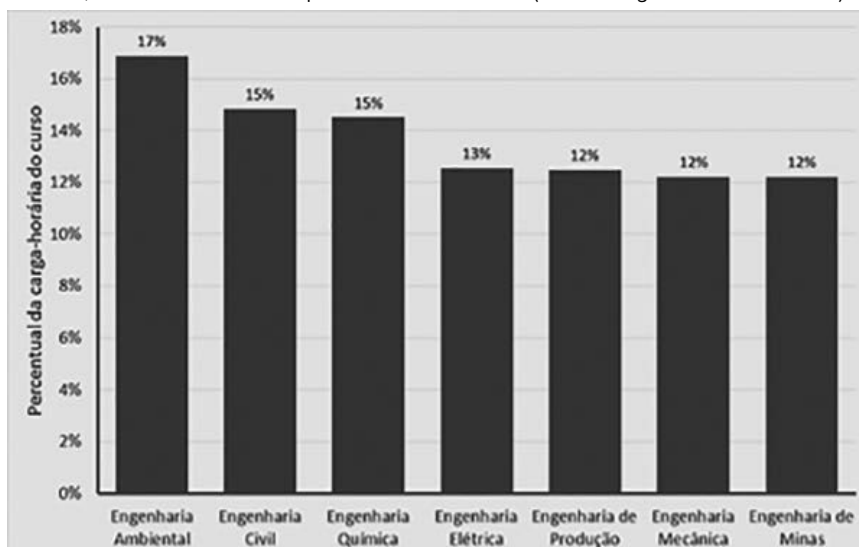


Tabela 1 – Análise dos trabalhos desenvolvidos nos Projetos Interdisciplinares entre 2013 e 2016: praticamente 1/4 dos projetos (27%) envolve o tema sustentabilidade.

Semestre	Número de trabalhos apresentados no Circuito Acadêmico	Número de trabalhos com ênfase em temas de sustentabilidade	Percentual de trabalhos com ênfase em temas de sustentabilidade
2013-01	525	148	28%
2013-02	558	185	33%
2014-01	576	185	32%
2014-02	594	184	31%
2015-01	641	136	21%
2015-02	571	139	24%
2016-01	508	115	23%
Total	3.973	1.092	27%

Fonte: elaboração dos autores.

Figura 2 – Tendência de trabalhos nos Projetos Interdisciplinares envolvendo sustentabilidade: entre 2013 e 2016 houve pequena redução no percentual de projetos tratando de sustentabilidade.

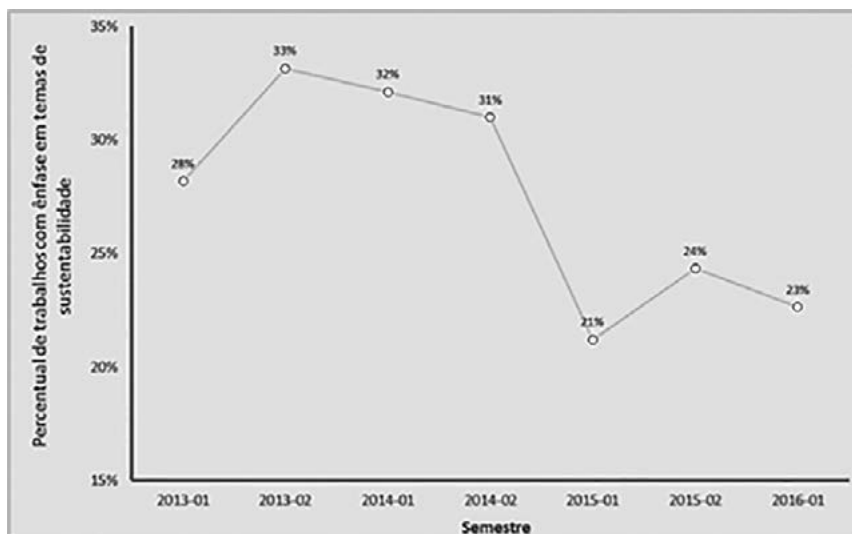


Figura 3 – Tendência do número de publicações detectadas pela ferramenta Google Trends para os temas “sustainability engineering” e “sustentabilidade engenharia”: observa-se uma redução a partir de 2013 nas publicações sobre sustentabilidade na internet.

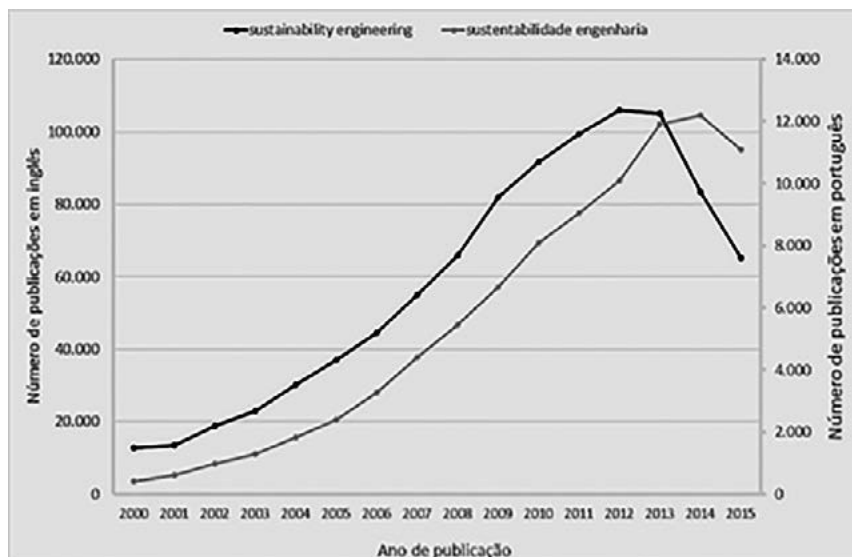
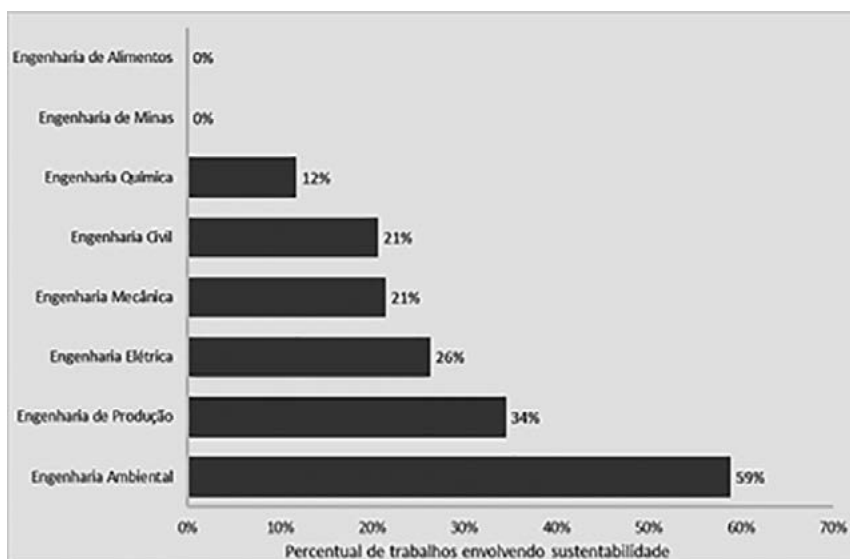


Figura 4 – Percentual de trabalhos de Projetos Interdisciplinares envolvendo sustentabilidade em 2016/1: análise por curso.



Avaliando como efetivamente as questões envolvendo sustentabilidade se transformaram em projetos reais, desenvolvidos pelos alunos e professores de cursos de engenharia nessa instituição privada, chegou-se às seguintes respostas:

- a)** a sustentabilidade nos cursos de engenharia é uma questão abstrata ou se transformou em produto concreto, saindo do discurso e indo realmente para a prática? Definitivamente, nos cursos de engenharia avaliados, a sustentabilidade saiu do discurso e foi para a prática.
- b)** qual o percentual de trabalhos dos cursos de engenharia foi produzido com tema central envolvendo sustentabilidade? Em média, 27% dos 1.092 Projetos Interdisciplinares produzidos entre 2013/1 e 2016/1 envolvem sustentabilidade. Para a Engenharia Ambiental, a maioria absoluta dos projetos (59%) envolve o tema sustentabilidade.
- c)** ao longo dos anos, qual foi a tendência de produção de trabalhos com o tema sustentabilidade nos cursos de Engenharia? Houve uma pequena redução no percentual de projetos envolvendo sustentabilidade, que chegou a 33% em 2013/2, caindo para pouco mais de 20% a partir de 2015.

Pode-se, então, inferir que a inserção das disciplinas de Projeto Interdisciplinar nos cursos de engenharia foi decisiva para que o assunto sustentabilidade deixasse de ser teoria para se transformar em produtos concretos de trabalhos práticos dos alunos.

4. A IMPORTÂNCIA DA FORMAÇÃO AMBIENTAL NA ENGENHARIA E O CONCEITO DE “SUSTENTABILIDADE”

Os crescimentos industrial e econômico, até meados do século XX, eram considerados prioridades, tanto no capitalismo como no socialismo. No entanto, é com a americanidade que ocorrem mudanças significativas para a sociedade mundial, a “virada civilizatória, um acontecimento radical com desdobramentos múltiplos: na economia, na política, na sociedade, na cultura, na ciência ou na tecnologia. Tudo isso com fortes repercussões para a degradação ambiental” (PE-DROSA *et al.*, 2016, p. 10). Sobre esse tema, Leff (2001) declara que os problemas ambientais emergem na mesma época, em decorrência dos processos de modernização e das teorias econômicas, sinal de uma crise marcada pelo eloquente poder do desenvolvimento tecnológico prejudicando a organização da natureza.

Percebe-se que a apologia ao crescimento econômico, industrial, demográfico e o estímulo exacerbado ao consumo acarretarão a escassez de recursos naturais, desastres ambientais, gerando, dessa forma, a preocupação crescente da sociedade com o meio ambiente e a qualidade de vida, sentimento despertado na década de 1960, por Rachel Carlson, com o livro *Primavera silenciosa*. Os anseios adquirem maior proporção no cenário mundial devido a desastres ambientais provocadas pelo desenvolvimento no promissor século XX, como o desastre de Minamata (1956) e o naufrágio do petroleiro Torrey Canyon (1959).

Frente ao desastroso cenário ambiental traçado pelos rumos do desenvolvimento e às pressões sociais, “surge a busca de um conceito capaz de ecologizar a economia, eliminando a contradição entre crescimento econômico e preservação da natureza” (LEFF, 2001, p. 18), o desenvolvimento sustentável.

Muitas vezes, os termos “sustentabilidade” e “desenvolvimento sustentável” são utilizados como sinônimos, no entanto, vale ressaltar suas diferenças. Souza (2010) diferencia a sustentabilidade do desenvolvimento sustentável ao abordar que “a sustentabilidade refere-se à capacidade de manter algo em um estado contínuo, o desenvolvimento sustentável envolve processos integrativos que buscam manter o balanço dinâmico de um sistema complexo em longo prazo” (p. 34). Muncck e Souza (2009) complementam, ao citar que o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade possuem os mesmos objetivos, embora o desenvolvimento sustentável seja considerado uma meta mais extensa que a sustentabilidade: “A sustentabilidade compõe, assim, ações mais objetivas que propiciam o alcance de um desenvolvimento sustentável” (SOUZA, 2010, p. 37). O autor conclui “que o desenvolvimento sustentável é composto por inúmeras sustentabilidades, dentre elas a sustentabilidade das organizações, ou sustentabilidade organizacional” (p. 37).

O termo desenvolvimento sustentável é considerado polissêmico, pois “passa a condicionar posições e medidas de governos, empresários, políticos, movimentos sociais e organismos multilaterais” (NASCIMENTO, 2012, p. 51). A autora retrata que o termo se tornou um campo de disputa, tal como aborda Bourdieu, “com múltiplos discursos que ora se opõem, ora se complementam” (*ibid*). Cita alguns autores para exemplificar essa contradição, tal como Redclift (1987), que

considera o termo uma ideia poderosa, embora Richardson (1997) o considere uma fraude, pois, segundo o autor, tenta esconder a limitação dos recursos naturais e as peculiaridades do desenvolvimento industrial.

Percebe-se em cada discurso a defesa de suas posições, ora colocando a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável como formas de salvação para o meio ambiente, frente aos processos produtivos vigentes, ora os apresentando como uma falácia posta pela ordem econômica dominante para usufruir da natureza como mero recurso de produção, institucionalizando a forma predatória do desenvolvimento contemporâneo.

Pode-se observar que existem ideias contrárias, todavia, o presente artigo adota os conceitos do desenvolvimento sustentável e da sustentabilidade organizacional como referência, sendo que o objetivo é demonstrar a importância da formação ambiental para os engenheiros, que, assim, serão capazes de consolidar e pôr em prática nas organizações os discursos que envolvem esses conceitos, ou seja, proporcionar às gerações futuras a oportunidade de satisfazerem suas necessidades.

O desenvolvimento sustentável é composto por cinco pilares: social, ambiental, territorial, econômico e político (SACHS, 2004). Com a degradação ambiental, o desenvolvimento sustentável, limitado ao ecodesenvolvimento, adquiriu avanços conceituais e epistemológicos, ele “obedece ao duplo imperativo ético da solidariedade com as gerações presentes e futuras, e exige a explicação de critérios de sustentabilidades sociais, ambientais e de viabilidade econômica” (p. 36). Assim, o desenvolvimento sustentável está ancorado nos pilares da sustentabilidade econômica, ambiental e social, na busca da equidade das dimensões envolvidas, ou seja, almeja o crescimento econômico, a preservação dos recursos naturais, a geração de emprego digno e a redução da pobreza; atende as demandas presentes e preserva a ética com as gerações futuras.

Na década de 1990, emerge a ideia de sustentabilidade organizacional para adaptar as empresas à nova ordem. Elkington (1999) relata que a sustentabilidade é reconhecida pelas organizações quando essas percebem sua importância para os negócios, pois o empobrecimento dos consumidores e a degradação ambiental dificultarão – e, no limite, inviabilizarão – o mercado, sendo que as organizações precisam de estabilidade para atuar. Desse modo, o autor propõe um modelo correlacionado ao conceito do desenvolvimento sustentável, o *triple bottomline*, que fomentará a prática e o discurso da empresarialização da sustentabilidade. O modelo proposto abrange e requer o equilíbrio entre os três pilares: econômico, ambiental e social; pretende-se, dessa forma, harmonizar os interesses do capital, da sociedade e do meio ambiente.

4.1 A FORMAÇÃO AMBIENTAL E A ENGENHARIA

O papel dos engenheiros é fundamental para proporcionar o equilíbrio entre os pilares da sustentabilidade organizacional, tendo em vista que “cabe aos tec-

nólogos, e não apenas às agências governamentais reguladoras, preocupar-se com a segurança e pensar nas ‘consequências remotas’, sendo capazes de avaliar criticamente os programas que lhes são dados a implementar” (GOODMAN’S, p. 88, 1984 *apud* BURSZTYN, 2002, p. 20), levando em consideração os princípios da precaução diante dos riscos e desastres ambientais provenientes das indústrias. Segundo o mesmo autor, a formação acadêmica do tecnólogo deve conter elementos das ciências sociais, naturais, do direito, belas artes e medicina.

Leff (2001) corrobora essa proposição ao declarar que os aspectos sociais introduzidos no saber ambiental farão a articulação entre o espaço geográfico e as categorias sociais, políticas, econômicas, culturais e também os elementos naturais; esses estão ligados aos processos produtivos de uma formação social.

Ora, o desenvolvimento desses aspectos sociais propiciará aos engenheiros conhecimento interdisciplinar que aguçará a visão holística sobre seu trabalho; terão, assim, a consciência de que cada tecnologia desenvolvida refletirá na sociedade, bem como o entendimento de que “a interdisciplinaridade é mais que a soma das ciências e dos saberes herdados; implica a problematização e a transformação dos conhecimentos pela emergência do saber ambiental” (LEFF, 2001, p. 248).

A formação ambiental é base para o êxito da sustentabilidade organizacional. Loureiro (2012 *apud* LOPES, 2014, p. 54) contribui com a discussão ao afirmar que a “a relação entre sustentabilidade e educação aparece frequentemente como caminho (quando não como salvação), em prol de patamares mais dignos de existência humana e proteção ambiental”.

A formação do engenheiro deve estar relacionada às necessidades da vida contemporânea (LOPES, 2014), e não visar apenas à aquisição de competências técnicas ou de gestão. As decisões que são tomadas dentro de uma indústria podem impactar diretamente na vida da sociedade e no meio ambiente, além de produzir impactos econômicos tanto na organização como na comunidade local. Por isso, “o engenheiro deve ser capaz de julgar consciente e criteriosamente suas opções” (p. 88).

Entende-se, desse modo, que o êxito do modelo da sustentabilidade organizacional proposto por Elkington vai além da sua empregabilidade dentro das empresas, já que a transformação social começa na educação, com a possibilidade de adquirir “competências de fundo”¹² (ZARIFFIAN, 2012) essenciais para eventos relativamente imprevistos. Gadotti (2009 *apud* LOPES, 2014) afirma que a educação para a sustentabilidade vai além do aprendizado técnico, relacionado ao meio ambiente; o processo de formação deve proporcionar “a aprendizagem de atitudes, de perspectivas e de valores que orientem e impulsionem as pessoas a viverem mais sustentavelmente” (p. 59).

Infere-se que profissionais como os engenheiros precisam desenvolver competências abrangentes, por meio da formação e da empiria, para lidar com a sustentabilidade organizacional e seus imprevistos.

12 “Competências adquiridas na relação educativa [...]. Essas aquisições cristalizam-se em um certo número de campos privilegiados [...]” (ZARIFFIAN, 2012, p. 175).

Para enfrentar situações imprevistas, ou “problemas e enigmas que circundam o homem e suas experiências”, Tonini (2011, p. 4) remete à formação generalista do engenheiro, que incide na busca de conhecimentos para além das teorias, num determinado contexto produtivo que será capaz de oferecer matrizes explicativas para as situações-problemas, os enigmas. A autora trata, também, da importância da formação crítica; essa ocorre quando o engenheiro é capaz de ordenar os conhecimentos de forma estruturada e com prioridade para a formação, tendo, dessa forma, competência para lidar com os anseios quanto à sustentabilidade organizacional.

A formação ambiental é fundamental não apenas para os estudantes e egressos, já que, na verdade, ela deve perpassar os muros das universidades e “[...] desempenhar o importante e fundamental papel de promover e estimular a aderência das pessoas e da sociedade, como um todo, a esse novo paradigma” (DIAS, 2004, p. 94), formando não apenas profissionais capazes de estimular o desenvolvimento sustentável, mas toda uma geração em prol de um benefício civilizatório.

Desse modo, percebe-se que a sustentabilidade, no mundo contemporâneo, ganha mais relevância no contexto econômico, ela não remete apenas à garantia do futuro das próximas gerações, mas à garantia do futuro das próprias organizações – tal como ocorrido em 2015, no acidente da Samarco e na fraude da Volkswagen, que pode colocar em risco o futuro dessas empresas. Portanto, a sustentabilidade organizacional adquiriu maior dimensão na modernidade e passa a ser incorporada no cotidiano e na formação dos engenheiros. Tendo em vista que a formação ambiental é condição *sine qua non* para o êxito dos ideais da empresarialização da sustentabilidade, será possível driblar o discurso insustentável que, muitas vezes, de forma dissimulada, tende ao pilar econômico; e, com isso, pôr em prática não apenas os conhecimentos técnicos sobre o meio ambiente, mas utilizar o conhecimento integrado do engenheiro para o desenvolvimento de projetos realmente sustentáveis.

5. A SUSTENTABILIDADE EM EMPRESAS DO SETOR SIDERÚRGICO

O avanço exponencial das tecnologias, seguido pela globalização das economias, faz emergir situações novas e problemas complexos que devem ser constante e corretamente identificados, delineados e estudados, para que sejam propostas soluções viáveis (FOLADORI, 2001; LEFF, 2003; DALY, 2004; ROMEIRO, 2013).

O fator tecnológico provoca profundas alterações na vida social, econômica, política e ambiental. Os produtos e processos envelhecem mais cedo e são rapidamente substituídos. A competição cresce e os mercados se ampliam, configurando o fenômeno que ficou conhecido como globalização (KRÜGER, 2003, p. 74).

As últimas quatro décadas ficaram marcadas pela conscientização a respeito da necessidade de profunda reflexão acerca do aumento exponencial das populações, do crescimento desmedido de certas economias, em detrimento da qualidade de vida da maioria das sociedades, da exaustão de recursos naturais disponíveis no planeta e da sobrecarga das capacidades de regeneração dos ecossistemas (DALY, 2004; LEFF, 2006; ARAÚJO *et al.*, 2007), apesar de perceptível agravamento nos problemas relacionados ao meio ambiente e às relações sociais.

Com os avanços tecnológicos advindos após a revolução industrial e o crescente aumento da população a atividade humana passou a causar impactos importantes e, em muitos casos, irreversíveis ao meio ambiente, e o que durante muito tempo foi visto como fonte inexaurível de recursos disponíveis para servir às necessidades do homem agora passa a ser alvo de preocupação, porquanto os recursos são limitados (ARAÚJO *et al.*, 2007, p. 3).

Fica patente que os setores empresariais, envolvidos pela realidade de um mundo globalizado, buscam assimilar o discurso da sustentabilidade e, por consequência, aplicar ações práticas de desenvolvimento sustentável (COELHO, 2012). Assim, o Centro de Estudos em Sustentabilidade da Fundação Getúlio Vargas de São Paulo aplicou um questionário, em 2011, a 158 empresas que estavam na linha de frente das práticas sustentáveis no Brasil, o que permite esta informação:

99% das companhias que responderam ao questionário neste ano se declararam formalmente comprometidas com o desenvolvimento sustentável. Dessas empresas, 91% incorporam esse compromisso em seu planejamento estratégico – 2 pontos percentuais acima do registrado no levantamento do ano anterior. A elevada proporção de empresas que incluem a sustentabilidade no planejamento estratégico indica que esse compromisso está deixando de ser apenas um discurso para tentar fazer parte do dia a dia dos negócios (BRITO, 2011, p. 2).

No tocante às empresas da área de siderurgia, responsáveis pela produção de ferro e aço, produtos largamente utilizados em setores importantes, como construção civil e indústria automobilística, salienta-se que:

[...] o Setor Metalúrgico apresenta expressiva importância no cenário econômico brasileiro, com vasta cadeia produtiva dos segmentos ligados à metalurgia, usinagem e produção de manufaturados metálicos, sendo base de outras atividades relevantes para o país, como a indústria automobilística, construção civil e bens de capital (ANUÁRIO ESTATÍSTICO, 2011).

Embora sejam contraditórios os benefícios e prejuízos sociais, ambientais e econômicos que trazem para as regiões onde se instalam, o Instituto Aço Brasil, em seu Relatório de Sustentabilidade 2012, salienta que:

[...] grandes empreendimentos geram expectativa de desenvolvimento econômico na região em que operam, como o aumento do nível de renda da população, o desenvolvimento do comércio e da infraestrutura, o recolhimento de impostos, além de outros benefícios para a localidade. Um dos reflexos positivos mais esperados de atividades como a produção do aço é a geração de empregos na localidade (AÇO BRASIL, 2012, p. 51).

Percebe-se uma argumentação tendenciosa, que não contempla a realidade em relação aos impactos (sociais, ambientais e econômicos) das indústrias siderúrgicas, apontadas constantemente como utilizadoras de trabalho predatório, insalubre e perigoso, consideradas a Resolução nº 237/97 e a Lei nº 10.165/2000.

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n.º 237/97 caracteriza a indústria metalúrgica, em que está inserida a atividade siderúrgica, como responsável por:

[...] fabricação de aço e de produtos siderúrgicos; produção de fundidos de ferro e aço/forjados/arames/relaminados com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia; metalurgia dos metais não-ferrosos, em formas primárias e secundárias, inclusive ouro; produção de laminados/ligas/ artefatos de metais não-ferrosos com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia; relaminação de metais não-ferrosos, inclusive ligas; produção de soldas e anodos; metalurgia de metais preciosos; metalurgia do pó, inclusive peças moldadas; fabricação de estruturas metálicas com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia; fabricação de artefatos de ferro/aço e de metais não-ferrosos com ou sem tratamento de superfície, inclusive galvanoplastia; têmpera e cementação de aço, recozimento de arames, tratamento de superfície (CONAMA, 1997, anexo 1).

A Lei nº 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, fins e mecanismos de formulação e aplicação, fundamentada nos incisos VI e VII do art. 23, e no art. 235 da Constituição Federal, tem preocupação com a proteção ao meio ambiente. No art. 4º, são encontradas referências ao desenvolvimento sustentável: “a Política Nacional do Meio Ambiente visará à compatibilização do desenvolvimento econômico social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico” (BRASIL, 1981).

A Lei nº 10.165/2000, que altera a Lei anterior e dispõe sobre a Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental (TCFA) e ainda sobre o teor do relatório anual de atividades, considera a indústria metalúrgica como atividade potencialmente po-

luidora (BRASIL, 2000).

Uma a análise da legislação nacional que norteia as empresas do setor siderúrgico acerca da sustentabilidade e também a leitura do último Relatório Anual ou de Sustentabilidade de três empresas siderúrgicas apontam que a legislação se apresenta favorável ao crescimento econômico das empresas e possibilita a adequada manutenção e conservação do meio ambiente e da sociedade localizada no entorno das empresas. Os relatórios de sustentabilidade mencionados foram devidamente identificados e analisados.

Na análise das diretrizes da Fundação Global Reporting Initiative (GRI), especificadas, representativas das práticas de sustentabilidade presentes nos relatórios de sustentabilidade dessas empresas, foram identificadas preocupações tanto com a legislação e normatização quanto com as experiências práticas.

No que diz respeito às relações entre as diretrizes de sustentabilidade implementadas nessas empresas siderúrgicas e as diretrizes apontadas pela GRI como relevantes para o Relatório Anual de Sustentabilidade, o estudo realizado indicou evidências de que os relatos nem sempre acontecem com clareza, podendo, de alguma forma, comprometer o negócio das empresas.

Os quadros de análise das três empresas evidenciam mais preocupação com o pilar social na elaboração do Relatório de Sustentabilidade, pilar que foi desmembrado em quatro categorias na GRI: Práticas Trabalhistas e Trabalho Decente; Direitos Humanos; Sociedade; e Responsabilidade sobre o Produto ou Serviço. O pilar social apresentou 24 categorias e 45 subcategorias. O pilar ambiental apresentou nove categorias e trinta subcategorias; e o pilar econômico apresentou três categorias e nove subcategorias, caracterizando-se, portanto, como de menor impacto. Conforme foi constatado, há preocupação das organizações, como a GRI, de tentar minimizar as grandes diferenças sociais entre classes.

Desse modo, torna-se urgente a busca de uma lógica sustentável, que possibilite o equilíbrio entre o lucro financeiro da empresa e de seus investidores, o desenvolvimento da sociedade e a preservação ambiental (CORAL, 2002; RO-MEIRO, 2012). Essa busca é importante, por haver, no Brasil, necessidade de desenvolvimento econômico e social, em contradição com a exaustão e o risco de extinção de recursos naturais e de ecossistemas já pouco abundantes, além da poluição ambiental. Internacionalmente, pela necessidade de regulamentações mais rígidas que promovam o crescimento social e econômico de países historicamente subdesenvolvidos, visto que, em grande parte, os países desenvolvidos ou industrializados conquistaram seu desenvolvimento utilizando-se dos recursos naturais, antes abundantes, oriundos dos primeiros (DALY, 2004).

6. EDUCAÇÃO PARA A SUSTENTABILIDADE E PBL NO ENSINO DA ENGENHARIA: POSSIBILIDADES DE INTEGRAÇÃO

Em função das novas demandas impostas pelo atual modelo de desenvolvimento capitalista industrial, organizações empresariais adotaram o termo susten-

tabilidade organizacional para validar suas operações, visto que nesse momento histórico-social a questão ambiental é debatida e observada por parte de todos afetados por essas operações.

Como desdobramento natural dessas demandas, surgiu a necessidade de novos profissionais, principalmente na área de engenharia, que pudessem trazer respostas inovadoras para essas exigências.

Dessa forma, o ensino de engenharia foi afetado por esse novo pensamento de mercado e, dentro das universidades, esse efeito reverberou sob a forma de uma explosão dos cursos de engenharia com vertente ambiental.

No entanto, diante das tragédias ambientais ocorridas nos últimos anos, tanto no Brasil quanto no mundo, uma pergunta pode ser feita: as universidades e instituições de ensino superior vêm obtendo êxito na formação de engenheiros atentos aos aspectos ambientais do funcionamento organizacional e da produção industrial, e, assim, ambientalmente responsáveis e críticos? A resposta para essa pergunta ainda não está clara, porém, devemos repensar a formação profissional dos engenheiros na perspectiva de uma educação para a sustentabilidade, de fato, concreta e eficaz.

O PBL, como metodologia de ensino, apresenta algumas características que podem auxiliar os docentes nessa tarefa. O processo formativo do engenheiro pode ser potencializado com o uso de metodologias de aprendizagem ativa, buscando uma educação voltada para a sustentabilidade, que poderá trazer para o mercado uma nova geração de engenheiros, com habilidades mais desenvolvidas para lidar com os desafios vindouros.

6.1 CRISE ECOLÓGICA: UM RESGATE HISTÓRICO

No século XX, em particular no final dos anos de 1960, a questão ambiental começa a ser amplamente discutida. Uma inquietação sobre as consequências das formas de interação entre o ser humano e a natureza se torna presente em meio à comunidade científica.

As inquietações que se iniciaram de forma mais tímida na década de 60 ganharam força nos anos 70. Em 1972, o Clube de Roma, formado por pesquisadores de diversos países, publica o estudo *Limites do crescimento*, que alerta sobre a finitude dos recursos naturais e propõe o congelamento do capital industrial e do crescimento populacional como forma de se alcançar a estabilidade econômica e ecológica (MEADOWS *et al.*, 1972). A postura do crescimento zero foi uma forma de atacar um modelo de desenvolvimento em vigor, considerado imprudente e temerário por grande parte da comunidade científica. Esse estudo foi criticado por diversos intelectuais da época, principalmente intelectuais que defendiam o modelo de desenvolvimento industrial contínuo.

No mesmo ano, foi realizada a conferência de Estocolmo, indicativo da gravidade dos problemas ecológicos provocados pela configuração capitalista industrial do mundo. Pela primeira vez, a relação ser humano-natureza foi discutida em escala mundial. A partir da conferência de Estocolmo, o direito ambiental passa a

ser reconhecido como ramo jurídico e a questão ambiental passa a ser reconhecida de maneira ampla e formal pelas nações, assim como a necessidade de ações futuras associadas a questões ambientais (CAVALCANTI, 2003).

Em 1973, o conceito de ecodesenvolvimento é utilizado para caracterizar uma alternativa de política de desenvolvimento. Ignacy Sachs elenca e integra nessa nova concepção de desenvolvimento seis aspectos: a satisfação das necessidades básicas; a solidariedade com as gerações futuras; a participação da população envolvida; a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente em geral; a elaboração de um sistema social capaz de gerar emprego, segurança social e respeito a outras culturas e programas de educação (CAVALCANTI, 2003).

Uma das características do ecodesenvolvimento é a crítica da sociedade industrial (modernização industrial) como método de desenvolvimento, principalmente das regiões periféricas. As discussões em torno do ecodesenvolvimento, desde os trabalhos de Ignacy Sachs e de outros autores, culminaram na adoção do termo “desenvolvimento sustentável” (CAVALCANTI, 2003).

Para Sachs (2004), somente soluções que obedeçam ao imperativo ético da responsabilidade para as gerações presentes e futuras e que contemplem critérios de sustentabilidade social, econômica e ambiental merecem receber a denominação de “desenvolvimento”.

6.2 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, UNIVERSIDADES E EDUCAÇÃO AMBIENTAL

É possível perceber, principalmente no final da década de 90, uma movimentação das organizações em busca de modelos mais sustentáveis de produção. Essa busca se deu principalmente devido à exposição das empresas na mídia e a exigências mercadológicas. As organizações não podem mais atuar de uma forma isolada do contexto social e natural, e sua atuação necessita buscar um ponto de equilíbrio entre a geração de valor para os acionistas e a geração de valor para a sociedade.

Diante desse cenário, as organizações passam a exigir um modelo de profissional capaz de dar conta dessas novas demandas. Esses profissionais devem possuir competências para lidar com as questões relativas ao meio ambiente. Devem também possuir ferramentas para lidar com a ambiguidade produção x preservação ambiental de forma ética.

Nas universidades, a temática ambiental já era abordada desde a década de 70, quando também se nota um processo de internalização mais acentuado. Esse processo se deu inicialmente através de disciplinas isoladas na grade curricular de cursos de graduação, tais como: Engenharia Civil, Geologia, Biologia e Geografia, entre outros (REIS *et al.*, 2005).

Como foco de pesquisas, de acordo com Bursztyn (2004), as universidades brasileiras abordaram a temática ambiental somente a partir da década de 1980.

Na década posterior, justamente em decorrência de uma pressão da sociedade por empreendimentos mais sustentáveis e da necessidade das empresas de possuírem um certificado de gestão ambiental (ISO 14000), houve no país um aumento de cursos de graduação voltados para o meio ambiente. A busca pela certificação em gestão ambiental se deu para o atendimento de demandas externas. Além dos cursos de graduação em Engenharia Ambiental, no final dos anos 90, houve também um aumento de cursos sequenciais, tecnológicos e de graduação com a temática ambiental (REIS *et al.*,2005).

Nesse contexto, a educação ambiental ainda busca um discurso uniforme, pois a própria definição do termo não está clara. Existem divergências teóricas que podem ser explicadas pela multidisciplinaridade intrínseca ao seu processo de conceituação. A falta de coesão do discurso em torno da educação ambiental pode deixar brechas, e as múltiplas abordagens do tema permitem uma penetração maior de interesses econômicos avessos a essa estruturação na discussão (SOUZA, 2000).

Para além dos métodos, a dificuldade de se adotar um discurso coeso para a educação ambiental se encontra também na indefinição das finalidades, princípios e caminhos seletivos de seus conteúdos.

6.3 PBL E EDUCAÇÃO PARA SUSTENTABILIDADE

Apesar da inclusão da temática ambiental nos currículos das engenharias, a formação dos estudantes ainda possui uma lacuna: em geral, não há espaço para colocar os princípios da sustentabilidade em prática. Dentro de sala de aula, com o modelo pedagógico de ensino atual, fica difícil encontrar uma maneira efetiva para os estudantes aplicarem os saberes construídos, direcionando-os e utilizando-os na abordagem de problemas reais (STEINEMANN,2005).

O PBL (*Problem Based Learning*), conhecido no Brasil como “Aprendizagem Baseada em Problemas”, apresenta características importantes para facilitar o ensino e a aprendizagem dos conceitos atrelados ao desenvolvimento sustentável no ensino da engenharia.

De acordo com Ribeiro (2005), o PBL é uma metodologia de ensino-aprendizagem que tem como base a resolução de problemas reais. Essa metodologia favorece o desenvolvimento de habilidades profissionais ao promover uma interação entre teoria e prática, conectando, dessa forma, o mundo acadêmico ao mundo do trabalho.

Ao desenvolver atividades pautadas na solução de problemas, o estudante tem a oportunidade de agir, de ser criativo e demonstrar que seus conhecimentos estão além de ideias desconectadas. Mobilizando esses saberes, há por parte do estudante uma mudança de atitude, o que é um elemento importante na educação para a sustentabilidade.

A flexibilidade de implantação do PBL e seu caráter interdisciplinar favorecem a implementação da temática ambiental nos currículos de engenharia. O PBL foi elaborado inicialmente para ser adotado em todo o currículo, no entanto, não

existe uma forma engessada de aplicação da metodologia. Devido à sua flexibilidade, o PBL pode ser usado em disciplinas isoladas, tendo, dessa forma, um formato parcial; ou em um de dois segmentos de um mesmo currículo, assumindo um formato híbrido (RIBEIRO, 2005).

Os docentes podem, ao utilizar o PBL, criar oportunidades para a inserção da temática ambiental, com foco na solução de problemas, no ensino de engenharia. A interdisciplinaridade da metodologia PBL permite essa integração de questões de diversas áreas de conhecimento em um mesmo problema, o que é uma característica da educação ambiental e uma demanda da abordagem pedagógica da sustentabilidade.

Nota-se que o papel do professor e também dos alunos, durante o processo de utilização da metodologia PBL, é bem diferente do papel que esses mesmos atores exercem em um modelo pedagógico comum. No PBL, o centro de atenção é deslocado do professor para os alunos, que desempenham um papel mais ativo. São estes que, efetivamente, ao utilizarem saberes existentes e novos saberes construídos, resolvem o problema proposto.

Cabe ao professor a função de tutor ou guia durante esse processo de condução dos grupos à solução final de um problema. Nesse contexto, o professor passa a desempenhar funções mediadoras e de facilitação para que os alunos atinjam o objetivo esperado, que é a resolução de problemas. O professor não resolve os problemas, mas cria um ambiente propício para a solução dos mesmos, estimulando a criticidade dos alunos frente ao fenômeno estudado, avaliando as hipóteses formuladas e sintetizando o conhecimento.

Os alunos, por sua vez, desenvolvem trabalhos em grupo, favorecendo o desenvolvimento de conhecimentos, habilidades e atitudes, cujo somatório culmina na criação de competências.

Como o mercado de trabalho solicita profissionais com novas habilidades e atitudes frente às temáticas ambientais, o PBL pode vir a ser uma ferramenta educacional para trabalhar o desenvolvimento dessas habilidades.

Desenvolver novos produtos e processos, e aplicar conhecimentos existentes às novas situações são atividades cruciais para os profissionais da engenharia. Diante disso, a habilidade de resolver problemas é de extrema importância na educação em engenharia (PERRENET *et al.*, 2000). O PBL pode, nesse contexto, ser utilizado para potencializar essas habilidades nos discentes, direcionando-os para um pensamento mais sustentável durante o processo de resolução do(s) problema(s). Os problemas relativos ao meio ambiente são complexos e vão além de soluções e diagnósticos puramente técnicos. Em um pensamento de educação para a sustentabilidade, a habilidade de compreender a complexidade da situação, considerando seus aspectos ambientais, sociais, econômicos e técnicos, está alinhada com a proposta de desenvolvimento de competências do PBL.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na indústria automobilística, a apropriação do princípio da sustentabilidade revela desvios significativos em relação à trajetória e ao modo como esse princípio se estabelece no discurso público da ONU. Na linguagem do mundo dos negócios, difundida pela ISO e plenamente assimilada pela indústria automobilística, sustentabilidade se torna um substantivo e a ele são agregados outros adjetivos. É essa sutileza das expressões que revela um distanciamento entre o discurso do desenvolvimento sustentável no domínio público das conferências da ONU e o discurso da sustentabilidade instalado no mundo privado das empresas. Na versão empresarial, trazer a sustentabilidade para o primeiro plano e colocá-la como substantivo é o mesmo que dissociá-la da dimensão social para associá-la exclusivamente à dimensão negocial ou da lógica do lucro. No mundo dos negócios automobilísticos, mas não só aí, a sustentabilidade perde sua relação com o desenvolvimento. Outra questão apontada neste trabalho é referente ao modo como as empresas de capital aberto assimilam, apropriam ou adaptam o princípio da sustentabilidade, tendo como referência o Dow Jones Sustainability Index World. No princípio do desenvolvimento sustentável, ambiente e sociedade têm valor em si, isto é, só há desenvolvimento e só há sustentabilidade se dele resultarem benefícios sociais (emprego e renda, redução das desigualdades sociais, satisfação das necessidades básicas, etc.) e se o equilíbrio ambiental for garantido (preservação da biodiversidade e dos ecossistemas, ausência de desperdício, diminuição do consumo de energia e uso de fontes energéticas renováveis, reciclagem e diminuição de resíduos, etc.).

Todavia, na lógica do negócio sustentável, tanto o ambiente como a sociedade são meios e não fins. Nessa lógica, um negócio pode não ser considerado sustentável, ainda que, na conjuntura econômica, represente garantia de boa rentabilidade. É no longo prazo que aparecem os indicadores sociais e ambientais. Para ser sustentável, uma empresa de capital aberto tem de demonstrar que dispõe de sistemas de gestão de energias e matérias-primas e que faz investimentos na renovação de ambas as fontes; tem que ter controle sobre a geração de resíduos ou do que gera poluição no ar, na água ou no solo; e que sua atividade produtiva não está exposta a acidentes ambientais, etc. Além disso, é preciso demonstrar que suas atividades produtivas não estão expostas a conflitos ou resistências tanto de seus trabalhadores quanto da comunidade. E tudo isso porque a gestão das questões ambientais e das relações sociais são fatores de redução de custo e, portanto, de garantia de produtividade e lucratividade não apenas no tempo presente, mas em prazos mais dilatados. É nesse sentido que ambiente e sociedade são meios e não fins, são fatores de redução de custo e de garantia de estabilidade e não beneficiários do investimento.

No setor siderúrgico, um dos segmentos industriais mais impactantes no ambiente, os relatórios sobre sustentabilidade indicam que as empresas não primavam por relatar suas atividades à sociedade. Nesses relatórios, os indicadores financeiros aparecem como primordiais e os indicadores ambientais e

sociais mostram-se em segundo plano. Além disso, os relatórios salientam uma argumentação tendenciosa, que não contempla a realidade em relação aos impactos sociais, ambientais e econômicos das indústrias siderúrgicas, apontadas constantemente como utilizadoras de trabalho predatório, insalubre e perigoso, consideradas a Resolução nº 237/97 e a Lei nº 10.165/2000.

A principal conclusão deste estudo indica a urgência pela busca de uma lógica sustentável, que possibilite o equilíbrio entre o lucro financeiro da empresa e de seus investidores, o desenvolvimento da sociedade e a preservação ambiental.

Quanto à formação acadêmica de engenheiros, observa-se a presença das questões relativas à sustentabilidade nos currículos de cursos de engenharia, estimuladas pelo agravamento da questão ambiental. Desse modo, a apropriação da premissa da sustentabilidade no currículo de cursos de engenharia, quando feita de modo participativo e como resultado de uma mobilização institucional, é capaz tanto de revigorar as práticas de ensino quanto de mobilizar o empenho dos alunos nos processos de aprendizagem. Em outros termos, a apropriação do princípio da sustentabilidade é capaz de revigorar práticas escolares e de garantir um dinamismo que sinaliza para a formação de engenheiros com uma mentalidade sensível às questões da relação entre o homem, a economia e a natureza.

É evidente que a assimilação do princípio da sustentabilidade nos cursos de engenharia não pode ter um viés apenas conteudista. Isso significa que tal assimilação não pode ter como horizonte apenas a inserção de disciplinas escolares com conteúdo voltado para questões da sustentabilidade. Mais que isso, é importante que a sustentabilidade seja assimilada como uma “ideia força” capaz de proporcionar mudanças significativas nas práticas escolares. Sob essa ótica, o trabalho aponta que a opção de se trabalhar com uma metodologia ativa de ensino, tal qual o PBL, pode trazer facilidades e vantagens para a educação para a sustentabilidade. Ao abordar problemas do mundo real, criam-se mais oportunidades para que aspectos da sustentabilidade, que deverão ser considerados durante o processo de elaboração das propostas de solução do problema, tenham sua relevância reconhecida. Dessa forma, o processo de formação de engenheiro poderá se dar de uma forma mais consistente no que diz respeito às questões ambientais. Para além das pressões mercadológicas e sociais, o PBL pode contribuir para a formação de um profissional mais competente, não só tecnicamente, mas também mais competente para lidar com a complexidade e a multidisciplinaridade contidas em problemas de engenharia, incluindo as questões sociais, financeiras e ambientais.

REFERÊNCIAS

AÇO BRASIL, Instituto. **Relatório de Sustentabilidade 2012**. Disponível em: <http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/relatorio_sustentabilidade_2012.pdf>. Acesso em 5 fev. 2013.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO: **Setor metalúrgico**. Secretaria de Geologia, Mineração

e Transformação Mineral – 1995. Brasília: SGM, 2011.

ARAÚJO, G. C. de *et al.* **O processo de certificação das normas internacionalmente reconhecidas**: um caminho para a sustentabilidade empresarial? X Seminário em Administração – Semead, 2007. Disponível em: <<http://www.ead.fea.usp.br/semead/10semead/sistema/resultado/trabalhosPDF/488.pdf>>. Acesso em 18 abr. 2013.

BIHR, A. **Da grande noite à alternativa**: o movimento operário europeu em crise. 2. ed. São Paulo: Boitempo Editorial, 1998.

BRASIL. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2 set. 1981.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, inclui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 abr. 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação / Câmara de Educação Superior. **Parecer n. 1.362**, de 12 dez. 2002. Brasília: MEC/CNE/CES, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Resolução nº 2, de 15 de junho de 2012. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, 18 de junho de 2012.

BURSZTYN, M. (Org.) **Ciência, ética e sustentabilidade** – desafios ao novo século. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2001.

BURSZTYN, M. Meio ambiente e interdisciplinaridade: desafios ao mundo acadêmico. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 10, p. 67-76, jul./dez. 2004.

CAVALCANTI, C. (Org.) **Desenvolvimento e natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez; Recife/PE: Fundação Joaquim Nabuco, 2003.

COELHO, A. L. *et al.* Análise do discurso da sustentabilidade em uma empresa do setor de energia elétrica. **Revista Gestão e Conexões**, v.1, n.1, p.122-158, jul./dez. 2012.

CORAL, E. **Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial**. 2002. 282 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2002.

DALY, H. E. Crescimento sustentável? Não, obrigado. **Ambiente & Sociedade**, Campinas: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade – ANPPAS, jul./dez., v. 7, n. 2., p.197-201, 2004.

DIAS, R. **Gestão ambiental**: responsabilidade social e sustentabilidade. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

- ELKINGTON, J. **Canibais de garfo e faca**. São Paulo: Makron Books, 2012.
- FOLADORI, G. **Limites do desenvolvimento sustentável**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2001.
- GADOTTI, M. **Educar para a sustentabilidade**: uma contribuição à década da educação para o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Editora e Livraria Instituto Paulo Freire, 2009.
- GOODMAN, P. **Decentralizing power**: Social Criticism. Organized by Taylor Stoehr, Montreal Black: Rose Books, 1984.
- KRÜGER, E. L. Uma abordagem sistêmica da atual crise ambiental. **Revista Educação e Tecnologia**. Periódico Técnico-Científico dos Programas de Pós-Graduação em Tecnologia dos CEFETs PR/MG/RJ. Curitiba, Ano 3, n. 6., p.73-84, 2003.
- LEFF, E. **Saber ambiental**: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder. 3. ed., Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.
- LEFF, E. (Coord.). **A complexidade ambiental**. São Paulo: Cortez, 2003.
- LOPES, A. C. C. **O lugar da sustentabilidade nos currículos de cursos de Engenharia Civil em duas instituições federais mineiras**. 2014. 182 f. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), 2014.
- LOUREIRO, C. F. B. **Sustentabilidade e educação**: um olhar da ecologia política. São Paulo: Cortez, 2012. (Coleção Questões da Nossa Época, 39).
- LOUREIRO, C. F. B. **O movimento ambientalista e o pensamento crítico**: uma abordagem política. Rio de Janeiro: Quartet, 2003.
- ORLANDI, E. P. **Análise de discurso**: princípios e procedimentos. Campinas: Pontes, 2009.
- MEADOWS, D. H. *et al.* **The limits to growth & a report for The Club of Rome's project on the predicament of mankind**. New York: Universe Books, 1972.
- MUNCK, L.; SOUZA, R. B. Gestão por competências e sustentabilidade empresarial: em busca de um quadro de análise. **Revista Eletrônica Gestão e Sociedade - GES**, v. 3, n. 6, p. 254-288, 2009.
- NASCIMENTO, E. P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estud. av.** v. 2, n. 74, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100005>. Acesso: 5 jun. 2016.
- PEDROSA, J. G. (Coord.) **A empresarialização da sustentabilidade na indústria automobilística**. 2016. 122 f. Dissertação (Mestrado em Educação Tecnológica) -

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Relatório. Belo Horizonte, 2016.

PERRENET, J. C.; BOUHUIJIS, P. A. J.; SMITS J. G. M. M. The suitability of problem-based learning for engineering education: theory and practice. **Teaching in Higher Education**, v. 5, n. 3, 2000.

REDCGIFT, M. **Sustebtable development**: exploring the contradictions, London: Routledge; New York: Methuen, 1987.

RICHARDSON, D. The politics of sustainable development. In: BAKER, S. *et al.* (Org.). **The politics of sustainable development**: theory, policy and practice within the European Union, London: Makron Books, 1997.

RABELO, A. M. P. **Aporias da sustentabilidade**: análise da Agenda 21 brasileira a partir da teoria crítica. 2007. 143 f. Dissertação (Mestrado em Educação, Cultura e Organizações Sociais) - Fundação Educacional de Divinópolis, Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), Divinópolis, 2007.

REIS, F. A. G. V. *et al.* **Contextualização dos cursos superiores de meio ambiente no Brasil**: Engenharia Ambiental, Engenharia Sanitária, Ecologia, Tecnólogos e Seqüenciais. Engenharia Ambiental. Espírito Santo do Pinhal: UNIPINHAL, v. 2, n. 1, p. 5-34, jan./dez., 2005.

RIBEIRO, L. R. de C. **Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)**: uma experiência no ensino superior. São Carlos: EdUFSCar, 2008.

ROMEIRO, A. R. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. **Revista Estudos Avançados**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 74, p. 65-92, 2012.

SACHS, I. **Desenvolvimento**: incluyente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

STEINEMANN, A. Implementing sustainable development through Problem-Based Learning, **Pedagogy and Practice**. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, v. 129, n. 4, Oct. 2003.

SOUZA, R. B. **O alinhamento entre sustentabilidade e competências em contexto organizacional**. 2010. 199 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Estadual de Maringá (UEM) / Universidade Estadual de Londrina (UEL), Programa de Pós-Graduação em Administração, Londrina, 2010.

SOUZA, N. M. **Educação ambiental**: dilema da prática contemporânea. Rio de Janeiro: Thex, 2000.

TONINI, A. M. **Novos tempos, novos rumos para a engenharia**. Belo Horizonte: Fundac-BH, 2009.

ZARIFIAN, P. **Objetivo competência**: por uma nova lógica. São Paulo: Atlas, 2012.

Capítulo 01

Laboratórios remotos no ensino da engenharia

Capítulo 02

Práticas pedagógicas para o desenvolvimento da inovação na engenharia - abordagens por projetos

Capítulo 03

A indissociabilidade da tríade – ensino, pesquisa e extensão –, os programas de educação tutorial e o ensino em engenharia: contribuições para o desenvolvimento de pesquisadores e profissionais autônomos

Capítulo 04

Como os cursos de engenharia têm trabalhado as dificuldades matemáticas dos alunos ingressantes em tempos de web 2.0?

Capítulo 05

O enade, a formação profissional e a resolução 1.073 Do confea, de 22 de abril de 2016

Capítulo 06

Formação acadêmica e atuação de profissionais da engenharia na indústria e cultura da sustentabilidade