

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS E ENGENHARIA REVERSA

PROJECT BASED LEARNING AND REVERSE ENGINEERING

Jefferson Ulisses da Cunha,¹ Rafaela da Silva Limons²

RESUMO

A diversidade de metodologias de aprendizagem ativa disponíveis tem gerado certa ansiedade entre professores que lecionam em cursos de Engenharia e que visam a trabalhar com competências e habilidades específicas do engenheiro, tais como: resolução de problemas, elaboração de projetos e gestão. Escolher uma metodologia ativa que contribua com essas competências e habilidades aumenta as chances de sucesso na aprendizagem do estudante. O objetivo deste artigo é relatar a condução da metodologia Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL) com o uso de conceitos de Engenharia Reversa no ensino das disciplinas de Topografia e Engenharia Sanitária I aos estudantes de graduação em Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. As disciplinas têm um viés prático e o resultado de aprendizagem esperado é vinculado à competência de projetos. Com a aplicação de PjBL e Engenharia Reversa nas disciplinas, foi observado um maior engajamento dos estudantes e melhoria nos resultados de aprendizagem e habilidades transversais, como gestão de tempo, comunicação interpessoal e autonomia. Um dos principais pontos positivos observados foi a motivação dos estudantes, no momento em que eles foram capazes de associar o projeto desenvolvido em sala de aula com as situações profissionais, conseguindo relacionar a teoria com a prática do contexto real. Entre os desafios observados na aplicação do PjBL podemos citar as dificuldades de avaliação, principalmente em como avaliar a atuação de cada indivíduo dentro da equipe, e como vencer a resistência daqueles alunos que estão acostumados com o ensino tradicional e relutam em sair de sua zona de conforto e serem os protagonistas do seu processo de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Projetos; Metodologia Ativa; Engenharia reversa.

ABSTRACT

The diversity of active learning methodologies available has generated some anxiety among teachers who teach in engineering courses and who aim to work with specific skills and abilities of the engineer, such as: problem solving, project design and management. Choosing an active methodology that contributes to those skills and abilities increases the chances of success in student learning. The objective of this article is to report the conduction of the Project Based Learning (PjBL) methodology with the use of Reverse Engineering concepts in the teaching of the subjects of Topography and Sanitary Engineering I to undergraduate students in Civil Engineering of the Pontifical Catholic University of Paraná. The disciplines have a practical bias and the expected learning outcome is linked to project competence. With the application of PjBL and Reverse Engineering, in the disciplines, it was observed a greater engagement of students and improvement in learning outcomes and transversal skills, such as time management, interpersonal communication and autonomy. One of the main positive points observed was the motivation of the students, when they were able to associate the project developed in the classroom with the professional situations, managing to relate the theory to the practice of the real context. Among the challenges observed in the application of PBI we can mention the difficulties of evaluation, mainly in how to evaluate the performance of each individual

1 Professor Adjunto. Mestre. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Escola Politécnica, Engenharia Civil; jefferson.cunha@pucpr.br

2 Professor Adjunto. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Escola Politécnica, Engenharia Ambiental; rafaela.limons@pucpr.br

within the team, and how to overcome the resistance of those students who are accustomed to traditional teaching and are reluctant to leave their zone of comfort and be the protagonist of their teaching-learning process.

Keywords: Project Based Learning; Active Methodology; Reverse Engineering.

INTRODUÇÃO

Inúmeros artigos e pesquisas indicam o sucesso da utilização das metodologias ativas na aprendizagem, porém escolher e aplicar, com sucesso, levando-se em consideração o curso, o perfil do estudante e a matriz curricular não são tarefas fáceis. Durante o curso, o estudante de Engenharia precisa adquirir conhecimentos, competências e habilidades nas áreas científica, econômica, de gestão e socioambiental, e nesse conjunto de aprendizagem o caráter de ação prática é fundamental para o estudante e futuro engenheiro.

Um dos principais produtos da ação prática é o projeto. De acordo com Bazzo e Pereira (2013), o projeto é a essência do engenheiro, é no projeto que ele descreve e apresenta as soluções que atendam a uma necessidade ou a um problema específico. Ainda, segundo Heitmann (1996), para o engenheiro o projeto é um gênero familiar e faz parte de sua história de vida profissional. A partir desses entendimentos faz sentido se aplicar uma metodologia que una a ação prática com a aprendizagem baseada em projetos.

Nos cursos de graduação em que a matriz é baseada em competências, as metodologias ativas estimulam a autonomia, persistência e habilidades práticas, como a proatividade e resolução de problemas.

O PjBL se ajusta ao ensino por competências pois envolve o domínio de conceitos e desenvolvimento de conhecimento por meio de observação, investigação científica, testes de hipóteses e ações práticas que respondam a uma pergunta complexa, a um problema específico ou a um desafio. Sua origem se aproxima a do *Problem Based Learning* – Aprendizado Baseado em Problemas (PBL) – em que os alunos adquirem conhecimento e habilidades enquanto resolvem problemas. Segundo Schmidt (2001),

a aprendizagem baseada em projetos foi adotada, inicialmente, pela Universidade McMaster, no Canadá, e de Maastricht, na Holanda, em 1969.

Uma estruturação da aplicação do PjBL foi apresentada por Adderley et al. (1975) em cinco passos: 1) o problema pode ser proposto pelos estudantes; 2) é importante que os estudantes apresentem iniciativa na resolução do problema por meio de diferentes atividades; 3) apresentação de um produto final coerente com o problema inicial; 4) solução é apresentada e tratada como um projeto; e 5) professor assume um papel de consultor no processo ensino-aprendizagem.

Seguindo essa abordagem, Thomas (2000) considera que um projeto, para ser enquadrado de forma bem-sucedida na metodologia de PjBL, deve abranger cinco critérios: 1) o problema é específico ao currículo e centralizado; 2) existência de uma questão central balizadora do projeto; 3) necessidade de construção do conhecimento por meio de investigação; 4) incentivo à autonomia; e 5) problemas relacionados à realidade do estudante.

De acordo com Manzella e Mutafelija (1992), a Engenharia Reversa é o processo de extrair os conceitos, princípios tecnológicos e de funcionamento de um produto ou sistema, analisando suas partes, funções e modo de operação. Sua origem remonta à época dos Romanos, mas, segundo Wang (2010), o auge de sua utilização foi durante a segunda Grande Guerra e posteriormente na Guerra Fria. Manzella e Mutafelija (1992) afirmam ainda que a lógica da Engenharia Reversa permite criar representações de um sistema em outra forma ou em um nível superior de abstração.

A proposta de aplicar o PjBL seguindo uma estrutura de Engenharia Reversa é embasada na teoria da Visão Sistêmica. Segundo Capra (1996), a visualização de forma sistêmica facilita, do ponto de vista cognitivo, o entendimento de conceitos e dos princípios de funcionamento das partes que compõem um processo, sistema ou projeto, ou seja, a observação de um projeto concluído e a razão de sua criação ajuda no entendimento das teorias e processos utilizados durante a sua elaboração.

Nesse sentido, este artigo apresenta, de forma qualitativa, um relato da aplicação da

metodologia PjBL associada à lógica da Engenharia Reversa, em duas disciplinas do curso de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. É importante ressaltar que os estudantes estão inseridos na matriz por competências em que o sucesso da aprendizagem é observado por meio dos Resultados de Aprendizagem.

MÉTODO

A partir do conceito do PjBL adaptou-se a inserção do problema desafio por meio da apresentação aos estudantes de um projeto pronto, com solução conhecida. A partir deste, o estudante analisa as partes componentes do projeto, suas subdivisões e a correlação entre elas.

O processo de Engenharia Reversa é então aplicado a cada parte do projeto, desafiando os estudantes a buscarem e a compreenderem os conceitos, métodos e técnicas envolvidos na solução e elaboração do projeto.

A proposta foi aplicada a duas disciplinas – Engenharia Sanitária I e Topografia – do curso de Engenharia Civil, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Os Resultados de Aprendizagem esperados são vinculados à Competência de Projetos, a qual está inserida na Matriz e integrada ao Projeto Pedagógico de Curso. O tema central das duas disciplinas é a concepção da solução de um problema específico desenvolvido por meio de um projeto/produto. Além disso, as duas disciplinas fazem uso de laboratórios e equipamentos de medição, específicos de cada área, executando-se ações práticas.

A Figura 1 apresenta as disciplinas, a Competência de Vínculo e os respectivos Resultados de Aprendizagem.

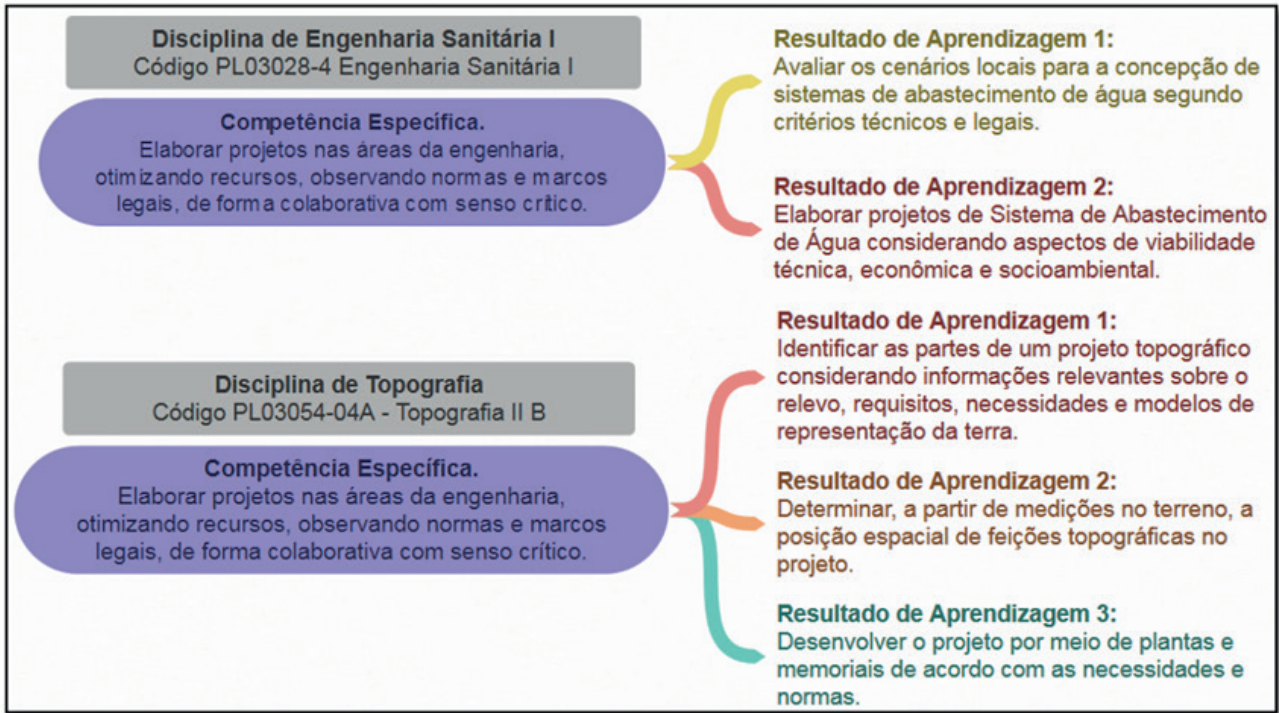
Aplicação do Método

A aplicação do método consiste em indicar quais temas serão trabalhados e em quais contextos e expor um problema ou desafio de nível médio. Seguindo-se, então, a lógica da Engenharia Reversa, os estudantes analisam o projeto, identificando as relações entre as partes que compõem o “todo”. Na etapa seguinte os estudantes desenvolvem um trabalho investigativo para entender os conceitos e princípios aplicados em cada parte do projeto.

O objetivo é que os alunos consigam resolver problemas semelhantes aos enfrentados em sua vida profissional.

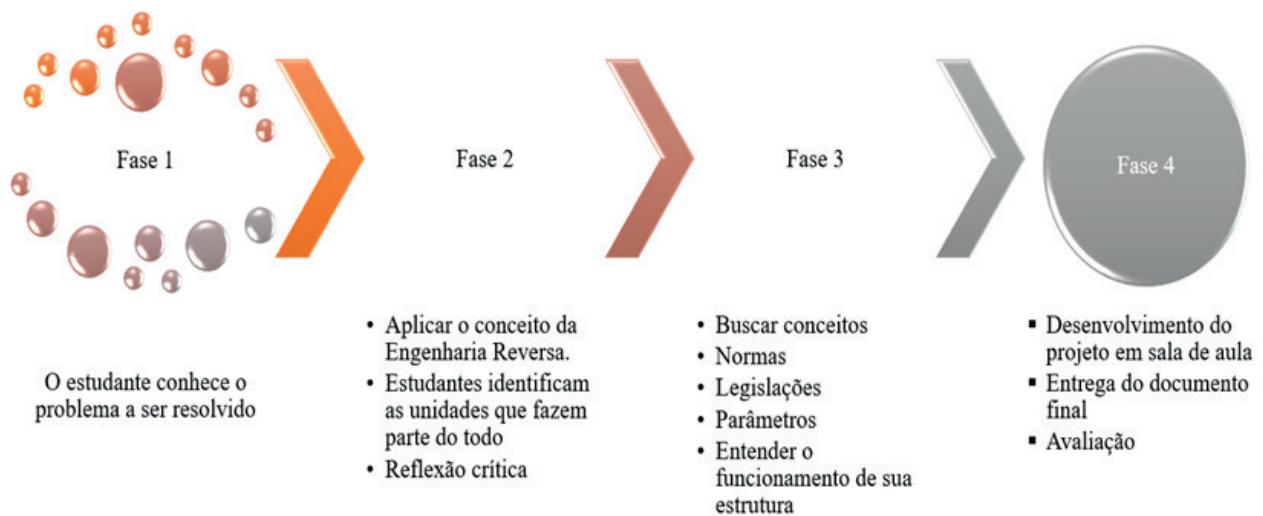
Apresenta-se na Figura 2 as fases que foram aplicadas em sala para o desenvolvimento do PjBL. Na primeira fase os estudantes conhecem o problema a ser resolvido; na segunda fase os estudantes aplicam o conceito da Engenharia Reversa com o intuito de identificar as unidades que fazem parte do “todo” – nessa etapa os estudantes fazem uma reflexão crítica em equipe. Na terceira fase os estudantes precisam buscar os conceitos necessários para entender o projeto, além de buscar normas, legislações e parâmetros que possam auxiliar no seu desenvolvimento. Por fim, na etapa seguinte, desenvolvem o projeto em sala de aula, com uma entrega de documento final e com posterior avaliação.

Figura 1: Disciplinas escolhidas para aplicação



Fonte: acervo dos autores.

Figura 2: Etapas de aplicação do método



Fonte: acervo dos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Relato

Considerando-se as competências e os Resultados de Aprendizagem das disciplinas, foram pensados em projetos que pudessem motivar os alunos, tornando a disciplina mais atrativa no processo de ensino-aprendizagem.

Os projetos foram definidos a partir de temas emergentes em cada disciplina, em que o estudante pudesse desenvolver as competências necessárias ao atual perfil do engenheiro, a partir da resolução de problemas complexos da sua realidade profissional. De acordo com Souza e Dourado (2015), o cenário deve ser escolhido a partir de um contexto real, que faz parte da vida dos alunos, para que haja uma identificação imediata do problema, motivando-os a continuar o desenvolvimento da atividade investigativa

O ciclo começou com a proposição e apresentação do problema e do projeto que deveria ser desenvolvido e com a formação dos times de trabalho, compostos por quatro ou cinco estudantes. Wilkerson (1996) considera que grupos de quatro a cinco alunos são mais produtivos.

Como nas duas disciplinas os projetos desenvolvidos são relativamente complexos, com vários parâmetros e aspectos a serem considerados e, pela experiência prévia dos professores em aplicação em turmas anteriores, neste artigo será relatada a experiência de aplicação da metodologia do PjBL com o princípio da Engenharia Reversa. No momento da proposição do projeto, foi apresentado um exemplo de um produto final com as unidades básicas que deveriam compor aquele sistema, com a intenção de que os estudantes tivessem uma ideia do que deveria ser aproximadamente o resultado final que eles precisariam atingir e, assim, tentar motivá-los e desafiá-los.

Assim, os estudantes conseguiram identificar as etapas do projeto, facilitando um direcionamento e organização do aluno. Blumenfeld *et al.* (1991) indicam que existem dois componentes essenciais dos projetos: organização e direcionamento das atividades de aprendizagem e os produtos que são as representa-

ções das atividades. Esta foi a intenção de se utilizar os conceitos da Engenharia Reversa na aplicação do PjBL, que o aluno identificasse as etapas necessárias para o desenvolvimento do projeto e qual seria o produto final.

Santos *et al.* (2007), aplicando a metodologia de PjBL no curso de Engenharia de *Software*, concluiu que a divisão em etapas facilitou o direcionamento dos alunos, principalmente devido ao extenso conteúdo programático.

Na nossa experiência, mesmo com a realização da organização prévia em etapas, vários estudantes tiveram dificuldade em identificar o que era realmente necessário aprender para se alcançar uma solução específica.

A partir do produto que foi apresentado como exemplo, os alunos precisaram entender os conceitos, parâmetros, normas, legislações, dimensionamentos, para que pudessem descobrir o funcionamento daquele sistema, sua estrutura e operação, para que, então, pudessem aplicar para os seus cenários estabelecidos, que eram diferentes para cada grupo de trabalho.

As atividades foram desenvolvidas na sua maioria em sala de aula sob a coordenação e supervisão do professor da disciplina, criando-se um ambiente de aprendizagem no qual o projeto guia o aprendizado dos alunos. O professor funcionava como um facilitador, circulando entre os grupos e auxiliando no processo de solução dos problemas, em conformidade com Pascarella, Terenzini e Feldman (2015), segundo os quais os professores devem atuar como facilitadores na criação das condições necessárias para que os alunos trabalhem uns com os outros.

Em alguns momentos, foi necessária a utilização de aulas expositivas dialogadas com o objetivo de introduzir conceitos importantes, pois, mesmo sendo recomendadas leituras prévias, nem sempre elas eram realizadas, o que dificultava o andamento do projeto em sala de aula.

Para não ficarem totalmente livres, foram definidos prazos de entrega para cada etapa e parâmetros mínimos de projeto. E, para a apresentação do resultado final, foi solicitada a entrega de um relatório, com apresentação dos memoriais de cálculos, memorial descritivo, mapas e plantas.

A avaliação do desenvolvimento do PjBL realizado pelos estudantes foi efetuada a partir de diferentes instrumentos: avaliação pelo professor, autoavaliação e avaliação por pares. A avaliação, no geral, foi realizada durante o desenvolvimento do projeto em sala de aula e também a partir da entrega e apresentação do documento final.

Observações

Observou-se que o uso dessa metodologia se revelou um bom caminho a ser seguido, identificando-se vantagens e limitações durante a sua aplicação. Entre os pontos positivos identificados podemos citar o aspecto do trabalho em equipe e o aumento da interação professor e estudante. No entanto, nem todas as equipes trabalharam de forma eficiente e alguns imprevistos ocorreram, principalmente quando os grupos não faziam um planejamento adequado das atividades e no final não conseguiram entregar o projeto tal qual a qualidade almejada. Segundo Harisson, Macpherson e Williams (2007), as equipes de maior sucesso foram aquelas que trabalharam com um líder de projeto com funções bem definidas de gerência do projeto, apresentando uma visão geral dos objetivos e atividades.

Assim, conforme o citado pelos autores acima, uma sugestão é que, na definição dos times, sejam definidos o líder daquele grupo e as funções de cada membro, e também que esta etapa seja desenvolvida sob a supervisão do professor.

De acordo com Angelo e Bertoni (2011) que aplicaram a metodologia de projeto no curso de Engenharia de Computação, os alunos declararam que para as atividades em grupo é necessário manter um relacionamento interpessoal saudável, aprendendo a dividir tarefas e organizar o trabalho. Com certeza, esta é uma das principais vantagens de se utilizar tal metodologia, o que, no nosso caso, funcionou bem na maioria das situações. Tivemos, contudo, algumas exceções, nas quais os times não conseguiam trabalhar de forma eficiente em equipes, ocorrendo várias divergências as quais eles não conseguiam superar sem o auxílio do professor.

Acreditamos que uma limitação da aplicação do PjBL que deve ser considerada é

que quando o trabalho é realizado em equipe, pode ocorrer a especialização das atividades. Na maioria das equipes de trabalho, sempre os mesmos estudantes ficaram responsáveis pelas atividades que mais dominavam e, assim, não praticavam aquelas em que são mais deficientes. Esse aspecto também foi observado por Terrón-López et al. (2015) que, a partir de uma pesquisa com os estudantes da Escola de Engenharia da Universidad Europea de Madrid (UEM), indicaram como uma das desvantagens do PjBL a especialização de cada membro da equipe em uma determinada tarefa do projeto. Uma solução para tal problema seria uma certa rotatividade entre os times, para que os estudantes fossem obrigados a trabalhar em diferentes aspectos dentro dos times.

Outros pontos positivos observados são: possibilidade de identificação e resolução de problemas; contato com temas atuais e emergentes; melhor fixação do conhecimento; permite a atuação efetiva dos envolvidos na busca do saber; aumento da frequência do aluno em sala de aula. Esses pontos positivos foram também observados na pesquisa de Thomas (2000) e Musse et al. (2013).

Além das competências técnicas, pode-se indicar que a maioria dos estudantes adquiriram habilidades transversais, como gestão do tempo, autonomia e comunicação interpessoal.

Uma das principais dificuldades identificadas na aplicação do PjBL foi a questão de avaliação individual de cada estudante, pois, mesmo utilizando-se a avaliação por pares, os alunos muitas vezes tinham dificuldade em avaliar os seus colegas. No geral, a autoavaliação é eficiente, sendo que a maioria dos estudantes acabaram sendo mais críticos consigo mesmos do que o próprio professor.

Além disso, outra desvantagem é a questão dos estudantes que ainda são resistentes às novas metodologias, acreditando que as aulas expositivas são mais eficientes. No nosso caso, a partir de um *feedback* solicitado aos alunos, percebemos que aqueles estudantes resistentes foram os que menos participavam das aulas, inclusive quando estas eram expositivas.

Um desafio também importante de ser ressaltado é como o professor pode conduzir o desenvolvimento do projeto sem fornecer diretamente a resposta e, sim, fazendo com que os

alunos reflitam de forma crítica. Além disso, há um grande grau de imprevisibilidade na condução da aula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta metodologia envolve estudantes trabalhando em times para resolver problemas concretos utilizando a teoria para aplicação em ações práticas. Esse é um dos aspectos positivos da aplicação de tal metodologia, uma vez que na atuação de sua futura profissão, provavelmente, engenheiros irão trabalhar em equipes, sendo, portanto, importante que aprendam como se relacionar e entendam as dificuldades de se trabalhar em grupos.

Para que esses projetos sejam eficientes, é fundamental que os alunos saibam delegar tarefas para cada membro da grupo, mas esse aspecto deve ser bem avaliado pelo professor, já que se o estudante sempre ficar responsável pela mesma atividade dentro do seu grupo, ele acaba se aperfeiçoando somente naquele item em que ele já tem certa facilidade, podendo apresentar fragilidade em outros aspectos importantes.

A característica mais importante que foi observada na aplicação do PjBL com a lógica da Engenharia Reversa foi que os alunos sabiam qual produto/projeto final que deveria ser apresentado, e isto serviu como um guia para a aprendizagem. Com isso os alunos puderam controlar o desenvolvimento dos seus projetos, decidindo o caminho que iriam percorrer, visto que como o problema estava inserido em um contexto do mundo real, eles tinham vários caminhos e formas de representação para seguir, especialmente dado que cada aluno tem uma compreensão diferente do mundo e pode contribuir de diferentes maneiras.

A dificuldade, nesse aspecto, foi como controlar o caminho percorrido de cada equipe, visto que cada estudante apresenta um ritmo diferente na realização das suas atividades. Por isso, foram definidas metas mínimas, com prazos definidos, para que eles pudessem se organizar e para que nenhum grupo ficasse muito atrasado e não conseguisse concluir o projeto.

Outras razões adicionais que consideramos como vantagens no uso do PjBL são: com

a proposição de um projeto, os estudantes realizam uma série de aprendizagens e atividades durante o desenvolvimento; o estudante é o ator principal do processo de ensino-aprendizagem e precisa relacionar o conteúdo de várias disciplinas num mesmo projeto; os estudantes podem testar a sua capacidade de resolução de problemas; desenvolvimento da comunicação oral; e desenvolvimento da comunicação escrita. Por fim, eles também desenvolvem habilidades de aprendizagem autodirigidas e pensamento crítico, aproximando-os das expectativas da vida real.

AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa foi apoiada financeiramente pelo FINEP e desenvolvida em um projeto de formação docente conduzido pelo CrEARE (Centro de Ensino e Aprendizagem) da PUC-PR.

REFERÊNCIAS

- ADDERLEY, K. et al. **Project Methods in Higher Education**. Guilford: Society for Research into Higher Education, 1975.
- ANGELO, M. F.; BERTONI, F. C. Análise da aplicação do método PBL no processo de Ensino e aprendizagem em um curso de engenharia de computação. **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 30, n. 2, p. 35-42, 2011.
- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. do V. **Introdução à Engenharia: Conceitos, Ferramentas e Comportamentos**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2013.
- BLUMENFELD, P. C. et al. Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. **Education Psychologist**, 26 (3-4), 1991, pp. 369-398.
- CAPRA, F. **The Web of Life A New Science's Understanding of Living Systems**. New York: Anchor Books, 1996
- HARRISON, G. P.; MACPHERSON, D. E.; WILLIAMS, D. A. **Promoting interdisciplinarity in engineering teaching**. *Eur J Eng Educ* 32, 2007.
- HEITMANN, G. Project-Oriented Study and Project-Organized Curricula. A Brief Review of Intentions and Solutions European. **Journal of Engineering Education**, 1996.
- MANZELLA, J.; MUTAFELIJA, B. **Concept of the Re-Engineering Life-Cyclo**, 1992.

MUSSE, B. et al. Utilização de uma estratégia PjBL para desenvolvimento das competências transversais do perfil profissional do engenheiro. **Anais... XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Porto Alegre, 2013.

SANTOS, D. et al. Aplicando Project-Based Learning no Estudo Integrado de Engenharia de *Software*, Análise e Projeto de Sistemas e Bancos de Dados. **Anais... XXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Curitiba, 2017.

SCHMIDT, H G. **As bases cognitivas da aprendizagem baseada em problemas**. Anatomia de uma Nova Abordagem Educacional. São Paulo: Hu-Ci-tec/ESP-CE, 2001.

SOUZA, S. C.; DOURADO, L. **Aprendizagem baseada em problemas (ABP): um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo**. *Holos*, 31(5), 182-200, 2015.

TERRÓN-LÓPEZ, M. J. et al. Design and Implementation of a Comprehensive Educational Model: Project Based Engineering School (PBES), **International Journal of Engineering Pedagogy iJEP**, v. 5, n. 3, 2015.

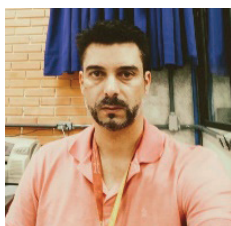
THOMAS, J. W. **A Review of Research on Project-Based Learning**. San Rafael: The Autodesk Foundation. 2000.

WANG, W. **Reverse Engineering**. Technology of Reinvention. CRC Press, 2010.

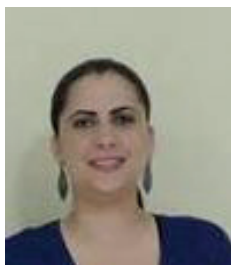
WILKERSON, L.; GIJSELAERS, W. H. **Concluding comments**. *New Directions for Teaching and Learning*, 68, 1996, 101–104.

PASCARELLA, E. T.; TERENCEZINI, P. T.; FELDMAN, K. A. **How college affects students**. Jossey-Bass San Francisco, CA, 2005.

DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



Jefferson Ulisses da Cunha – Engenheiro Cartógrafo (UFPR, 2005); especialista em Engenharia de Planejamento (PUCPR, 2008); mestrado em Geologia (UFPR, 2008); professor adjunto da Escola Politécnica no curso de Engenharia Civil; Áreas de interesse: Planejamento de obras com ênfase em Topografia, Geodésia, Cartografia e Geofísica.



Rafaela da Silva Limons – Engenheira Ambiental (Uniamérica, 2005); especialista em Engenharia de SMS (PUCPR, 2008); mestrado em Engenharia Química (Unioeste, 2008); doutorando em Gestão Urbana (PUCPR); professora adjunta da Escola Politécnica nos cursos de Engenharia Ambiental e Engenharia Civil; membro do Núcleo Docente Estruturante do Curso de Engenharia Ambiental da PUCPR. Áreas de interesse: Gestão de Resíduos; Sistemas de Abastecimento de Tratamento de Água; Sistemas de Tratamento de Efluentes.