

APRENDIZAGEM POR PROBLEMAS NO ENSINO DE ENGENHARIA

PROBLEM-BASED LEARNING IN ENGINEERING TEACHING

Wilson José de Araújo¹, Roberto Precci Lopes ²,

Delly Oliveira Filho ³, Paulo Marcos Monteiro de Barros⁴,

Rubens Alves de Oliveira ⁵

¹ Professor no Departamento de Gestão Pública do Centro de Educação Aberta e a Distância da Universidade Federal de Ouro Preto.

² Professor no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

³ Professor titular da Universidade Federal de Viçosa, no Departamento de Engenharia Agrícola.

⁴ Professor titular da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, no Departamento de Controle e Automação, e professor colaborador no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

⁵ Professor titular no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa.

RESUMO

A partir do estudo de uma disciplina regular do curso de graduação de Engenharia Agrícola e Ambiental, relacionando as perspectivas do professor e dos estudantes e considerando a carga horária e do conteúdo abordado, foi proposta uma sistemática de trabalho em sala de aula, de curso presencial, para introdução do método de ensino conhecido como “*Problem-Based Learning*” (PBL) no ensino de Engenharia. Os resultados demonstraram viabilidade na proposição de uso do PBL de forma parcial e aplicado para disciplinas que preveem uma carga horária prática, como foi o caso da que foi estudada, a “Termodinâmica”. O artigo apresenta, ainda, uma metodologia para organização dos grupos de estudantes em sala de aula, para dinamizar o processo de aprendizagem e troca de conhecimentos pelo PBL.

Palavras-chave: *Ensino de Engenharia. Didática. Método de ensino. Formação em Engenharia.*

INTRODUÇÃO

PBL é uma sigla em inglês que significa “*Problem Based Learning*”, método de aprendizagem baseado em problema, ou seja, é um método de ensino no qual a aprendizagem se dá a partir da resolução de problemas propostos ou existentes.

Os estudantes são bem ativos nesse método, pois o objetivo principal é o desenvolvimento das soluções para um problema. E o professor é copartícipe nesse processo, tendo como principal função gerir os recursos necessários (disponíveis) para a materialidade da criação das respostas às questões propostas aos discentes. O PBL ganhou importância a partir de meados da década de 1960, quando foi sistematizado na Universidade McMaster, no Canadá (ESCRIVÃO FILHO; RIBEIRO, 2009; RIBEIRO, 2008).

A concepção desse método de ensino surgiu a partir da constatação dos administradores e docentes do curso de Medicina de McMaster, de que os estudantes que se formavam não tinham suficiente capacidade de aplicação de conteúdos conceituais para obtenção de diagnósticos no exercício da profissão de médico. Além disso, apresentavam poucas habilidades e atitudes profissionais desejáveis à prática da medicina (RIBEIRO, 2008).

O método pode ser usado para desenvolver capacidades que serão requeridas dos estudantes quando estiverem formados e atuando profissionalmente. Pesquisas sobre perfis de engenheiros indicam algumas habilidades desejáveis de um profissional que podem ser desenvolvidas por meio do PBL. Por exemplo, o trabalho em grupo, a comunicação oral e escrita, a resolução de problemas, a responsabilidade profissional e a social, a adaptabilidade e a disposição para aprendizagem contínua são requisitos considerados ideais para um formando em Engenharia. Foram esses atributos que motivaram o estudo da implantação do método numa disciplina desse curso, como será exposto adiante.

OBJETIVO

O objetivo neste trabalho foi propor uma sistemática de aplicação do método PBL em uma disciplina do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Aprendizagem baseada em problema

De acordo com Ribeiro (2008), o PBL fundamenta-se em princípios educacionais e em resultados da pesquisa cognitiva que demonstram que a aprendizagem é um processo de construção do conhecimento. É diferente de outro conceito, considerado tradicional, que acredita que o processo de aprendizagem seja a recepção passiva e a acumulação de informações.

Para que as informações transformem-se em conhecimento, é necessário ativar conceitos e estruturas cognitivas a respeito do assunto a ser aprendido, permitindo que os estudantes elaborem e ressignifiquem o conhecimento (RIBEIRO, 2008).

Na literatura, encontram-se trabalhos que indicam que a aprendizagem é aperfeiçoada pela interação social, que é melhorada quando os estudantes são expostos a situações reais nas próprias vidas, o que se observa também no PBL.

O PBL é considerado uma metodologia específica e não há receita pronta para ser utilizada em qualquer contexto ou situação de ensino. É um método que pode oferecer respostas satisfatórias a problemas considerados delicados na formação profissional. Ribeiro (2008) chama a atenção para algumas questões ligadas ao processo de formação em Engenharia, como a alienação dos estudantes no ciclo básico, a ausência de integração entre teoria e prática e a dificuldade em promover conhecimentos além dos técnicos e científicos do contexto curricular.

Schnaid *et al.* (2003) fizeram uma experiência com aplicação do método de ensino construtivista em uma graduação em Engenharia e concluíram que esse tipo de método é aplicável para algumas disciplinas do curso. Para outras, aplica-se melhor o método tradicional.

Há uma mesma lógica no construtivismo e no PBL que torna esses métodos limitados ao serem aplicados. Nos dois, o estudante é o sujeito ativo na construção do próprio conhecimento, e isso ocorre a partir das experiências que já teve. No entanto, se ele tiver poucas vivências de qualidade,

não terá base capaz de suprir todos os conhecimentos que lhe são requeridos no método construtivista e no PBL.

Em Schnaid *et al.* (2003), Ribeiro (2008), Bazzo *et al.* (1999), Escrivão Filho e Ribeiro (2009) e Kuri *et al.* (2007), ressalta-se o pressuposto de que o estudante tenha de ter conhecimento prévio sobre algum conteúdo específico. Esse é um requisito para aplicação do método construtivista e do PBL.

Em Bazzo *et al.* (1999) e Schnaid *et al.* (2003), foram feitos estudos sobre o ensino de Engenharia que mostravam que se pode utilizar métodos construtivistas para a aprendizagem em algumas disciplinas do curso. Os conceitos e os requisitos do PBL apresentados em Ribeiro (2008) são similares aos do método construtivista de ensino.

No PBL, o graduando tem intensa participação no processo de ensino-aprendizagem. Segundo Tarouco (1999), o controle do aprendizado é realizado mais intensamente pelo estudante que pelo instrutor distante, no caso do ensino a distância (EAD). Assim como no EAD, no PBL o discente é mais requisitado em atitudes e comportamentos participativos na construção da base do próprio conhecimento.

Vantagens do método de aprendizagem por problemas

A vantagem do PBL mais citada na literatura é a capacidade dele de tornar a aprendizagem mais dinâmica e envolvente, compartilhada tanto por estudantes quanto por docentes. Isso pode contribuir muito para instigar neles o apreço pelo

estudo e, por consequência, a disposição para a aprendizagem autônoma por toda a vida. Além disso, o PBL parece conferir aos discentes mais motivação para o trabalho ao qual estão sendo preparados durante a formação (LOPES, 2007; RIBEIRO, 2008).

De acordo com a literatura, o PBL fomenta um ambiente de aprendizagem no qual se tem mais atitudes altruístas e estimula a criação de parcerias entre estudantes e entre docentes e prática e desenvolvimento de habilidades comunicativas e sociais.

Outra vantagem que surge a partir do trabalho em grupo é a atitude dos estudantes, que aprendem a respeitar opiniões diversas e a construir consensos. Há o desenvolvimento da responsabilidade com relação ao cumprimento de planos e prazos, desenvolvendo a capacidade de estudo e trabalho autorregulado.

Por meio da utilização do PBL, as instituições e os docentes podem identificar precocemente estudantes que não teriam perfil para a profissão em questão e, assim, direcioná-los para outra carreira (RIBEIRO, 2008). Isso pode acontecer quando o discente, ao entrar em contato com um problema do mundo real, o qual ainda não havia tido oportunidade de fazê-lo ou experimentá-lo num método tradicional de ensino, é apresentado a esse tipo de questão dentro de uma perspectiva realista que o leva a perceber que aquilo não tem nada a ver com o que gostaria de exercer como profissional.

O PBL e a dinâmica de trabalho em grupo que apresenta, junto a atitudes altruístas e de colaboração, ajudam a diminuir a

evasão de estudantes, principalmente no ciclo básico. Ribeiro (2008) constatou que existe uma alienação do graduando no ciclo básico causada pelos currículos chamados tradicionais e que isso é um fator de evasão nos cursos de Engenharia.

Pelo PBL, é possível promover uma integração de conhecimentos que se torna necessária para o desenvolvimento de soluções aos problemas. Os docentes e os estudantes envolvidos trabalham juntos em grupo e são estimulados a trocar informações e experiências, tanto entre os membros da equipe quanto entre departamentos.

Outra vantagem citada na literatura é a facilidade que a instituição e o programa do curso têm de atualizar os currículos dos cursos. Essas alterações podem ser feitas modificando-se ou substituindo-se os problemas e os conhecimentos (conceituais, procedimentais e atitudinais) considerados relevantes para a prática profissional de estudantes, corpo docente e coordenação.

Desvantagens do método de aprendizagem por problemas

Uma das desvantagens do PBL é a dificuldade de abordar em profundidade e explorar todo o conteúdo programático, como nos cursos tradicionais. A questão do tempo disponível para a resolução dos problemas pode ser ou não um problema, dependendo do tipo de PBL adotado. Ribeiro e Escrivão Filho (2011) relatam, em uma aplicação do PBL, que alguns alunos reclamaram da carga de trabalho e do tempo extraclasse para o estudo do problema, da abordagem superficial do conteúdo

em sala de aula, do menor volume de conteúdo abordado, da dificuldade de trabalho em conjunto e do fato de alguns participantes não se empenharem como os demais. Por outro lado, um grupo constituído por estudantes de diferentes cursos cursando a mesma disciplina é salutar, pois o grau de conhecimento de cada um se soma e se complementa ao do outro. É nessas condições que o discente deve buscar desenvolver a habilidade de lidar com conflitos e chegar a um consenso.

Angelo *et al.* (2014) relatam algumas dificuldades na implantação do PBL, como: i) elaborar problemas que reflitam situações do mundo real e que sejam motivadores; ii) dificuldade do grupo tutorial em estabelecer um tempo para a resolução do problema pelos estudantes; iii) dificuldade de estipular o escopo do problema. OLIVEIRA (2013) relata, com base na literatura, outras desvantagens do PBL, como lacunas nos conhecimentos conceituais e dificuldade na avaliação individual, dentre outras.

Modelos de implantação do método de aprendizagem por problemas

De acordo com Ribeiro (2008), Martins (2002) e Kuri *et al.* (2007), o modelo PBL original sofreu modificações para ser usado nos cursos de Arquitetura e Engenharia. As soluções objetivadas no ensino dessas duas áreas não se reduzem à obtenção de um diagnóstico ou à escolha de um dentre vários tratamentos. No ensino de Engenharia, o processo de resolução do problema é mais complexo, frequentemente resulta em mais de uma possibilidade e implica a confecção de algum

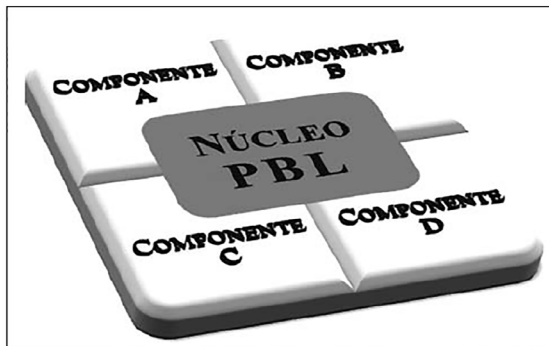
artefato concreto, como maquetes, protótipos, modelos etc. Esse processo requer mais tempo e conhecimentos conceituais e procedimentais mais difíceis de serem desenvolvidos autonomamente, em um tempo compatível com o período de formação do estudante.

Modelo híbrido

Na versão híbrida, os problemas também formam o núcleo do currículo, mas há disciplinas previamente organizadas que dão suporte a eles (RIBEIRO; ESCRIVÃO FILHO, 2011).

Para a implantação do PBL em cursos de Engenharia, tem-se empregado um modelo híbrido, no qual o currículo incorpora um componente central em que problemas e projetos são trabalhados por grupos de estudantes apoiados por tutores. O núcleo de problemas é informado por componentes curriculares (módulos, matérias e laboratórios) que são suporte ao ensino, como ilustrado na Figura 1. Cabe aos docentes responsáveis, a escolha da melhor metodologia para ensinar os conteúdos requeridos pelas soluções dos problemas. Podem ser utilizadas formas de ensino como aulas expositivas, seminários, visitas externas, dentre outras.

Figura 1 – Recorte transversal de um currículo PBL híbrido



Fonte: RIBEIRO, 2008, p. 25.

A duração dos componentes curriculares ensinados por PBL pode se estender por um bimestre, semestre ou por todo um ano letivo, desde que trabalhados nos momentos em que sejam relevantes para criar uma solução ao problema em questão. Nessa estratégia, os recursos humanos e materiais podem ser previamente alocados a partir da demanda de conhecimentos prevista para as questões. Pode ocorrer um estresse nos estudantes, devido à constante mudança de abordagens, da aprendizagem passiva para a ativa, ou vice-versa.

Modelo parcial

No formato parcial, o PBL é implantado em disciplinas isoladas dentro de currículos convencionais, baseados em aulas expositivas (RIBEIRO; ESCRIVÃO FILHO, 2011).

O PBL também tem sido implantado como um modelo parcial, ou seja, num componente (ou mais) dentro de um currículo convencional, como ilustrado na Figura 2. Nesse caso, um conjunto de problemas é utilizado para introduzir, estruturar e aprofundar os conteúdos desse componente. Os conteúdos dos demais componentes (A, B, C e D) são trabalhados separadamente, empregando-se metodologias convencionais, e desvinculados dos problemas apresentados no componente PBL. A principal limitação desse modelo está na probabilidade de vários componentes competirem pela atenção e pelos esforços dos alunos, especialmente em razão dos diferentes ritmos de ensino e sistemáticas de avaliação de desempenho discente. Ademais, a capacidade integrativa do PBL pode ficar comprometida com respeito aos conteúdos trabalhados nos demais componentes do currículo.

Figura 2 – Recorte transversal de um currículo com implantação parcial de PBL



Fonte: RIBEIRO, 2008, p. 26.

Modelo post-holing

Há ainda um formato do PBL conhecido como *post-holing*, no qual problemas são utilizados dentro de um componente curricular trabalhado convencionalmente (*e. g.*, aulas expositivas), quando o professor deseja aprofundar um determinado assunto ou integrar os conceitos vistos até então.

Elementos essenciais na implantação do método de aprendizagem por problemas

Os resultados da implantação do PBL podem ser diminuídos ou invalidados quando a metodologia afasta-se do modelo original de McMaster. Um formato de PBL deve contemplar alguns elementos principais listados a seguir:

- a) um problema da vida real sempre precede a discussão da teoria;
- b) demanda um processo formal de solução de problemas;
- c) a resolução do problema envolve o trabalho dos estudantes em grupo;
- d) implica o estudo autorregulado e autônomo dos estudantes;
- e) idealmente deve favorecer a integração de conhecimentos.

Alternativas de implementação do método de aprendizagem por problemas

Em Martins (2002), encontra-se uma interessante apresentação sobre a implementação categorizada do PBL, utilizando poucas ou muitas características do método. É apresentada uma adaptação da Taxonomia de Barrows, desenvolvida por Barrows (1986), que mostra a combinação de implementações de PBL que as escolas médicas têm feito. Expõe, ainda, a ligação entre as várias combinações de implantação e a obtenção de objetivos educacionais.

A taxonomia está no Quadro 1, a seguir.

Quadro 1 – Uma taxonomia de métodos de aprendizagem baseada em problemas

Tipo de implementação	Descrição
Caso baseado em leitura	Pequenos casos que são usados brevemente para ilustrar alguns pontos durante a leitura.
Leitura baseada em caso	Estudantes reveem um caso longo, bem estruturado, que contém toda a informação factual necessária, antes da leitura. Esses casos são, então, usados para ilustrar os pontos produzidos durante a leitura.
Método de caso	Reveem um caso mais complexo, um que contém toda a informação factual necessária, antes da leitura. O instrutor provoca uma discussão do caso entre os estudantes, que discutem de forma interativa o assunto em grupos pequenos.

(continua)

Tipo de implementação	Descrição
Modificação de método baseado em caso	Os estudantes veem um caso complexo, no qual uma representação inicial do problema é fornecida, mas uma informação adicional relevante deve ser adquirida pelo discente no trabalho de pesquisa. Os estudantes trabalham em pequenos grupos, e o instrutor não fornece quase nenhuma leitura, agindo somente como tutor que assegura a compreensão do caso pelos estudantes. Essa é a forma mais comum de construir a ABP nas escolas de Medicina.
Método baseado em problema	Estudantes veem um caso complexo, muitas vezes, na forma de interação simulada entre participantes. Adquirem informação relevante adicional para o caso. O instrutor tem um papel mais ativo, revendo técnicas que se aplicam ao caso.
Reiteração do método baseado em problema	Os estudantes são questionados para reavaliar o caso após a conclusão e para finalizar duas etapas adicionais. Primeiramente, avaliam os resultados obtidos e a estratégia utilizada para resolver o problema, verificam se foram apropriados e se o resultado poderia ter sido melhor. Em seguida, avaliam o conhecimento que têm do caso, bem como as habilidades adquiridas para resolver o problema.

Fonte: MARTINS, 2002, p. 80.

Embora os aspectos apresentados no Quadro 1 refiram-se a estudos de casos na área médica, estão também presentes

nas áreas de Engenharia, por exemplo, quando o problema apresentado ao grupo de estudantes, envolvendo um processo ou uma máquina operando de forma ineficiente, deva ser investigado e as soluções devam ser criadas para torná-lo eficiente sob o ponto de vista de energia e de redução de impactos sobre o meio ambiente.

Uma vez apresentado o problema, os estudantes deverão buscar conhecimentos para lidar com ele, desenvolvendo, assim, habilidades e atitudes para a solução do caso. Cabe ao professor acompanhar todo o processo, corrigir rumos e verificar se os conhecimentos que estão sendo adquiridos pelos estudantes estão inseridos na disciplina e se contribuirão para a solução final do problema. A estratégia utilizada para o acompanhamento e a avaliação do progresso dos estudantes pode ocorrer por meio de seminários, relatórios, abrangendo conceitos teóricos fundamentais e metodologia aplicada, reuniões com o tutor, debates e apresentação formal dos resultados. Angelo *et al.* (2014) apresenta uma avaliação do processo de aprendizagem por PBL composta por três etapas: i) avaliação dos produtos elaborados a partir dos problemas; ii) avaliação de desempenho durante as sessões tutoriais; e iii) “bate-bola”, uma discussão entre o tutor e o estudante sobre a solução do problema, na qual se avaliam os conhecimentos adquiridos pelo estudante.

Casos de sucesso na utilização do método de aprendizagem por problemas

Embora a literatura dialogue favoravelmente à aplicação do PBL nos cursos de Engenharia, o que se vê é a implementação do PBL em apenas algumas disciplinas.

Na literatura, encontram-se diversos trabalhos sobre o PBL aplicado a cursos de graduação em várias áreas do conhecimento. Ribeiro (2008) relata que a introdução do PBL no ensino de Engenharia é mais recente que em outras áreas do conhecimento. No Brasil e no exterior, há relatos de trabalhos que estudaram a implantação de PBL em cursos de Engenharia, Administração, Medicina, Arquitetura, Ciências Contábeis, Pedagogia, dentre outros. Em todos os estudos, advoga-se a favor do PBL, embora se faça observações a respeito de o método não ser a solução para todos os problemas de ensino e aprendizagem em uma graduação.

As escolas pioneiras na adoção do método são as escolas de McMaster, no Canadá, e a de Maastricht, na Holanda. Nos Estados Unidos, as escolas de Albuquerque, de Harvard, do Havaí, entre outras, adotaram o método, que tem sido recomendado pelas Sociedades de Escolas. Na África, na Ásia e na América Latina, várias escolas têm recomendado o método, sob a supervisão de uma ou duas escolas pioneiras (ESCOLAS MÉDICAS DO BRASIL, 2006).

Escolas da área da saúde, como as de Enfermagem, Fisioterapia, Veterinária e Odontologia, têm adotado o método com sucesso e, também, a Faculdade de Economia da Universidade

de Maastricht e algumas escolas de Engenharia dos Estados Unidos, por exemplo.

Implantação parcial da aprendizagem por problemas na Universidade de São Paulo

Escrivão Filho e Ribeiro (2009) fazem o relato da experiência de aplicação do método PBL em cursos de Engenharia da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (EESC/USP).

Foi relatada uma experiência com o uso do modelo parcial do PBL em alguns cursos da área, aplicando-se o método em uma disciplina comum a eles.

A disciplina em comum chama-se “Teorias da Administração”, oferecida nas graduações de Engenharia Civil, Engenharia de Produção e Engenharia de Computação, entre os anos de 2002 e 2008. Os cursos eram presenciais, e a disciplina de “Teorias da Administração”, também. Os encontros ocorriam em uma sala de aula da EESC/USP e eram o principal espaço para se vivenciar a experiência do ensino com o PBL.

A seguir, pode-se entender melhor como foi a experiência com o uso do método no ensino de uma disciplina, em modelo parcial de PBL.

Resumo do relato da experiência, retirado de Escrivão Filho e Ribeiro (2009):

A experiência foi o projeto, implantação e condução do método PBL (*Problem-Based Learning* –

Aprendizagem Baseada em Problemas) nos cursos de Engenharia Civil, Engenharia de Produção e Engenharia de Computação no período de 2002 a 2008 na Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP). O formato PBL adotado é parcial, ou seja, em disciplina isolada, com conteúdo de Teorias da Administração. Os problemas – desafios de diagnóstico, pesquisa e solução – são trabalhados pelos alunos em um ciclo de três aulas. Os alunos formam grupos de quatro ou cinco membros com desempenho rotativo de papéis de líder, redator e porta-voz. O grupo deve apresentar a solução do problema em produtos variados, como relatório escrito em duas páginas, apresentação oral e criação de esquema visual em cartazes. O resultado da adoção parcial do PBL é avaliado como bom pela maioria dos alunos; em torno de 90% afirmaram que a avaliação do PBL é positiva na aprendizagem. A avaliação geral do professor aponta que o método PBL é uma alternativa muito boa de ensino-aprendizagem, embora, no formato em que foi implantado, favoreça a amplitude do conteúdo em detrimento de sua profundidade (ESCRIVÃO FILHO; RIBEIRO, 2009, p. 23).

Detalhamento da experiência relatada em Escrivão Filho e Ribeiro (2009):

Disciplinas de Administração (mais especificamente de Teorias de Administração) oferecidas aos cursos de graduação em Engenharia de Produção, Engenharia Civil e Engenharia de Computação e na pós-graduação (mestrado e doutorado) em Engenharia de Produção. As disciplinas são oferecidas pelo Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP). O método instrucional utilizado nessas disciplinas poderia ser denominado de “aprendizagem baseada em problemas”, pois problemas relativos a esses conteúdos foram usados para motivar os alunos a aprendê-los e para torná-los

atores ativos no processo ensino-aprendizagem. O formato do PBL adotado seria denominado de parcial em razão de sua implementação em disciplinas isoladas dentro de currículos convencionais. Com o uso do método PBL, as aulas deixaram de ser totalmente expositivas e centradas no professor. O projeto das aulas foi influenciado pelos fundamentos do PBL de desafiar os alunos por meio de problemas antes da apresentação da teoria; usar o método de solução de problemas para conduzir o diagnóstico, pesquisa e solução do problema; dar autonomia aos alunos para conduzir seu aprendizado; trabalhar em equipes; aumentar a interação entre alunos e professor e entre os alunos (ESCRIVÃO FILHO; RIBEIRO, 2009, p. 26).

Outros estudos podem ser encontrados na literatura, como o de Sales *et al.* (2013), que relata a experiência da implantação do PBL no curso de Engenharia de Software, na disciplina “Interação Humano-Computador”, no qual verificou-se que a maioria dos alunos mostrou-se satisfeita com o método. Na opinião deles, os atributos mais relevantes do PBL para aprendizagem foram o desenvolvimento de competências para a solução de problemas e o uso da pesquisa como ferramenta para aprendizagem. Da mesma forma, pode-se encontrar em Angelo *et al.* (2014) a aplicação do PBL no ensino de programação de computadores com resultados satisfatórios.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Foi realizado um estudo da grade curricular do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental no nível de graduação,

analisando-se o número de disciplinas oferecidas, pré-requisitos para cada uma delas e carga horária das que são teóricas e práticas. Foi feita uma pesquisa de interesse e perspectivas dos estudantes com relação às disciplinas e aos trabalhos que envolvem a aplicação prática dos conteúdos teóricos desenvolvidos em cada uma.

A forma de interação com os estudantes e o levantamento de dados foram realizados por meio de entrevistas diretas e verbalização.

Para estudar a implantação do PBL foi selecionada a disciplina “ENG 272 – Termodinâmica”, que é oferecida pelo Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, para o curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, concomitantemente aos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica, como disciplina obrigatória, e, como optativa, para o curso de Engenharia de Alimentos. A referida disciplina foi escolhida por abordar aspectos relacionados a energia e trabalho, presentes em máquinas e equipamentos comuns no cotidiano do engenheiro, e que permitem a exploração de uma gama de problemas de engenharia envolvendo motores, usinas de geração de energia elétrica, refrigeração, combustão e outros. O PBL apresenta-se como um método instigante de aprendizagem para essa disciplina, pois leva o estudante a pensar, analisar e buscar conhecimentos para desenvolver ou melhorar processos e máquinas.

A partir da revisão da bibliografia e das experiências do professor na docência dessa disciplina, foram propostas uma sistemática de organização dos trabalhos para estudantes em sala de aula e uma proposição de atividade avaliativa que teve

como base a filosofia do PBL no formato parcial. Os problemas ou projetos a serem sugeridos buscam os conhecimentos abordados no conteúdo programático da disciplina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aprendizagem por problemas no curso de Engenharia Agrícola e Ambiental

O curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da UFV tem o currículo estruturado no sistema de crédito e oferta de disciplinas semestrais. Pela análise do projeto pedagógico dessa graduação e pelo que relata Ribeiro (2008), Martins (2002) e outros, pode-se concluir que o método de ensino praticado nesse caso é do tipo tradicional.

Nesse curso, a introdução do PBL pode ser a implantação do modelo parcial, como indicado em Ribeiro (2008) e Escrivão Filho e Ribeiro (2009).

A implantação do modelo parcial, ou seja, o método é aplicado para o ensino de algumas disciplinas, pode ser imediata, dependendo apenas da escolha do professor da disciplina.

Pode-se também utilizar o conceito e a metodologia do PBL para o ensino de parte do conteúdo de algumas disciplinas do curso, seguindo a ideia do modelo parcial e híbrido apresentado em Escrivão Filho e Ribeiro (2009).

A grade curricular do curso é bem diversificada em número de disciplinas e em áreas do conhecimento de Engenharia.

São oferecidas disciplinas das áreas de Engenharia Ambiental e Agrícola e há uma forte base em Matemática e Física, principalmente no ciclo inicial.

Uma análise detalhada do projeto pedagógico e da matriz curricular sugere a necessidade de integração de conteúdos para o desenvolvimento de soluções requeridas a problemas da área de atuação do engenheiro.

Todos os requisitos para introdução do PBL e dos resultados dessa metodologia, conforme citado na literatura, podem ser trabalhados nesse curso. Inicialmente, não há necessidade de mudança da matriz curricular ou de criação de uma nova disciplina. Para se iniciar o trabalho com o PBL, é necessário que um professor possa planejar e implantar o método na disciplina que ofertar e avaliar os resultados.

Os procedimentos podem ser aqueles sugeridos em Lopes (2007), Ribeiro e Escrivão Filho (2011) e Reis (2005), em que foram aplicados PBL para o ensino de Engenharia.

Aprendizagem por problemas em disciplina do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental

Para introduzir o conceito do PBL como método de ensino e aprendizagem em uma disciplina do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, alguns requisitos são necessários. Tanto ao estudante como ao professor, é necessário: (i) ter habilidades em pesquisa; (ii) utilizar ferramentas de busca na internet; (iii) utilizar *softwares* diversos; e (iv) melhorar continuamente.

O estudante, como copartícipe do processo de ensino e aprendizagem que será gerado com a oferta de uma disciplina na Engenharia, precisa ter habilidade em pesquisa. Ou seja, é necessário que ele tenha experiência em pesquisa, pois, no modelo PBL, o estudante tem que buscar informações sobre o problema com o qual foi confrontado. É necessário fazer pesquisas o tempo todo. Os estudantes precisam checar informações e dados, pesquisar conceitos, comunicar-se.

Pode-se utilizar como referência as etapas do aprendizado que foram adaptadas dos trabalhos de autores como Ribeiro e Escrivão Filho (2011), Kuri *et al.* (2007), dentre outros, como é mostrado no Quadro 2. As etapas do aprendizado referem-se ao que o professor espera do estudante durante o processo de aprendizado, utilizando o método PBL.

Quadro 2 – Etapas do aprendizado esperado

Primeira etapa: conhecer o problema

Segunda etapa: entender o problema

Terceira etapa: pesquisar soluções

Última etapa: estudante apresenta soluções para o problema

Fonte: RIBEIRO e ESCRIVÃO FILHO (2011, p. 30) e KURI et al. (2007).

A disciplina “Termodinâmica”, do quarto período, foi escolhida para a aplicação do conceito de PBL, utilizado como estratégia complementar aos métodos convencionais. Introduziu-se uma atividade avaliativa realizada por grupos de cinco alunos.

A metodologia seguiu as etapas do aprendizado esperado, conforme descrito logo a seguir.

Etapas do aprendizado esperado e descrição da atividade avaliativa para uma disciplina do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental da UFV

Primeira etapa – Objetivo: conhecer o problema.

Problema apresentado

Os grupos deverão pesquisar, no banco de teses e dissertações, os trabalhos relacionados a “Termodinâmica” e os tópicos abordados no plano de ensino da disciplina. O professor pode também optar por apresentar um problema a ser trabalhado.

Atividade avaliativa 1 (indicada para o grupo que apresenta).

O grupo deverá apresentar um relatório contendo o problema da pesquisa de tese ou dissertação, os dados e informações sobre o problema. A apresentação deve ser para toda a turma e pode ser feita, por exemplo, em PowerPoint.

Segunda etapa – Objetivo: entender o problema.

Atividade dos grupos (indicada para os grupos que assistem).

Durante a apresentação, todos os grupos que a assistem fazem uma pergunta para o grupo que se apresenta. Este responde a cada uma das perguntas feitas pelos primeiros.

Atividade avaliativa 2 (indicada para os grupos que assistem).

Cada grupo que assistiu à apresentação entrega, ao final, relatório sobre uma possível solução para o problema apresentado pelos que apresentaram o problema.

Terceira etapa – Objetivo: pesquisar soluções.

Atividade dos grupos (indicada para grupos que assistem).

Cada grupo apresenta soluções para o problema a todos os grupos. Apresentação em PowerPoint ou outro *software* para essa finalidade.

Atividade avaliativa 3 (indicada para todos os grupos, inclusive para o grupo que se apresentou).

Todos os grupos entregam, ao final das apresentações, relatório indicativo de qual a melhor solução apresentada.

Última etapa – Objetivo: apresentar uma solução para o problema.

Atividade do grupo (indicada para o grupo que apresenta).

O grupo que apresenta recebe todas as soluções apresentadas pelos que os assistiram, incluindo a apresentação em PowerPoint e os dados dos questionários apresentados na atividade avaliativa 3.

Atividade avaliativa 4 (indicada para o grupo que apresenta).

O grupo apresenta a própria solução (e/ou a melhor solução das apresentadas pelos grupos que assistem).

Resultado: Solução para o problema.

Uma atividade complementar para os estudantes.

O professor pode expandir com outra etapa de aprendizado esperado, incluindo a tarefa de cada grupo construir um artefato resultante da melhor solução apresentada. Poderá ser um texto, *software*, produto, processo, método, circuito etc. O professor tem a opção de definir qual artefato deverá ser construído.

O Quadro 3, demonstra o resumo das atribuições dos grupos.

Quadro 3 – Resumo das atribuições dos grupos

Etapas do aprendizado esperado	Grupo que apresenta	Grupo que assiste	Avaliação
Primeira etapa	X		Atividade avaliativa 1
Segunda etapa		X	Atividade avaliativa 2
Terceira etapa	X	X	Atividade avaliativa 3
Última etapa	X		Atividade avaliativa 4

Fonte: elaborado pelos autores.

Metodologia de organização dos grupos de estudantes em sala de aula

A atividade requer bastante interação entre os membros de um grupo, entre os grupos e todos com o instrutor (professor). Tratando-se de disciplina presencial, o instrutor (professor)

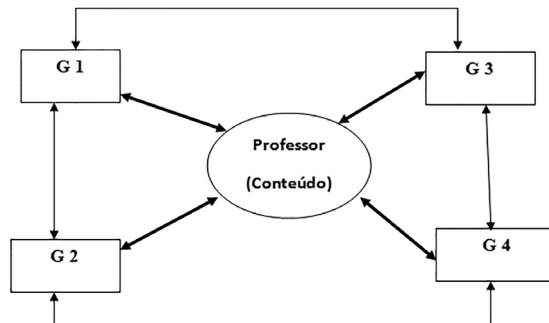
tem a chance de estar face a face com os estudantes, o que é revertido como vantagem para facilitar a transmissão e a recepção de informações diversas que os grupos expressem ou requisitem durante a execução das tarefas. Uma dinâmica descrita a seguir pode ajudar na organização desses ajuntamentos no espaço da sala de aula.

Procedimentos

- 1) As turmas são divididas em células de trabalho (grupos G1, G2, G3, G4... Gn). O objetivo é dinamizar o processo de aprendizagem dos alunos e a troca de conhecimento entre o grupo.
- 2) Os grupos seguirão o roteiro com as referidas atividades e a avaliação a ser realizada. Os conteúdos a serem trabalhados pelas células dizem respeito às soluções que o problema proposto requer.
- 3) O professor se torna o gestor das células de trabalho, gerenciando os trabalhos e atitudes relacionadas.

Na sala de aula, a organização do espaço é importante e deve levar em conta a fluidez do conhecimento, das informações e a comunicação dos estudantes de cada célula de trabalho. Logo a seguir, na Figura 3, é apresentado um esquema estrutural da forma de organização dos grupos, no qual o professor assume posição de gestor dos trabalhos de cada um deles.

Figura 3 – Esquema estrutural da forma de organização dos grupos



Fonte: elaborado pelos autores.

CONCLUSÃO

Este estudo apresentou uma proposta de implantação do método PBL na disciplina “Termodinâmica”, do curso de Engenharia Agrícola e Ambiental. A implantação dessa metodologia mostrou-se viável, uma vez que permite ser conduzida da forma aqui sistematizada, em uma aprendizagem que vai além da que seria adquirida dentro dos limites de uma sala de aula pelo método tradicional. Quando se trabalha com algo novo, cuja resposta não está nos livros, como acontece no ambiente de trabalho, é necessário buscar conhecimentos em várias áreas e integrá-los de forma a se ter todas as informações necessárias à solução do problema. Essas noções, uma vez aplicadas, não se perdem facilmente, como ocorre com as que são aprendidas apenas para a realização de uma prova. São as habilidades e atitudes desenvolvidas na

procura de conhecimentos, por meio de pesquisa, estudo, orientação, leitura, trabalho em equipe, que permitirão aos estudantes vencer os desafios que lhes serão apresentados na vida profissional. O PBL adequa-se muito bem ao ensino de Engenharia, pois proporciona o desenvolvimento de habilidades que o engenheiro deve possuir, como capacidade de autoaprendizagem contínua, relacionamento social ético e para solucionar problemas.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Fundação Arthur Bernardes (FUNARBE), à Universidade Federal de Viçosa (UFV) e à Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

ANGELO, M. F.; LOULA, ANGELO C.; BERTONI, F. C.; SANTOS, J. A. M. Aplicação e avaliação do método PBL em um componente curricular integrado de programação de computadores. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 33, n. 2, p. 31-43, 2014.

BARROWS, H. S. A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical Education*, v. 20, 1986.

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V.; LINSINGEN, I. V. Epistemologia e ensino de Engenharia. *Revista de Ensino de Engenharia*, Brasília, v. 18, p. 51-57, 1999.

ESCOLAS MÉDICAS DO BRASIL. Problem based learning. Disponível em: <http://www.escolasmedicas.com.br/news_det.php?cod=124>. Acesso em: 30 abr. 2016.

ESCRIVÃO FILHO, E.; RIBEIRO, L. R. C. Aprendendo com PBL – Aprendizagem baseada em problema: relato de uma experiência em cursos de Engenharia da EESC-USP. *Revista Minerva*, v. 6, p. 23-30, 2009.

KURI, N. P.; SILVA, A. N. R.; MANZATO, G. G. Aprendizado baseado em problemas em uma plataforma de ensino a distância. *Revista Minerva*, v. 4, p. 27-39, 2007.

LOPES, G. N. Aprendizagem baseada em problema com aplicações em Ciências Agrárias – Uma proposta para o CCA/UFRR. *Agro@ambiente*, v. 1, p. 43-49, 2007.

MARTINS, J. G. *Aprendizagem baseada em problemas aplicada a ambiente virtual de aprendizagem*. 2002. 219 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

OLIVEIRA, Maria das Dores R. de. *Aprendizagem baseada em problemas/projetos em ambiente on-line na perspectiva de educadores e educandos das ciências de alimentos*. 2013. 221 f. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, 2013.

REIS, F. A. G. V. *Aplicação da metodologia da problematização em disciplinas de Engenharia Ambiental*. 2005. 217 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Estadual Paulista, 2005.

RIBEIRO, L. R. C.. Aprendizagem baseada em problemas (PBL) na educação em Engenharia. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 27, p. 23-32, 2008.

RIBEIRO, L. R. C.; ESCRIVÃO FILHO, E. Avaliação formativa no ensino superior: um estudo de caso. *Acta Scientiarum. Language and Culture*, v. 33, p. 45-54, 2011.

SALES, A. B. de; DEL MOURA, A. de; SALES, M. B. de. Avaliação da aplicação da aprendizagem baseada em problemas na disciplina de “Interação Humano e Computador” de curso de Engenharia de Software. UFRGS. *Revista Renote. Novas tecnologias na educação*, v. 11, n. 3, dez. 2013.

SCHNAID, F.; TIMM M.; ZARO, M. A. Considerações sobre uso de modelo construtivista no ensino de Engenharia. *Anais da 25ª RBA Saberes e práticas antropológicas desafios para o século XXI*, v. 1, p. 1-21, 2003.

TAROUCO, L. M. R. Educação a distância: tecnologias e métodos para implantação e acompanhamento. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE EDUCAÇÃO VIRTUAL, 1999, Fortaleza, p. 344-359.

ABSTRACT

From the study of a regular subject in the undergraduate program of Agricultural and Environmental Engineering, relating the perspectives of the professor and their students and considering the workload and the contents addressed, a systematic work known as Problem-Based Learning - PBL was proposed to be used in the classroom to introduce the method in engineering education. The results demonstrate the feasibility of partially using the PBL approach and its applicability to subjects that have practical classes, as was the case of the subject studied, Thermodynamics. The paper also presents a methodology for organizing groups of students in the classroom to dynamize the learning process and to support the exchange of experiences by PBL.

Keywords: *Engineering education. Didactics. Teaching method. Training in engineering.*

Wilson José de Araújo

Tem formação em Ciências Econômicas, licenciatura em Matemática, mestrado em Engenharia de Produção e doutorado em Engenharia Agrícola. Atua nas áreas de competitividade empresarial, transferência e inovação tecnológica, utilização de novas tecnologias e desenvolvimento regional, ensino a distância e gestão de sistemas de EAD. É professor no Departamento de Gestão Pública do Centro de Educação Aberta e a Distância da Universidade Federal de Ouro Preto, trabalhando no ensino, pesquisa e desenvolvimento de novas formas de transferência de informação e conhecimento, uso de ambientes virtuais de aprendizagem, gestão de operações de serviços e processos e gestão pública.

wilson.ceadufop@hotmail.com

Roberto Precci Lopes

Possui graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e pós-doutorado na Iowa State University, nos Estados Unidos. Atua nas áreas de energia na agricultura, balanço de emissões e de energia, transferência e inovação tecnológica e técnicas de ensino no curso de Engenharia. É professor no Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, trabalhando no ensino, pesquisa, extensão e desenvolvimento de novas tecnologias para utilização de energia renovável no meio rural.

roberto.precci@ufv.br

Delly Oliveira Filho

Possui graduação em Engenharia Elétrica e mestrado em Engenharia Mecânica, ambos pela Universidade Federal de Minas Gerais, doutorado em Electrical Engineering pela McGill University, no Canadá, e pós-doutorado na Iowa State University, nos Estados Unidos. Atualmente é professor titular da Universidade Federal de Viçosa, no Departamento de Engenharia Agrícola. Atua nas áreas de gerenciamento do lado da demanda, planejamento energético, análise exergética e energética, energia solar fotovoltaica e térmica e racionalização do uso de energia em processos agroindustriais, instrumentação, modelagem e controle em processos agrícolas.

delly@ufv.br

Paulo Marcos Monteiro de Barros

Possui graduação em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Uberlândia e doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa. Atualmente é professor titular da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto e professor colaborador no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa. Tem experiência na área de automação e controle de processos, atuando principalmente nos seguintes temas: automação e controle de processos agrícolas, projetos elétricos e de iluminação.

paulo@em.ufop.br

Rubens Alves de Oliveira

Possui graduação em Engenharia Agrícola e Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) e mestrado e doutorado pela mesma instituição. É professor titular no Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, com forte atuação em ensino, pesquisa e extensão. Desenvolve pesquisas nas áreas de irrigação e drenagem e desenvolvimento de novos produtos. Atualmente exerce o cargo de diretor do Centro de Ciências Agrárias.

rubens@ufv.br