



APRENDIZAGEM EM SOLUÇÃO DE PROBLEMAS UTILIZANDO UM ACIDENTE EM USINA HIDRELÉTRICA COMO CENÁRIO

Luciano Gonçalves Noletto – lucianoletto@unb.br
Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama
Área Especial de Indústria Projeção A - UnB
72444-240 – Gama – DF

Maria Vitória Duarte Ferrari – vitferrari@unb.br
Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama
Endereço
72444-240 – Gama – DF

Resumo: *O presente trabalho apresenta resultados de uma experiência pedagógica de aprendizagem baseada em solução de problemas em usinas hidrelétricas na Universidade de Brasília – Campus Gama. Propôs-se a imersão do aluno como engenheiro de uma usina hidrelétrica em um cenário desfavorável. Dentro deste cenário, os alunos, organizados em grupo foram instados a fornecer três soluções: Emergencial, corretiva e preventiva. Esta dinâmica foi proposta no sentido de levar o aluno a uma experiência diversa da rotina de sala de aula, objetivando o aprendizado de competências para saber lidar com situações análogas. Os alunos apresentaram suas decisões e fizeram a avaliação do método. Depois da avaliação, os alunos foram orientados a chegar a uma decisão consensual da turma inteira. Os alunos apontaram que o método contribuiu para seu aprendizado e permitiu o desenvolvimento de competências transversais tais como trabalho em equipe e conciliação de opiniões divergentes.*

Palavras-chave: *Solução de Problemas, Competências Transversais, Métodos Didáticos, paradigmas do ensino de engenharia*

1. INTRODUÇÃO

A busca de métodos didáticos que proporcionem ao estudante a oportunidade de desenvolver as competências para a resolução de problemas e exponham o aluno a uma situação mais próxima da realidade profissional, com as pressões do campo organizacional é uma demanda cada vez maior do mercado e da sociedade. A utilização desses métodos contribui para uma melhor preparação do aluno para os desafios profissionais.

No cotidiano das empresas do setor elétrico, o engenheiro é constantemente colocado em posições de decisão acerca de assuntos que impactam a sociedade, e essas decisões vão além daquelas baseadas em resultados numéricos, envolvendo também a capacidade de agir rapidamente em situações desfavoráveis de modo a minimizar os impactos da situação.



Como exemplo, pode ser citado o acidente da usina de Fukushima, no Japão, amplamente divulgado pela mídia internacional (Obayashi, 2014). A usina foi afetada por um *tsunami*, e após o impacto, os engenheiros da usina foram colocados em uma situação extremamente desfavorável. Não apenas a produção de energia para a região de Tóquio foi afetada, mas também havia um risco muito sério de contaminação nuclear nos arredores da usina. Todas as decisões neste evento trouxeram consequências e os engenheiros precisaram tomá-las para evitar um mal maior. O estudante de engenharia precisará desenvolver habilidades e competências para tomar decisões e sustentá-la perante setores afetados, como por exemplo, cidades que ficaram sem energia ou serviços essenciais e que não podem ter problemas com apagões, como por exemplo, hospitais.

Essas demandas estão cada vez mais presentes na formação dos engenheiros, de desenvolver competências que vão além daquelas necessárias em projetos tradicionais de engenharia ou em resolução matemática de problemas. O engenheiro precisará tomar decisões em situações de pressão intensa e muitas vezes o problema não conterà todos os dados e informações necessárias para sua resolução. E nesses problemas o engenheiro poderá ser requisitado a fornecer soluções imediatamente, dada à gravidade da situação. Logo é recomendável que os cursos de engenharia incluam no processo de ensino o desenvolvimento de competências para que o estudante aprenda a lidar com estas situações.

O método de resolução de problemas contribui para proporcionar ao estudante de engenharia experiências que estendam à rotina de sala de aula, colocando-o no papel de tomador de decisões para a resolução de um problema por meio de simulação de situações que proporcionem aos alunos a oportunidade de serem submetidos ao questionamento por atores afetados pela resolução apresentada, de modo a capacitá-lo a sustentar suas decisões e a fazê-los avaliar a responsabilidade dessas decisões.

Na literatura disponível sobre o ensino em engenharia é possível verificar análises sobre as mudanças das exigências do mercado de trabalho influenciando as metodologias de ensino. Silva e Cecílio (2007) analisam esta mudança, observando que a realidade de sala de aula ainda encontra-se distante da realidade profissional. Para mudar este cenário os autores propõem mudanças no modelo de ensino tradicional, encampando as experiências de profissionais oriundos do mercado de trabalho, sem perder de vista a formação humanista do futuro engenheiro. Além disto, os autores afirmam que estas mudanças não dependem apenas das demandas do mercado de trabalho, mas também da implementação de políticas públicas que nortearão a formação dos docentes.

Pereira e Flores (2012) apresentam dados de um estudo onde se analisou a percepção discente sobre os métodos de avaliação e a relação entre avaliação e aprendizagem na Universidade do Minho. Os autores identificaram que os aspectos que os estudantes associaram aos métodos de avaliação são a aprendizagem, as avaliações, verificação de conhecimento e as notas. As autoras também discutiram os métodos de avaliação e sua eficácia sob a perspectiva dos alunos. Elas observaram que é necessário conhecer as abordagens usadas pelos alunos nessas avaliações, suas expectativas e as tarefas propostas.



A avaliação do impacto de projetos multidisciplinares na avaliação discente é explorada por Fernandes *et al.*(2010). Dados de uma experiência de projeto multidisciplinar em nível de pós-graduação foram apresentados. Esta avaliação segue o modelo CIPP (*Context, Input, Process, Product*) de Stufflebeam (*apud* Fernandes *et al.*(2010)). Os resultados foram analisados por meio da percepção discente sobre a iniciativa disciplinar. Os autores concluíram que a iniciativa permitiu maior compreensão e aplicação dos conteúdos, bem como o melhor aprendizado de competências transversais como trabalho em equipe, resolução de problemas, gestão de conflitos na equipe e um maior senso de responsabilidade.

Pinheiro e Masetto (2014) analisam em seu texto a necessidade do processo de renovação pedagógica dos docentes dos cursos de engenharia. Os autores apontam em seu texto que metodologias tradicionais de ensino podem levar ao desestímulo e à evasão escolar. Os autores também observam que esta renovação não trará uma solução única. Várias soluções que dependerão de fatores como realidade regional e objetivo da instituição de ensino superior poderão ser válidas nesta renovação.

O manuscrito de Larson (2014) descreve as redes de aprendizado utilizadas no MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). O autor analisa o impacto que as novas tecnologias causaram no mercado, nas empresas e no campo da pesquisa científica. Este impacto traz a necessidade da reformulação da relação empresa-universidade e por consequência, a forma de ensino e avaliação discente. As redes de aprendizado consistem em comunidades virtuais de discentes, docentes e pesquisadores cujo objetivo é aperfeiçoar as experiências de aprendizado. O autor descreve algumas experiências ocorridas no MIT com suas respectivas metas.

Os métodos descritos neste trabalho estão sendo desenvolvidos com o apoio de uma equipe multidisciplinar do curso de Engenharia de Energia do Campus Gama da Universidade de Brasília, contribuindo para mudanças de paradigma no processo de ensino de engenharia, atendendo às demandas do mercado de trabalho. Seu objetivo é apresentar um método de ensino baseado na solução de um problema de engenharia, utilizando como cenário uma usina hidrelétrica.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A disciplina “Sistemas Hidrelétricos”, ofertada no penúltimo ano do curso de Engenharia de Energia do Campus Gama da Universidade de Brasília, tem como objetivo geral apresentar ao aluno informações sobre dimensionamento e operação de usinas hidrelétricas. Sua ementa inclui conteúdos de dimensionamento básico das usinas, hidrologia, turbinas hidráulicas e componentes ambientais, sociais, econômicos e de engenharia vinculados às usinas hidrelétricas. Sua avaliação é feita predominantemente por projetos de dimensionamento, estudos de caso, ensaios de laboratório e visitas técnicas. No sentido de trazer uma dinâmica diferenciada da sala de aula, os professores do curso propuseram um projeto de gestão, cujo método é descrito a seguir.

Os alunos foram organizados em equipes de três membros e receberam um Termo de Referência com um cenário de um acidente em uma usina hidrelétrica, com a contextualização de características técnicas da usina, o cenário local, com a comunidade atendida pelos serviços e os requisitos para tomada de decisão. Neste cenário, o aluno foi demandado a apresentar três tipos de soluções: emergencial, corretiva e preventiva.

Este cenário foi descrito da seguinte forma: “A usina hidrelétrica, durante sua operação cotidiana, acabou por admitir uma tora de madeira que causou danos mecânicos severos na turbina. Por conta deste dano, a usina necessitou de parada emergencial de todas as turbinas”. Como condições de contorno, impõem-se algumas características da usina e de elementos em torno desta. Estas condições são:

- Existe uma usina termelétrica a cerca de 500 Km de distância da usina hidrelétrica, não interligada ao sistema elétrico nacional;
- A usina atende duas cidades, onde em uma delas funciona um hospital com serviço de emergência de 24 horas que deve ter fornecimento contínuo de energia;
- As demais turbinas mostram sinais de instabilidade quando trabalham acima de sua carga nominal. Além disto, a energia gerada nesta situação mostrou-se estar fora dos padrões de frequência de corrente elétrica no Brasil;
- O custo de substituição da turbina é menor que o custo de conserto. Porém, a instalação da nova turbina demandará mais tempo que o conserto da turbina danificada, visto que será necessária uma operação de desmontagem e retirada da turbina danificada;
- A instalação de equipamentos que previnem que pedras e madeiras danifiquem instalações da usina tem um custo que a usina não pode arcar no momento, além de impor perdas de carga. Estas perdas exigiriam novo memorial de cálculo da vazão de projeto e da queda disponível, diminuindo a potência instalada.

Neste cenário, o aluno foi demandado a apresentar três tipos de soluções: Emergencial, corretiva e preventiva.

De acordo com os requisitos do método, a decisão emergencial devia ser tomada momentos após a instalação do cenário desfavorável. No cenário foram apresentadas soluções possíveis que não são ideais e foi informado aos alunos que qualquer solução escolhida tem consequências. Dessa forma foi proporcionada ao aluno uma simulação do mundo real, onde não há decisões certas ou erradas, mas sim decisões necessárias nessa etapa. Com essa premissa, as equipes deviam procurar a solução que tenha as menores consequências possíveis ou a solução que mais se aproxime dessa premissa.

A decisão corretiva deve ser tomada após a situação emergencial, e é impactada pela decisão emergencial. Novamente reitera-se a premissa que quaisquer soluções escolhidas têm consequências sobre o funcionamento da usina e o fornecimento de energia. E de forma similar, as equipes devem apresentar e justificar suas escolhas e serem questionados sobre elas.

Finalmente a decisão preventiva deve evitar ou minimizar o risco do cenário de que o cenário desfavorável se repita. As consequências das soluções apresentadas nessa decisão são observadas na operação cotidiana da usina. Nesse cenário as equipes são colocadas em um papel de engenheiros gestores da usina, onde suas decisões podem ou não afetar o dia-a-dia operacional da usina. E da mesma forma, as equipes são arguidos sobre as consequências de suas decisões.

As decisões foram apresentadas em seminário, onde as equipes foram arguidas pelas decisões e suas consequências. O objetivo pedagógico desta arguição foi proporcionar o aprendizado na sustentação de suas escolhas e demonstrar os elementos em que a equipe se baseou na tomada de decisão.

As alternativas para as decisões requeridas no Termo de referencia estão detalhadas no quadro 1.

Quadro 1 – Decisões Apresentadas para os Alunos

Decisão Emergencial	Redução da produção de energia, resultando em apagões em determinados setores das cidades.
	Ativação da usina termelétrica, que levará em torno de 6 horas para fornecer energia regularmente para as cidades.
	Aumento da carga das turbinas não danificadas.
Decisão Corretiva	Conserto da turbina danificada.
	Substituição da turbina danificada.
	Repotenciação da usina, com diminuição da potência instalada.
Decisão Preventiva	Uso de telas de metal na tomada de água e equipamentos de proteção no conduto forçado.
	Instalação de serviço de monitoramento do rio via satélite.



Não tomar decisão alguma, e tentar investigar o porquê de uma tora de madeira ter chegado ao reservatório da usina.

Após a divulgação do termo, os alunos se organizaram em grupos de três integrantes e iniciaram as discussões para tomada de decisão. Optou-se por deixar o cenário com um grau de clareza moderada, onde informações quantitativas foram omitidas. Esta opção foi escolhida para proporcionar ao aluno um cenário onde decisões precisam ser tomadas mesmo sem conhecer todas as variáveis concernentes ao problema. Esta é uma situação comum dentro da engenharia, principalmente em situações emergenciais, onde é necessário tomar uma decisão rápida. Além disto, essas decisões envolvem variáveis que o engenheiro não pode controlar, bem como questões acerca dos agentes públicos os quais a usina está vinculada, por exemplo, a concessionária de energia e a agência reguladora local ou federal.

As equipes puderam optar ou por um cenário em que as decisões eram excludentes ou pela combinação de decisões. Em cada uma destas decisões, uma justificativa foi demandada dos alunos, e os professores da disciplina assumiram papéis de representantes da sociedade, agências reguladoras e órgãos governamentais. Esta dinâmica buscou um afastamento do aluno da rotina de sala de aula. Após a apresentação, foi distribuído para os alunos um questionário, onde eles puderam avaliar o método, de modo a apontar suas contribuições e dificuldades enfrentadas, e identificar o grupo que apresentou a melhor solução. Finalmente, os professores requisitaram à turma de alunos o exercício de apresentar suas soluções, ouvir as outras equipes e tentar chegar a um consenso global.

3. RESULTADOS

Ao todo, uma turma de dezoito alunos, divididos em grupos de três pessoas, participou do método. Na apresentação observou-se que os alunos procuraram várias fontes para balizar os fundamentos das decisões. De uma forma geral, durante a resolução do caso os alunos buscaram engenheiros da área, pesquisa em *websites* de agências reguladoras e de notícias, realizaram visitas a usinas hidrelétricas, pesquisaram a legislação concernente à transmissão e distribuição de energia elétrica e artigos científicos.

Notou-se que dois grupos utilizaram a legislação para basear suas decisões. Na decisão emergencial, esses grupos levantaram a Portaria 400 do Ministério da Saúde, que determina que os hospitais devem ter grupos geradores e a Lei federal no. 6437 de 1977 impõem sanções para quem não cumprir a Portaria.

O restante dos grupos foi da opinião que a lei não deve definir a decisão emergencial completamente, mas sim servir de referência para avaliar responsabilidades civis e criminais das possíveis decisões.



Na avaliação do método os alunos apontaram que o alcance de um consenso dentro do grupo (44% da turma) foi a maior dificuldade interna e a falta de dados quantitativos (67% da turma) foi a maior dificuldade externa. Outras dificuldades apresentadas foram:

- Falta de material (22%);
- Falta de conhecimento na área (11%)
- Visualização dos cenários (11%);
- Como justificar as decisões tomadas (6%).

Os alunos também mencionaram a importância do método para a sua formação e as contribuições para o aprendizado, afirmando que os maiores desafios neste projeto foram: A tomada de decisões em cenários obscuros e sob pressão (72%), a responsabilidade inerente às essas decisões e ter que defender suas decisões, que podem ser impopulares (20% da turma).

Uma parte dos alunos (17%) apontou que a presença de dados quantitativos poderia dar melhor direcionamento para a tomada de decisões. Sua argumentação para justificar a presença desses foi expressa na dificuldade de enfrentar o problema simulado com as múltiplas variáveis não controladas, preferindo resolver uma questão matemática. Nesse caso, os professores procuraram guiar os alunos a se colocar não como receptores, mas sim como co-criadores dos cenários possíveis, procurando inserir informações oriundas de suas próprias iniciativas.

Os alunos também foram requisitados a avaliar o desempenho dos demais grupos. Do total de alunos, 83% tenderam a manter as decisões tomadas em seus grupos. Notou-se que 80% dos alunos que mantiveram suas decisões acreditaram que a sua decisão foi a melhor, e 20% dos alunos que mantiveram suas decisões discordaram parcialmente das decisões dos outros grupos. O restante da turma (17%) mostrou-se aberta a mudar a decisão tomada. Este grupo afirmou que os outros grupos pensaram em decisões e justificativas que não foram consideradas nos debates dos seus próprios grupos.

No debate, todos os grupos tentaram chegar a um consenso em todas as decisões. Observou-se que os alunos procuraram colocar sua visão do problema para tomar a decisão, e muitas dessas visões revelaram-se conflitantes. Nesse ponto os alunos passaram a tentar harmonizar as visões conflitantes e procuraram o consenso possível.

A percepção do professor facilitador foi que os alunos procuraram lançar mão de competências transversais como diálogo e conciliação de opiniões divergentes. No fim do debate com toda a turma os alunos chegaram às seguintes decisões:

- Decisão emergencial: Redução da produção de energia e ativação da usina termelétrica;
- Decisão corretiva: Conserto da turbina danificada;
- Decisão preventiva: Investigação da causa do cenário;

Cabe ressaltar que o consenso alcançado pelos alunos não foi completo. Observou-se que 39% dos alunos externaram discordância com as decisões consensadas, mas mostraram-se dispostos à convergência de opiniões com o restante da turma. No final os alunos



concordaram que a presença de mais informações traria um consenso melhor do que o atingido.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou resultados de uma experiência pedagógica de projeto de aprendizado baseado em solução de problemas no âmbito de uma disciplina de engenharia na UnB-Campus Gama. Foi demonstrado o método aplicado e os resultados obtidos.

Conclui-se que o método apresentado foi capaz de inserir o aluno em uma situação onde decisões precisam ser tomadas com celeridade e onde nem todas as informações estão disponíveis. Desta forma, pode-se afirmar que o método contribuiu com o aprendizado dos alunos, no sentido de incluir variáveis de gestão em sua formação. Com este aprendizado, espera-se que estes alunos tenham melhor capacidade de lidar com situações análogas à apresentada.

Esse método integra um projeto de ação contínua e continuará a ser aplicado nos semestres subsequentes de modo a perceber e verificar as contribuições oriundas na aprendizagem do aluno. Mudanças serão propostas no sentido de se alterar o número dos componentes do grupo, e a inclusão de técnicas de jogos de representação, designando o papel de personagens do cenário, tais como prefeitos, donos de empresas e hospitais, fiscais de agências reguladoras e moradores de cidades afetadas pelo problema causado.

Além disto, será feita também uma avaliação mais detalhada do nível de informação que deve ser fornecida para os alunos.

De acordo com a percepção dos alunos e professores envolvidos a aplicação desse método foi uma boa experiência e provocou várias discussões entre os alunos sobre as diferentes decisões, e provocou também uma percepção na mudança de atitude dos alunos em relação às competências que devem desenvolver no curso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FERNANDES, S. R.; FLORES, M. A.; LIMA, R. M. A Aprendizagem Baseada em Projectos Interdisciplinares: Avaliação do Impacto de uma Experiência no Ensino de Engenharia Avaliação, Campinas; Sorocaba, SP, v. 15, n. 3, p. 59-86, nov. 2010.

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.

PINHEIRO, Antonio C. F. B.; MASETTO, Marcos T. **A renovação pedagógica na engenharia e formação dos formadores de engenheiros.** Disponível em: <http://www.engenheiro2001.org.br/artigos/Artigo_1.htm>. Acesso em: 20 maio 2014.

OBUYASHI, Y. **Fukushima No. 1 boss admits plant doesn't have complete control over water problems.** Disponível em: <<http://www.japantimes.co.jp/news/2014/04/20/national/>>



fukushima-no-1-boss-admits-water-woes-out-of-control/#.U3evCygUqh4>. Acesso em: 19 maio 2014.

PEREIRA, D. R.; FLORES, M. A. Percepções dos Estudantes Universitários sobre a Avaliação das Aprendizagens: Um Estudo Exploratório Avaliação, Campinas; Sorocaba, SP, v. 17, n. 2, p. 529-556, jul. 2012.

LARSON, R. **Redes de aprendizagem MIT: Um Exemplo Educacional por Habilitação Tecnológica.** Disponível em: <http://www.engenheiro2001.org.br/artigos/Artigo_1.htm>. Acesso em: 20 maio 2014.

A PROBLEM-SOLVING LEARNING METHOD USING A HYDROELECTRIC POWER PLANT ACCIDENT AS A SCENARIO

Luciano Gonçalves Noletto – lucianonoletto@unb.br
Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama
Área Especial de Indústria Projeção A - UnB
72444-240 – Gama – DF

Maria Vitória Duarte Ferrari – vitferrari@unb.br
Universidade de Brasília, Faculdade UnB Gama
Área Especial de Indústria Projeção A - UnB
72444-240 – Gama – DF

Abstract: *This work presents results of a problem-solving learning experience in hydroelectric Power plant at the University of Brasília – Campus Gama. It is proposed the insertion of the student as an engineer of a hydroelectric plant that has suffered an accident. The students organized themselves into groups that should provide three solutions: Emergency, Corrective and Cautionary. This dynamic was proposed into the sense of taking the student to a new experience outside the traditional classroom experience, and therefore, developing the necessary skill to deal with similar situations. The students presented their decisions and evaluated the methodology. Later, all the students were urged to reach a consensus about the three decisions. The students pointed out that the main contributions of this methodology were the learning experience and the development of transversal skills, such as teamwork and conciliation of different opinions.*

Palavras-chave: *Problem Solving, Transversal Skills, Teaching Methods, Paradigms on engineering teaching*