

ELABORAÇÃO DE MODELOS FÍSICOS PARA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS: UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA

DEVELOPING PHYSICAL MODELS FOR RESISTANCE OF MATERIALS: A TEACHING EXPERIENCE

Giovanna Luísa Gomes da Paz¹, Simone Rodrigues Campos Ruas²

RESUMO

A disciplina Resistência dos Materiais 1, presente na matriz curricular do curso de Engenharia Civil e de outras engenharias, apresenta conceitos fundamentais para o entendimento do comportamento das estruturas e de matérias subsequentes, que, muitas vezes, não são visualizados pelos alunos em aulas expositivas e teóricas. De modo a comprovar a melhoria do ensino da disciplina e os benefícios trazidos aos estudantes através do incentivo à participação, este trabalho objetivou a analisar a elaboração, por parte dos discentes, de modelos físicos que representassem os fenômenos vistos em aula como alternativa didática. Após a explanação de determinado assunto, foi solicitado aos alunos que apresentassem algum modelo que representasse os efeitos estudados. Tal metodologia de ensino, aliada às aulas expositivas, demonstrou-se válida, conforme a análise do questionário aplicado aos participantes.

Palavras-chave: metodologia ativa; resistência dos materiais; ensino superior.

ABSTRACT

The discipline Mechanics of Materials 1, which is in the curricular proposal of the civil engineering course and many engineering courses, presents fundamental concepts to the understanding of the behavior of structures and subsequent disciplines. In many times, these concepts are not visualized by students in expositive and theoretical classes. For the purpose of verifying the improvement of the teaching of the discipline and the benefits brought to students by incentivizing participation, this study aimed to analyze the elaboration, by the students, of physical models that would represent the phenomenon seen in class as a didactic alternative. After explaining a certain subject, students were asked to present a model that would represent the studied effects. This methodology of teaching, allied to the expositive classes, was valid, according to the analysis of the questionnaire applied to the participants.

Keywords: active methodology; mechanics of materials; higher education.

¹ Graduanda, Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, giovannadapaz@gmail.com

² Profa. Me. Adjunta, Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Federal de Viçosa – *Campus* Rio Paranaíba, simonercampos@gmail.com

INTRODUÇÃO

A engenharia civil é uma área do conhecimento que necessita da visão dos alunos a respeito do espaço associado a cálculos matemáticos. Porém, essa visão nem sempre é de simples percepção. A compreensão dos conceitos exige dos alunos um nível de abstração nem sempre fácil de se conseguir. A disciplina Resistência dos Materiais, que faz parte da grade do curso de Engenharia Civil, é um exemplo dessa dificuldade. Nessa disciplina são apresentados os conceitos de esforços solicitantes, tensões e deformações sofridas pelas estruturas. Para compreender estes conceitos, a visualização da situação apresentada para o cálculo dos seus efeitos se faz muito importante.

Conforme afirma Oliveira (2008), o ensino dos conceitos matemáticos a um engenheiro estrutural é reconhecidamente necessário, porém não é suficiente para desenvolver noções qualitativas e a intuição. A estrutura pode ser considerada como um fenômeno, assim os números são importantes para quantificar e verificar, mas só pelos números não se desenvolve o senso crítico.

Assim, a busca por métodos que auxiliem no processo de ensino e aprendizagem é necessária e relevante. Quando o aluno interage com a prática, aplicando a teoria estudada, há um incentivo, uma motivação e o interesse do estudante é despertado. Segundo Nakao, Filho, Monteiro (2003) a completa compreensão de um assunto por um estudante é fundamental para o motivar ao estudo do tema. Um conceito não compreendido o levará a não entender a dimensão adequada que o assunto poderá ter no contexto de seu estudo.

Há muitos anos, vem sendo desenvolvidas formas para melhorias no ensino. Um dos primeiros a utilizar modelos estruturais para demonstração em sala de aula foi Rathbun, que em 1934, usou blocos de madeira com arame para simular um arco (HARRIS, 1999 apud NAKAO, FILHO, MONTEIRO, 2003).

Assim, o desenvolvimento desse projeto visa à melhoria da aprendizagem através do

incentivo à participação ativa dos estudantes na elaboração e visualização de modelos físicos qualitativos que demonstrem o conceito apresentado em sala de aula.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Maines (2001), os discentes ainda são avaliados conforme a quantificação de conteúdos absorvidos, estes muitas vezes complexos, associados a fenômenos incompreendidos e a problemas reais que não são visualizados facilmente. Em contrapartida, segundo Gouvêa, Casella e Jorge (2004), ressalta-se que o engenheiro da atualidade deve ser capaz não apenas de assimilar e dominar novas tecnologias, mas também de formá-las. A criação de novas técnicas deve estar associada ao intenso desenvolvimento tecnológico, o que se torna um desafio para o ensino.

O método tradicional mais utilizado no ensino da Engenharia Civil, em que o professor transmite todo o conteúdo por meio de aulas expositivas, não estimula a criatividade, a inovação, o desenvolvimento de senso crítico ou de habilidades indispensáveis ao exercício dessa profissão. Neste processo de ensino, os alunos são meros receptores passivos de informações. Assim, segundo Barbosa e Moura (2014), as mudanças são indispensáveis na sala de aula e nas relações entre professor e aluno.

Em virtude das habilidades básicas não desenvolvidas, conforme o estudo feito por Goldberg (2009), percebe-se que os estudantes de Engenharia estão tendo dificuldades em: fazer boas perguntas; nomear objetos tecnológicos e propor desafios; modelar os problemas qualitativamente; decompor os problemas propostos; coletar dados para análise; visualizar soluções e gerar novas ideias e transmitir as soluções por escrito e de forma oral.

Outro fato que indica a necessidade de mudança na maneira de ensinar é a forma como a geração atual dos estudantes trata a informação. Esta geração cresceu habituada a ter a resposta de suas dúvidas através de pesquisas rápidas pela internet e, por isso, tem

a sensação de conhecimento como à disposição de todos e de uma forma muito volátil.

Dessa forma, é um desafio muito grande para o professor em sala de aula fazer com que esse estudante se interesse, e, principalmente, se concentre nos assuntos abordados. As aulas puramente expositivas são um convite à desatenção dos discentes, levando-os a acessar a internet e a aplicativos nos celulares. Então, temos a pergunta: como melhorar esse quadro? A utilização de metodologias ativas de ensino pode ser uma alternativa.

De acordo com Berbel (2011):

as metodologias ativas têm o potencial de despertar a curiosidade, à medida que os alunos se inserem na teorização e trazem elementos novos, ainda não considerados nas aulas ou na própria perspectiva do professor. (BERBEL, 2011, p. 28)

Então, salienta-se a importância de se adquirir novas competências através de outros ideais formativos, que promovam um comprometimento do aluno com o processo de aprendizagem. Um deles é a análise de modelos físicos qualitativos, visto que o aluno é colocado como membro ativo no processo através do estímulo à solução de problemas difíceis e insólitos, resultando em uma maior facilidade de compreensão dos conceitos associados a situações reais e de novos assuntos que serão introduzidos (MAINES, 2001).

Esses modelos físicos qualitativos a serem utilizados em sala de aula não devem ser complexos, devem ser simples, portáteis e fáceis de manusear. E outra característica importante: devem ser executados com materiais baratos, como papel, madeira, plástico ou borracha. A percepção do comportamento é feita por observação visual, já que não é necessária a instrumentação visto que as deformações são acentuadas (SANTOS, 1983 apud SIQUEIRA, FIORITI, OKIMOTO, 2014)

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido com 42 alunos, matriculados na disciplina Resistência dos Materiais 1, do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa – *Campus*

Rio Paranaíba, durante o segundo semestre de 2017.

Esta disciplina é lecionada sem a utilização de aulas práticas. O conteúdo é apresentado de forma expositiva, sendo resolvidos exercícios em sala de aula com o incentivo à participação dos alunos.

Foi proposto aos alunos que, após a apresentação de certos conteúdos pré-definidos, seria solicitado que trouxessem na próxima aula um modelo físico qualitativo que representasse o fenômeno estudado. Esse modelo poderia ser confeccionado pelos próprios alunos ou poderia ser algum objeto do seu cotidiano, que representasse o conceito exposto anteriormente.

A apresentação dos modelos não foi obrigatória; o aluno podia decidir se queria ou não participar. Para aqueles que participassem e que trouxessem algo que realmente estava de acordo com o requerido pelo professor, iria receber um ponto por participação, para ser somado em suas notas semestrais da disciplina.

Foram três os momentos em que foi solicitada, aos alunos, a apresentação dos modelos, os quais foram chamados de Situação:

- 1) Situação 1 – após a explanação dos diferentes tipos de apoios das estruturas, visualizando os tipos de movimentos impedidos por cada um deles.
- 2) Situação 2 – após a apresentação do conceito de tensão de flexão, em que uma parte da estrutura flexionada fica tracionada e outra comprimida.
- 3) Situação 3 – depois da exposição do conceito de tensão cisalhante devido à esforço cortante.

Após o término da disciplina Resistência dos Materiais 1, foi aplicado um questionário aos alunos anteriormente matriculados na disciplina, tanto para os que participaram quanto para os que não participaram da apresentação dos modelos. O questionário foi elaborado com questões de múltipla escolha (4 questões iniciais) e utilizando-se a metodologia da Escala Likert de 5 pontos, variando de “concordo plenamente” a “discordo plenamente” (As demais 7 questões). A interpretação das questões em escala Likert foi feita de acordo com Mascarenhas, Dias, Bonaldo (2017). Ou seja, a avaliação das

respostas tem como medida os valores da mediana e da moda:

A fim de se acurar o entendimento dos resultados apresentados, tem-se que todas as respostas nas quais o valor da moda for maior do que o da mediana indicam uma concordância com a afirmação; por sua vez, quando os valores da moda são menores que os da mediana indicam uma discordância com a afirmação. Ademais, destaca-se que sempre que os valores da moda e da mediana forem iguais significa que aquela resposta é bastante representativa das escolhas feitas pelos respondentes, nas respectivas afirmações (MASCARENHAS, DIAS, BONALDO, 2017)

O questionário aplicado buscou avaliar a eficácia do projeto proposto para a melhoria da compreensão dos alunos. As sete questões utilizando a escala Likert tinham os seguintes enunciados:

Questão 5) A promessa de ponto extra para quem levasse um modelo físico para a sala de aula foi o motivo da minha participação.

Questão 6) A busca ou elaboração do modelo que representasse o tema abordado contribuiu para a minha compreensão do fenômeno estudado.

Questão 7) A busca ou elaboração do modelo que representasse o tema abordado me motivou a estudar sobre o assunto.

Questão 8) Com a elaboração, ou a busca pelos modelos, eu consegui associar o que estudo em sala de aula a situações vividas na prática.

Questão 9) Eu faria a apresentação dos modelos mesmo se não houvesse a promessa de pontos extras.

Questão 10) Eu considero que se não tivesse apresentado o modelo, teria mais dificuldade em visualizar a situação estudada.

Questão 11) Eu consegui explicar com segurança o meu modelo aos demais colegas.

RESULTADOS

Apesar de não ser uma atividade obrigatória para a disciplina de Resistência dos Materiais 1, a participação dos alunos em

apresentar um modelo foi bastante expressiva; 78,6% participaram.

Foi interessante observar alguns objetos trazidos, como exemplo: um tubo corrugado. Por meio de suas nervuras fica clara a separação das seções no caso de tração e a aproximação das seções no caso de compressão que acontece em um elemento submetido à flexão (Figura 1).

Figura 1 – Tubo corrugado ilustrando o efeito da flexão nas seções transversais.



Fonte: Jaqueline Aparecida Alves, 2018.

O prego em um pedaço de papelão foi apresentado para a Situação 1 representando um engaste (Figura 2).

Figura 2 – Representação de um apoio do tipo engaste.



Fonte: Daniel Augusto Pereira dos Santos Bessa, 2018.

Como forma de ilustrar a tensão de cisalhamento que ocorre na horizontal (Situação 3), foi apresentado o modelo constante na Figura 3, em que se ilustra o deslizamento das placas na extremidade da viga, provando a existência da tensão de cisalhamento na horizontal.

Figura 3 – Representação do deslizamento entre as placas de uma viga submetida a esforço cortante.



Fonte: Jaqueline Aparecida Alves, 2018.

Dentre as três oportunidades que tiveram para apresentar os modelos, a Situação 1 foi a que teve maior participação; 81,8%, seguida pela Situação 2, com 66,7%, e depois pela Situação 3, com 51,5%.

Para aqueles alunos que não participaram em nenhuma situação (21,4%), a Tabela 1 apresenta os motivos. A justificativa de falta de tempo foi a da maioria, 55,6%. A quantidade expressiva de alunos que não conseguiram visualizar nenhum modelo que pudesse apresentar em sala de aula chama a atenção (44,44%). O que levou a este resultado? Faltaram conceitos para visualizar a situação? Outro fato relevante foi a resposta para a alternativa “outro motivo”; os alunos que a responderam alegaram “irresponsabilidade”.

Tabela 1 – Avaliação dos motivos para o desinteresse pela atividade.

Alternativas	Alunos
Falta de tempo	55,56 %
Falta de interesse próprio	11,11 %
Falta de interesse pela disciplina	22,22 %
Não consegui visualizar nenhum modelo que eu pudesse apresentar	44,44 %
Outro motivo	11,11 %

Fonte: elaborada pelas autoras, 2018.

A análise das respostas das questões em que se utilizou a escala Likert foi feita pelo *software* R Project. Por meio desse *software*, foi calculado a mediana e a moda, de modo a interpretar as questões em escala Likert de 5 pontos. No questionário, essas questões estão numeradas de 5 a 11. Os 5 pontos da escala foram, respectivamente: (1) concordo

plenamente; (2) concordo; (3) não concordo nem discordo; (4) discordo; (5) discordo plenamente.

Ressalta-se que, para as respostas das afirmações de 5 a 11, os valores de mediana e moda foram iguais. Portanto, a respectiva alternativa é altamente representativa dentre as outras escolhidas pelos participantes, na afirmação analisada, conforme concluíram Mascarenhas, Dias e Bonaldo (2017).

De modo geral, os estudantes concordaram com as afirmações expostas, já que os valores de moda e mediana de todas as questões foram 2, exceto a questão 9, que apresentou esses valores iguais a 3.

Desta forma, foi visto que a maioria dos alunos de Resistência dos Materiais 1 foram motivados a participarem da atividade devido à promessa de ponto extra (afirmação 5, no questionário), já que não concordaram nem discordaram com a hipotética situação de apresentarem os modelos físicos mesmo se não houvesse esse tipo de premiação (afirmação 9).

Apesar disso, como observado em teoria, a busca ou elaboração do modelo que representasse o tema abordado contribuiu para a compreensão, por parte dos participantes, do fenômeno visto em sala de aula (afirmação 6) e motivou-os a estudar sobre o assunto (afirmação 7). Ainda, eles consideraram que, se não tivessem envolvidos com a atividade, teriam dificuldade em visualizar a situação estudada (afirmação 10) e que dominaram os conceitos da disciplina, pois foram capazes de explicar com segurança os respectivos modelos aos demais colegas (afirmação 11).

Por fim, com a composição, ou busca pelos modelos, os estudantes puderam associar as situações expostas em sala de aula às vividas na prática (afirmação 8), característica necessária para a formação de engenheiros.

Os resultados das afirmações em escala Likert *versus* porcentagem de alunos que responderam determinada alternativa estão expostos no Quadro 1. As alternativas, como visto anteriormente, variam de “concordo plenamente” (1) a “discordo plenamente” (5).

Quadro 1 – Análise das afirmações em escala Likert.

Afirmações	Alternativas				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
5	39,39%	48,48%	12,12%	0,00%	0,00%
6	39,39%	51,52%	9,09%	0,00%	0,00%
7	15,15%	42,42%	33,33%	3,03%	6,06%
8	39,39%	51,52%	9,09%	0,00%	0,00%
9	3,03%	36,36%	48,48%	12,12%	0,00%
10	15,15%	45,45%	18,18%	18,18%	3,03%
11	33,33%	51,52%	12,12%	3,03%	0,00%

Fonte: elaborado pelas autoras, 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de melhorar o ensino da disciplina de Resistência dos Materiais 1, oferecida no curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa – *Campus Rio Paranaíba*, foi comprovadamente válida. Porém é interessante observar que, sem a oferta de uma recompensa, no caso, o ponto extra, os alunos não teriam interesse em participar. Ou seja, a aula expositiva é atrativa para esses alunos. Todavia, os alunos reconhecem que a elaboração do modelo os auxiliou na visualização da situação estudada.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, E. F.; MOURA., D. G. Metodologias ativas de aprendizagem no ensino de engenharia. In: XIII INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION – INTERTECH, **Works**. Guimarães: 16 a 19 de mar. 2014.

BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jul. 2011.

GOLDBERG, D. E. The missing basics & other philosophical reflections for the transformation of engineering education. **PhilSci-Archive**. 2009.

Disponível em: < <http://philsci-archive.pitt.edu/4551/>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

GOUVÊA, M. T.; CASELLA, E. L.; JORGE, R. M. M. A importância da realização de experimentos para a construção de conceitos na formação de um engenheiro autônomo. In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, **Anais...** Brasília, 14 a 17 de jul. 2004.

MAINES, A. Ensino de engenharia – tendência de mudanças. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, **Anais...** Porto Alegre. 19 a 22 de dez. 2001.

MASCARENHAS, F. J. R.; DIAS, V. C., BONALDO, E. Impactos da utilização dos softwares no processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Teoria de Estruturas na PUC Minas Barreiro. In: XLV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, **Anais...** Joinville, 26 a 29 de set. 2017:

NAKAO, O. S., FILHO, J. A. A. G., MONTEIRO, C. O. Os modelos físicos e o laboratório didático de resistência dos materiais. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, **Anais...** Rio de Janeiro, 14 a 17 de set. 2003.

OLIVEIRA, M. S. **Modelo estrutural para pré-avaliação do comportamento de estruturas metálicas**. 2008. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

SANTOS, J. A. **Sobre a concepção, o projeto, a execução e a utilização de modelos físicos qualitativos na Engenharia de Estruturas**. São Paulo, 1983. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SIQUEIRA, B.; FIORITI, C. F.; OKIMOTO, F. S. Modelos qualitativos para pré-avaliação do comportamento de sistemas estruturais: instrumento para o ensino de estruturas. In: XLII CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, **Anais...** Juiz de Fora. 16 a 19 de set. 2014.

DADOS DAS AUTORAS



Giovanna Luísa Gomes da Paz – Técnica em Edificações pelo Instituto Técnico de Barueri, em 2015; graduanda em Engenharia Civil, pela Universidade Federal de Viçosa. Trabalhou com elaboração de projetos arquitetônicos na RC Engenharia Civil S/C LTDA. Assuntos de interesse: resistência dos materiais, concreto, sustentabilidade.



Simone Rodrigues Campos Ruas – Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa, em 2000; especialização em Segurança do Trabalho, pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, em 2006; especialização em Engenharia de Campo – Construção e Montagem, pela Universidade Federal Fluminense, em 2007; e mestrado em Construções Metálicas, pela Universidade Federal de Ouro Preto, em 2003. Trabalhou na área de infraestrutura aeroportuária no Departamento de Aviação Civil e na Agência Nacional de Aviação Civil. Atualmente é professora na Universidade Federal de Viçosa - Campus Rio Paranaíba, atuando nas áreas de resistência dos materiais, teoria das estruturas, segurança do trabalho e Infraestrutura Aeroportuária.