

APRENDIZAGEM DA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS: DO CLÁSSICO NÃO CONFORME AO MUNDO REAL

Resumo: *O processo normal de ensino é sempre gerido pela transmissão de conteúdo, as vezes inadequados, para supostamente ir num processo crescente de aprendizagem. A engenharia foca na produção de objetos e processos reais, em que a sustentabilidade deveria estar sempre integrada, as habilidades e competências necessárias a esses objetivos são inter-relacionadas e não estanques. O estado da formação em engenharia fica insustentável ao usar conceitos inválidos ou superados, nesse sentido aproveitaremos uma disciplina comum a maioria das engenharias para demonstrar essa realidade e como tomar ações disruptivas para aprimorar o aprender a aprender necessário no mundo atual, essa disciplina é a Resistência dos Materiais. É a aprendizagem baseada no comportamento real dos objetos e processos. Através do texto objetiva-se observar as não conformidades da aprendizagem em diversas temáticas da engenharia e propor alternativas para ajusta-las.*

Palavras-chave: *aprendizagem baseada em realidades; educação em engenharia; estruturas, resistência dos materiais.*

1 INTRODUÇÃO

O processo normal de ensino é sempre gerido pela transmissão de conteúdo, as vezes inadequados, para supostamente ir num processo crescente de aprendizagem. A engenharia foca na produção de objetos e processos reais, em que a sustentabilidade deveria estar sempre integrada, as habilidades e competências necessárias a esses objetivos são inter-relacionadas e não estanques. O estado da formação em engenharia fica insustentável ao usar conceitos inválidos ou superados, nesse sentido aproveitaremos uma disciplina comum a maioria das engenharias para demonstrar essa realidade e como tomar ações disruptivas para aprimorar o aprender a aprender necessário no mundo atual, essa disciplina é a Resistência dos Materiais. É a aprendizagem baseada no comportamento real dos objetos e processos. Através do texto objetiva-se observar as não conformidades da aprendizagem em diversas temáticas da engenharia e propor alternativas para ajusta-las.

2 O ESTADO ATUAL DO ENSINO DE RESISTÊNCIA DOS MATERIAS

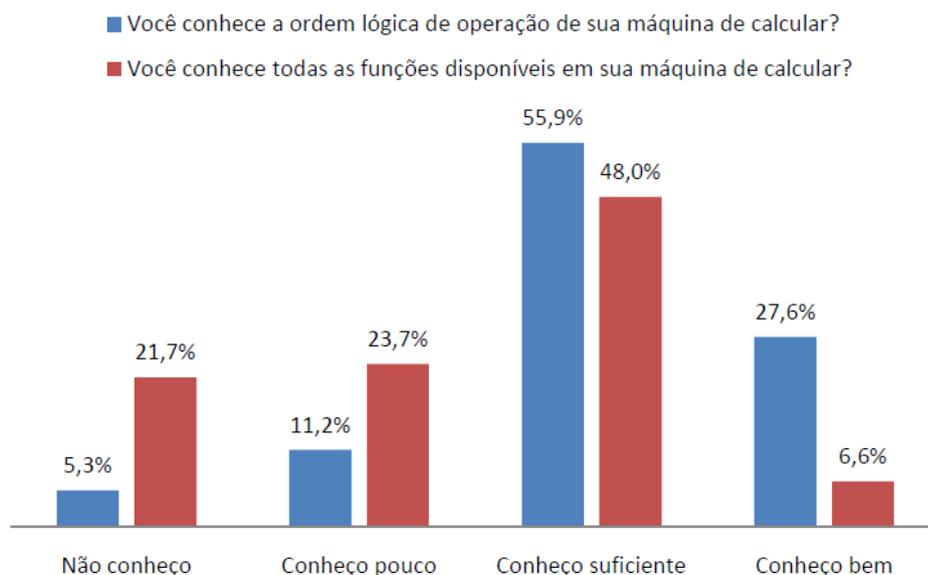
Foi escolhida apenas uma disciplina da engenharia, porém uma que é comum a muitas áreas, tais como Engenharia Mecânica, Engenharia Civil, Engenharia Aeroespacial, Engenharia Industrial, entre muitas outras. Nosso foco será utilizar artigos já publicados e ementas publicadas nos sites dos programas de engenharia.

Gonzales (2015) apresenta uma proposta metodológica para o ensino de resistência dos materiais para Engenharia Civil, usando uma estrutura simples de vigas apoiadas em vigas e depois em colunas. Porém, de qual material é a estrutura? como as ligações funcionam? existem alternativas à análise apenas em peças isoladas? Como a estrutura interage com o solo? No mundo real tal aplicação seria utópica, além disso fica-se estagnado no ensino, todos os materiais têm comportamento diferente, a importância das ligações é fundamental, e a estabilidade desse conjunto, porque pode ter resistência, mas pode ter problemas de estabilidade. Mas tarde versaremos sobre esse problema fundamental da estabilidade das estruturas.

Silva (2012), no seu excelente trabalho de aplicar *blended learning* na disciplina de resistência dos materiais, de novo apresenta a principal não conformidade do ensino dessa disciplina. Na primeira parte se ensina o conceito de tensão axial a compressão e tração, porém se considera que a compressão existe a resistência, e de novo deixa-se para muito depois ensinar sobre a estabilidade de elementos sujeitos a compressão, deixando sem nexo esses assuntos e ainda não levando a atenção para os tipos de materiais e seus comportamentos na forma, na estabilidade, na rigidez e por último, só por último, na resistência.

Gavazza (2011) relata as dificuldades para a aprendizagem na resistência dos materiais. Focam nas dificuldades de interpretação de texto, uso de calculadora (no ENADE nem sequer se permite o uso desta, e pesquisas mostram que os alunos de engenharia já não têm mais aptidão para realizar operações básicas da aritmética), e naqueles estilos de aprendizagem de preparação técnica, onde é ensinado um processo e este deve ser repetido sem possibilidades de raciocínio. Reproduzo a Figura 4 do artigo de Gavazza (2011) sobre o uso de calculadora, aqui como Figura 1. Esse resultado se for avaliado em âmbito nacional seguramente apresentará resultados equivalentes ou piores. Imagina que 45,4% não conhecem ou conhecem pouco a lógica de operação de suas máquinas de calcular. Percentagens semelhantes a reprovação de alunos em muitas disciplinas das engenharias.

Figura 1 – Sobre o uso e conhecimento da calculadora.



Fonte: GAVAZZA (2011)

COOKE e FARUQUE (2017) realizam um estudo sobre o uso de um livro texto para resistência dos materiais que vem acompanhados de vídeo aulas e experiências (a décima edição em inglês do livro do R.C. Hibbeler, *Mechanics of Materials*¹), usando *blended learning*. A melhoria na aprendizagem é comprovada, mas de novo chamamos a atenção para a organização dos temas:

- o primeiros temas são de revisão de estática, tensões, lei de Hooke, deformação axial e solução de problemas de esforços axiais indeterminados.

- o último tema é a estabilidade da coluna de Euler com seu enfoque teórico e o método do AISC (American Institute of Steel Construction), que se dedica a estruturas laminadas e soldadas de aço, e não comenta sobre estabilidade em estruturas de concreto, madeira ou outros materiais.

Uma total desconexão entre os esforços axiais de compressão e os problemas de estabilidade. Já no livro muito conhecido de mecânica dos materiais de Beer et al (2015), ainda o tema fica separado do início do livro e pelo menos aparece sendo tratado de maneira correta não como a coluna de Euler e “flambagem”, mas como estabilidade de colunas prismáticas. Além disso é interessante notar que apresenta aos estudantes a abordagem SMART para resolução de problemas em engenharia. SMART é um acrônimo que indica os passos para a resolução de problemas: Estratégia (Strategy), Modelagem (Modeling), Análise (Analysis) e Refletir e Pensar (Reflect & Think).

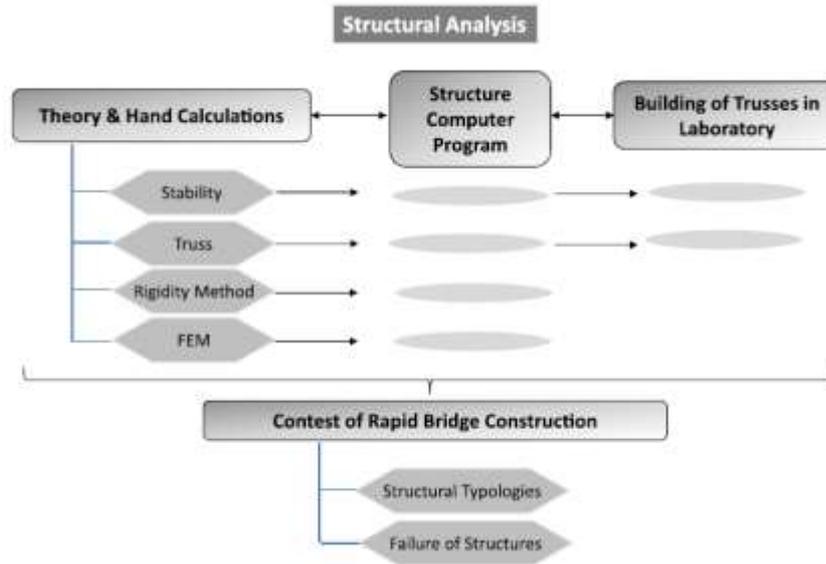
Se pesquisar em diversas Universidades, Faculdades e Cursos de várias denominações de Engenharia onde Resistência dos Materiais, Mecânica dos Materiais, Mecânica dos Sólidos, ou outros nomes semelhantes são usados, ainda continua a não conformidade de tratar o tema como a coluna de Euler, normalmente no final da disciplina e sem o grau de importância que demanda com estruturas atuais cada dia mais esbeltas.

3 UMA PROPOSTA PARA A APRENDIZAGEM DE RESISTÊNCIA DOS MATERIAS

A necessidade de fazer com que a disciplina de Resistência dos Materiais saia do sistema clássico de ensino para uma enfoque de aprendizagem ativa e real, precisa de objetos de aprendizagem reais e virtuais, reorganizar as aulas do ponto de vista de aprendizagem ativa. TEIXEIRA e NAKAO (2012), assim como FERNADES-SANCHES e MILLAN (2013), apresentam alternativas para a aprendizagem usando modelos reduzidos reais, e indo desde os modelos teóricos calculados a mão até modelos em programas de computador e por último, modelos reduzidos ensaiados. A Figura 2 reproduz o enfoque metodológico usado pelos segundos autores.

¹ <http://higheredbcs.wiley.com/legacy/college/philpot/0470044381/mecmovies/>

Figura 2 – Enfoque metodológico usado num curso de análise estrutural.



Fonte: FERNADES-SANCHES e MILLAN (2013)

Na aprendizagem atual estão se condenando os alunos a não perceber alguns fenômenos fundamentais ao comportamento real das estruturas, as caixas desconectadas de informações entre disciplinas de matemática, física, materiais, construção civil, planejamento e orçamento e outras, são só informativas e não formativas. O comportamento de cada material influi de maneira importante no seu comportamento, a Lei de *Hooke*, deveria ser avisado aos navegantes aprendizes de cursos de engenharia, é uma simplificação válida em alguns casos e em outros não. Citamos no item 2 um tema que de maneira recorrente fica isolado e ainda com um enfoque muito longe do fenômeno real, a estabilidade de colunas sujeitas a compressão axial, onde o problema pode ser de resistência ou de estabilidade. Se fizer um questionário para 1000 alunos com a pergunta: quais são as duas possibilidades de falha numa coluna, assumindo que está sujeita à compressão, quantos poderão mencionar ambas possibilidades reais? E outro exemplo que não detalharemos neste artigo, a teoria de viga Euler-Bernoulli, que já nem aparece em alguns programas de elementos finitos? Porque não avisar de novo aos navegantes que só é válida para alguns casos e outros não.

Qual seria a proposta? Tem que reorganizar os conteúdos de maneira que sejam atualizados com a realidade do comportamento dos materiais. A necessidade de metodologias de aprendizagem ativa, que permitam obter experiências e formem os aprendizes nas decisões da engenharia, e não apenas a prescrição de receita. Este último problema pode ser lembrado quando nas aulas um aluno pergunta sobre algum assunto: é sempre assim? Qual a regra? A engenharia a pesar de ser bastante semi-empírica, precisa de algumas leis e regras, porém a maioria das vezes demanda decisões.

No caso mencionado da estabilidade de colunas, fica simples, na hora de falar de tensões axiais, deve ser comunicado da restrição sobre a aplicação da fórmula da tensão axial em colunas, sendo apenas a ação aplicada dividida a área da seção, e querer comparar usando um simples coeficiente de segurança com a tensão resistente, esses casos são limitados a academia, porque no mundo real a mínima altura de uma coluna será 2,7 metros ou mais e haverá algum tipo de esbeltez, e ainda imperfeições de aplicação da ação e outros detalhes, que não precisam ser aprofundados no momento. Uma simples régua plástica serve para demonstrar o fenômeno da perda de estabilidade da coluna, ou a construção de modelos de

baixo custo para serem usados nas aulas demonstrativas, tal como modelos propostos por PRAVIA e BORDIGNON (2000), PRAVIA e ORLANDO (2001) e PRAVIA (2003).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho pretendeu chamar a atenção a necessidade de não só procurar por novas metodologias de ensino, como também ajustar os conteúdos as mudanças do mundo real da engenharia. Se foco numa disciplina que é lecionada em diversos cursos de engenharia e em um tópico que demonstra a necessidade de ajustes nas ementas, livros e nas práticas de aprendizagem. Algumas ideias foram expostas para recondicionar essa disciplina (um recall urgente!). Porém é necessário assumir primeiro o problema e reunir diversos especialistas para ajustar nas novas diretrizes curriculares os conteúdos pertinentes ao aprender a aprender na engenharia, e se necessário criar a disciplina de história da engenharia, e mais específico a disciplina de História da resistência dos materiais, livros sobre o assunto tem muitos hoje, começando pelo do Stephen Timoshenko. A continuidade deste trabalho é preparar guias de aprendizagem ativa para o ensino de temas da área de estruturas, e propor uma reorganização das disciplinas de estruturas ou sistemas estruturais para combina-las com as de materiais e outras que permitam sair das caixas isoladas de conhecimento fixo numa biblioteca.

Agradecimentos

Agradeço aos aprendizes que compartilharam sua educação em engenharia nestes últimos 26 anos na Universidade de Passo Fundo, e que me permitiram experimentar com alternativas de aprendizagem para estruturas. Eu com certeza aprendi mais com eles, que eles comigo.

REFERÊNCIAS

- BEER, Ferdinand P. *et al.* **Mecânica dos Materiais**, 7a Edição. Porto Alegre: MacGraw-Hill Education, 2015.
- COOKE, H.G., and FARUQUE, M. A. A., "Impact of Mastering Engineering on Student Learning and Perceptions in a Strength Materials Course", **Proceedings of the 2017 ASEE Annual Conference**, Columbus, OH, June 2017.
- FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, Gonzalo, MILLAN, Miguel Ángel. Structural Analysis Education: Learning by Hands-On Projects and Calculating Structures, **J. Prof. Issues Eng. Educ. Pract. ASCE** 2013.139:244-247.
- GAVAZZA, Sérgio. Dificuldades para o aprendizado de resistência dos Materiais. In: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2005, Campina Grande. **Anais**. 2011.
- GONZALES, Miguel Leon. Ensino da resistência de materiais na engenharia civil: uma proposta metodológica. In: XXXIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2005, Campina Grande. **Anais**. 2005.
- PRAVIA, Zacarias Martin Chamberlain. BORDIGNON, Rodrigo. Modelos Intuitivos para Ensino de Estabilidade das Estruturas. In: XXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE

ENSINO DE ENGENHARIA, 2000, Ouro Preto, MG. **Anais** (CD-ROM).Ouro Preto: UFOP, 2000.

PRAVIA, Zacarias Martin Chamberlain; ORLANDO, Diego. Modelos Qualitativos de Treliças Planas: Construção e aplicação no ensino da análise e comportamento estrutural. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2001. Porto Alegre, RS. **Anais** (CD-ROM). Porto Alegre: PUC-RS. 2001.

PRAVIA, Zacarias Martin Chamberlain. A construção permanente do laboratório de ensaios em sistemas estruturais (Iese) da universidade de Passo fundo. In: XXIX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 2003. Rio de Janeiro, RS. **Anais** (CD-ROM). Rio de Janeiro: IME. 2003.

TEIXEIRA, Pedro Wellington G. N., NAKAO, Osvaldo S. Como ampliar a aprendizagem de resistência dos materiais em um curso de graduação de engenharia mecânica? In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012, Belém, Pará. **Anais**. 2012.

SILVA, João Carlo Sedraz. *Blended Learning* na disciplina Resistência dos Materiais. In: XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2012, Belém, Pará. **Anais**. 2012.

STRENGTH OF MATERIALS LEARNING: FROM CLASSIC NONCONFORMING TO REAL WORLD

Abstract: *The normal learning process is always managed by the transmission of content, sometimes inadequate, to supposedly go in a growing process of learning. Engineering focuses on the production of objects and processes that will be real, sustainability should always be integrated, the skills and competences necessary for these objectives are interrelated and not isolated. The state of engineering training becomes unsustainable by using invalid or surpassed concepts, in this sense we will take advantage of a common discipline for several engineering courses to demonstrate this reality and how to develop disruptive actions to improve the Learn how to learn needed in today's world, this discipline is the strength of materials. It is learning based on real behavior of objects and processes. The text aims to observe non-conformity of learning in various engineering themes and propose alternatives to adjust them.*

Key-words: *Learning based in real behavior; engineering education; structures; strength of materials.*