

## PROTÓTIPOS PARA AUXILIAR AO ENSINO DA MECÂNICA ESTRUTURAL NO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Yago Cristiano Freitas Evangelista – [yagocfe.12@gmail.com](mailto:yagocfe.12@gmail.com)

Ana Raquel Sena Leite – [ana.leite@ifce.edu.br](mailto:ana.leite@ifce.edu.br)

Daianne Fernandes Diógenes – [daianne@det.ufc.br](mailto:daianne@det.ufc.br)

Mayanne de Oliveira Lima – [mayanneoli32@gmail.com](mailto:mayanneoli32@gmail.com)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará IFCE – Campus Morada Nova  
Av. Prefeito Raimundo José Rabelo, 2717 – Júlia Santiago  
CEP: 62940-000 – Morada Nova – Ceará

**Resumo:** Há uma dificuldade no curso de engenharia civil, principalmente dentro das disciplinas estruturais, de transmitir de forma mais eficaz o comportamento das estruturas aos alunos. Para que se possa compreender as deformações nas estruturas, se faz necessário visualizar como elas ocorrem (fenomenologia). Ao mesmo tempo laboratórios de mecânica estrutural capazes de melhorar a assimilação do conteúdo possuem preços elevados de instalação e manutenção que os tornam de difícil implementação, bem como a necessidade de um amplo espaço físico. O presente trabalho foi desenvolvido durante a fase de monitoria com o intuito de construir modelos experimentais, ou seja, protótipos de baixo custo e facilmente manipuláveis, de modo a serem aplicados pelo professor no momento da aula teórica, para que possa demonstrar de forma visível as deformações e deslocamentos de diferentes estruturas sob cargas. Dessa forma, conclui-se que os protótipos produzidos se mostraram eficientes para o entendimento dos alunos em assimilar a teoria com a prática, ajudaram a aprimorar a capacidade de percepção, bem como auxiliaram os professores na maneira de ministrar as aulas.

**Palavras-chave:** Protótipos. Deformação. Custo. Aprendizagem.

### 1 INTRODUÇÃO

Nas disciplinas estruturais como resistência dos materiais, mecânica e análise de estruturas, há uma dificuldade de transmitir de forma mais eficiente a compreensão do comportamento das estruturas aos alunos. Mesmo trabalhando com figuras e projetos reais, é perceptível como certos conceitos básicos como força, momento fletor, momento torsor, esforços cisalhantes, deformações de elementos entre outros, demoram um tempo importante para serem fixados podendo gerar o desinteresse do aluno. Ao mesmo tempo, laboratórios de mecânica capazes de melhorar a absorção do conteúdo possuem preços elevados de instalação, uso em ensaios destrutivos e manutenção que os tornam em certo modo inviáveis para a atual conjuntura política e econômica do país.

Nesse contexto, sugere diante dessa afirmativa, a implementação de novas metodologias de ensino com o objetivo de facilitar a assimilação do conteúdo teórico, para isso se propõe dinamizar as aulas, com a construção de sistemas mecânicos pelos próprios alunos em sala,

para assim identificar elementos tracionados e em compressão, proporcionando uma aprendizagem na prática.

O intuito desse trabalho é desenvolver uma ferramenta prática, de baixo custo e facilmente manipulável para contribuir como suporte na aprendizagem ao ensino da mecânica estrutural e análise de estruturas no curso de engenharia civil, de forma que os alunos possam assimilar melhor os conhecimentos. Os modelos práticos desenvolvidos e ainda em fase de melhoramento, podem ser aplicados pelo professor no momento da aula teórica, para que possa demonstrar de forma visível as deformações e deslocamentos de diferentes estruturas sob cargas. Esse processo se dá por meio de uma explicação prática e rápida, resolvendo os exemplos propostos em sala, e demonstrando de que forma as forças e momentos agem e deformam o protótipo, melhorando assim a compreensão do aluno ao conteúdo. Dessa forma, os equipamentos produzidos vêm com a intenção de servir como ferramenta de apoio para o estudante e auxiliar os professores na maneira de ministrar as aulas.

## 2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

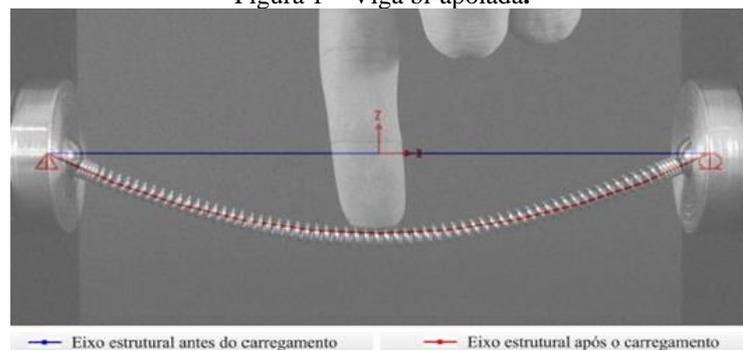
O ensino de disciplinas como mecânica geral, resistência dos materiais e análise de estruturas, em curso de engenharia civil, requer do aluno, além de fórmulas e cálculos, uma capacidade de visualizar como as estruturas se comportam diante dos esforços atuantes. Para isso, se faz necessário o uso de meios alternativos que estimule a imaginação dos alunos. De acordo com (CARVALHO, 2001), a engenharia é uma área de conhecimento que precisa passar por mudanças no método de ensino e se faz necessário o uso de ferramentas para facilitar a compreensão, tornando a aprendizagem algo significativo para os alunos.

Segundo (CONSALEZ, 2001) um modelo estrutural é um recurso utilizado como elemento de representação em escala. Suas características lúdicas, quando se trata de uma representação, desperta o interesse do observador. Ao mesmo tempo são objetos de estudo muito úteis quando há a necessidade de tridimensionalidade na representação.

Os autores (PRAVIA e ORLANDO, 2001), acrescentam que o ensino é excessivamente matemático, o que é necessário aos engenheiros, mas não suficiente. Percebe-se que, de modo geral, são poucos os professores que tratam esse assunto, considerando a estrutura como um fenômeno, uma vez que a grande maioria prioriza a avaliação dos aspectos técnicos, em detrimento dos conhecimentos qualitativo e intuitivo.

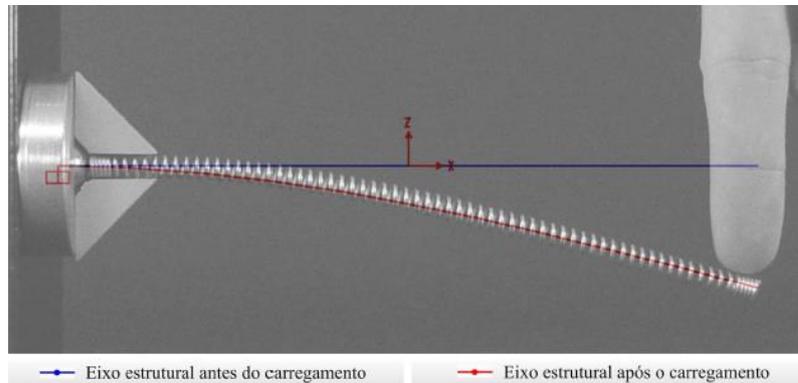
Conforme (OLIVEIRA, 2008) o conteúdo deve ser transmitido, partindo dos assuntos mais simples para os mais complexos, onde na maioria das vezes esse processo não acontece. Em seu trabalho, Oliveira comparou o comportamento das deformações na maquete estrutural por ele produzida, com as deformações geradas no software SAP2000, apresentando concordâncias entre as análises. Nas figuras 1 e 2, alguns exemplos de montagens realizados pelo citado autor são apresentados.

Figura 1 – Viga bi-apoiada.



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2008, p. 82.

Figura 2 – Viga engastada e livre com carga concentrada na extremidade.



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2008, p. 85.

De acordo com (ZHOU et al., 2009), os estudantes de engenharia têm que desenvolver criatividade em grupo para resolver os problemas. Os professores têm o papel de facilitadores e o uso de novas ferramentas didáticas vem para agregar no processo de aprendizagem, melhorando o desempenho dos alunos. (ANASTASIOU e ALVES, 2012) acreditam que uma abordagem com inserção de novas metodologias e trabalhos em grupo para dinamizar as aulas, façam com que os alunos, não apenas, memorizem conteúdos e processos de cálculo, mas que possam entender e compreender o conteúdo, além de ajudar a introduzi-los ao método científico. Dessa forma, há possibilidade de colocar em prática, utilizando as teorias vistas em sala de aula para auxiliar o aprendizado, onde os alunos podem participar do processo de montagem do modelo de estudo, assim saindo um pouco dos cálculos e de sistemas abstratos para algo mais real.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Diante do que foi apresentado, o método proposto para dinamizar as aulas e auxiliar no método de ensino foi a implementação de modelos experimentais (protótipos) dentro da sala de aula, sem a necessidade de laboratórios, evitando custos para a universidade. Os protótipos de modelos desenvolvidos com material de baixo custo são compostos por apoios de madeira, grampos de fixação, chapas de zinco de diferentes tamanhos e esponja, conforme exposto na Figura 3. A Tabela 1 apresenta os custos aplicados de cada material utilizados para desenvolvimento dos protótipos. Com esses materiais foi possível montar um esquema para representar vigas, assim como as deformações que podem sofrer quando aplicado um esforço, por serem materiais flexíveis, de fácil manuseio e construção.

Figura 3 – Materiais utilizados para o desenvolvimento dos protótipos.



Fonte: Autor.

Tabela 1 - Custo dos materiais utilizados para o desenvolvimento dos protótipos.

Tabela de custo	
Material	Valor
2 Grampos com Rosca	R\$ 20,00
4 Apoios de Madeira	R\$ 40,00
Chapa de Zinco	R\$ 10,00
Esponja	R\$ 4,00

Fonte: Autor.

#### 4 RESULTADOS

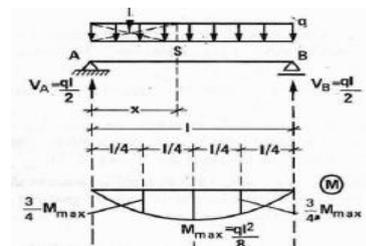
A apresentação dos resultados foi organizada diante de modelos utilizados durante as aulas para ilustrar a teoria e expor através dos protótipos a ocorrência dos fenômenos estruturais, buscando conectar a teoria com a prática. A seguir, alguns exemplos de modelos estruturais são apresentados. A Figura 4(a) apresenta um protótipo de viga bi-apoiada para analisar as deformações. A Figura 4(b) expressa tal deformação por uma carga distribuída e o diagrama de momento fletor (Süssekind, 1981). A partir desse exemplo, pode-se debater e mostrar que o momento fletor máximo ( $M_{\text{máx}}$ ) na viga ocorre diante da relação entre a carga distribuída e o comprimento da viga, sendo a localização de  $M_{\text{máx}}$  na metade do comprimento da viga devido a simetria ( $M_{\text{máx}} = ql^2/8$ ).

Figura 4 – Viga bi-apoiada.



Fonte: Autor.

(a)



Fonte: Adaptado de Süssekind, 1981, p. 53.

(b)

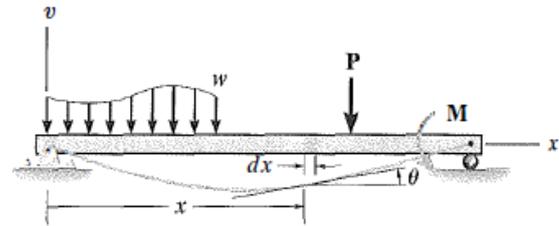
Abaixo nas Figuras 5 (a) e (b) temos vigas apresentando seus comportamentos de deflexão e linha elástica. A figura 5 (a) apresenta um modelo experimental de uma viga com carregamento distribuído e uma pequena deflexão entre apoios devido sua proximidade. A figura 5 (b) esquema do livro de resistência dos materiais (Hibbeler, 2010), temos uma viga com carregamento distribuído, apresenta uma maior deflexão. Dessa forma, pode-se observar a influência dos apoios com relação da deflexão com a linha elástica da estrutura. A compreensão desse conteúdo é necessária para as disciplinas de Resistência II e Análise I.

Figura 5 – Deflexão e Linha elástica.



Fonte: Autor.

(a)



Fonte: Adaptado de Hibbeler, 2010, p. 422.

(b)

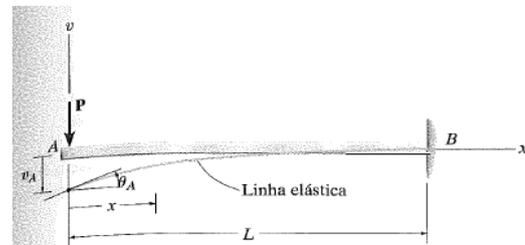
Vigas engastadas ou em balanço são mostradas nas Figura 6 (a), (b) e (c). Dessa forma, é possível visualizar o comportamento de deformação da viga. Na Figura 6 (a) temos o modelo experimental produzido, na Figura 6 (b) uma exemplificação do livro de resistência dos materiais quanto ao deslocamento ( $v$ ) e inclinação ( $\theta$ ) da linha elástica (Hibbeler, 2010) e Figura 6 (c) uma obra real de estrutura em balanço.

Figura 6 – Viga engastada.



Fonte: Autor.

(a)



Fonte: Adaptado de Hibbeler, 2010, p. 427.

(b)



Fonte: Mapa Cultural Fortaleza. (2017).

(c)

As Figuras 7 (a) e (b), apresentam como a posição do apoio é importante para combater a deflexão. Na Figura 7 (a) o apoio do meio se encontra deslocado mais para a direita, causando uma deflexão. Enquanto que na Figura 7 (b) o apoio foi centralizado e pode-se observar a redução na deflexão.

Figura 7 – Viga para estudo de deflexão com deslocamento de apoio.



Fonte: Autor.

(a)



Fonte: Autor.

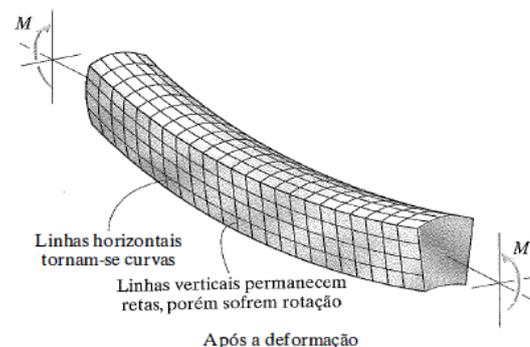
(b)

Os esforços que as estruturas estão submetidas, sejam eles carga axial, torção, flexão e cisalhamento, geram alterações nas linhas de deformação. A Figura 8 mostra como essas linhas se comportam quando existe a aplicação de uma carga pontual gerando o momento fletor. A Figura 9 mostra como essas linhas se alteram quando se aplica um torque ao elemento gerando um momento torsor.

Figura 8 – Viga para estudo de deflexão com deslocamento de apoio.



Fonte: Autor.

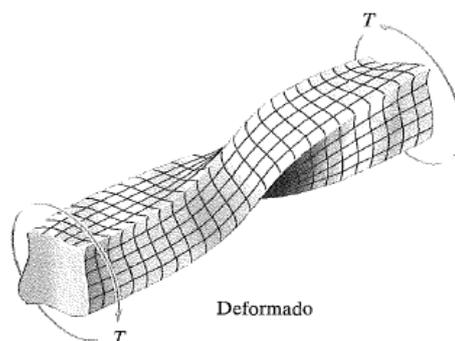


Fonte: Adaptado de Hibbeler, 2010, p. 201.

Figura 9 – Viga para estudo de deflexão com deslocamento de apoio.



Fonte: Autor.



Fonte: Adaptado de Hibbeler, 2010, p. 156.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os protótipos desenvolvidos já são utilizados dentro da sala de aula, como um método didático de ensino no processo de aprendizagem, e por ser um material bastante leve e portátil o professor pode transportá-lo facilmente, além disso, seu valor é muito baixo comparado com os equipamentos disponíveis em laboratório, sem levar em consideração o custo com manutenção. O conjunto teoria e prática facilita a compreensão do conteúdo e com os modelos experimentais desenvolvidos, as aulas ficaram mais dinâmicas, com a participação maior dos alunos.

A nova metodologia aplicada mostrou-se bastante eficiente no ensino das disciplinas de estruturas da própria universidade. Constatou-se também que, durante as aulas após a utilização desse novo método, os alunos mostraram mais interesse, desempenhando, um papel de agente do processo de aprendizagem, interagindo com o professor, num diálogo que priorizou a construção do conhecimento.

## REFERÊNCIAS

ANASTASIOU, L. G. C.; ALVES, L. P. **Processos de ensinagem na universidade:** pressupostos para as estratégias de trabalho em sala. Joinville: Ed Univille, 2012.

CARVALHO, A. C. B. D; PORTO, A. J. V; BELHOT, R. V. **Aprendizagem Significativa no Ensino de Engenharia.** Revista Produção, v. 11 n. 1, novembro de 2001.

CONSALEZ, Lorenzo. **Maquetes: A representação do espaço no projeto arquitetônico.** 1ª edição, Barcelona: Editora Gustavo Gili, 2001. 111p.

HIBBELER, Russell Charles. **Resistência dos materiais.** 7.ed. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

J.C. Süsskind, Curso de Análise Estrutural – Vol. 1: **Estruturas Isostáticas,** Editora Globo, Porto Alegre, 1981.

Mapa Cultural Fortaleza. **Palácio da Abolição.** Disponível em:  
<http://mapacultural.fortaleza.ce.gov.br/espaco/227/>. Acesso em: 30 abr. 2019.

OLIVEIRA, M. S. **Modelo estrutural qualitativo na pré-avaliação do comportamento de estruturas metálicas.** Ouro Preto, 2008.

PRAVIA, Z.M.C., ORLANDO, D. **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. PUC-RS. 2001.

ZHOU; C. *et al.* **Group creativity development in engineering students in a problem and project based learning environment.** INTERNATIONAL RESEARCH SYMPOSIUM ON PBL, Melbourne, Australia, 2009.

## PROTOTYPES TO SUPPORT THE EDUCATION OF STRUCTURAL MECHANICS IN THE CIVIL ENGINEERING COURSE

**Abstract:** *There is a difficulty in the course of civil engineering, especially within the structural disciplines, to more effectively convey the behavior of structures to students. In order to understand the deformations in the structures, it is necessary to visualize how they occur (phenomenology). At the same time laboratories of structural mechanics able to improve the assimilation of the content have high prices of installation and maintenance that make them of difficult implementation, as well as the need of a wide physical space. The present work was developed during the monitoring phase with the intention of constructing experimental models, that is, prototypes of low cost and easily manipulated, in order to be applied by the teacher at the moment of the theoretical class, so that it can demonstrate in a visible way the deformations and displacements of different structures under loads. In this way, we conclude that the prototypes produced were efficient for students' understanding of assimilating theory and practice, helped to improve perceptual capacity, and helped teachers in the way they teach classes.*

**Key-words:** *Prototypes. Deformation. Cost. Learning.*