



COBENGE 2005

XXXIII - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia

"Promovendo e valorizando a engenharia em um cenário de constantes mudanças"

12 a 15 de setembro - Campina Grande Pb

Promoção/Organização: ABENGE/UFCG-UFPE

ENSINO DA RESISTÊNCIA DE MATERIAIS NA ENGENHARIA CIVIL: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA

Prof. Dr. Miguel León González - miguel.leon@uol .com.br

Universidade Cruzeiro do Sul, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.

Endereço: Rua Bartira nº 221, Apt-112, Perdizes.

CEP: 05009-000 - Cidade: São Paulo, Estado: São Paulo

***Resumo:** Neste trabalho, propõe-se uma metodologia para o ensino da disciplina Resistência de Materiais em cursos de Engenharia Civil, a partir da integração de seus conteúdos, num projeto de estrutura desenvolvido em nove unidades de ensino. Essas unidades permitem a modelação de todo o processo do projeto de uma estrutura de acordo com a prática profissional. A metodologia proposta toma por base estudos específicos da área, estudos sobre ensino e aprendizagem em cursos superiores e as diretrizes nacionais para o ensino de Engenharia. Sua aplicação evidenciou que ela é adequada tanto ao início do aprendizado na área de Estruturas, quanto ao aprendizado em séries mais avançadas, em disciplinas afins. O trabalho é resultante de um processo de investigação teórico-metodológico, desenvolvido na realidade de um curso de Engenharia Civil de uma Universidade brasileira.*

Palavras-chave: Resistência de materiais; Metodologia de ensino; Engenharia civil.

1. INTRODUÇÃO

Na formação do engenheiro civil, na área de Estruturas e Fundações, a disciplina Resistência dos Materiais representa a base da fundamentação teórica e prática dos conhecimentos necessários para a solução de problemas reais.

Considerando que esses conhecimentos são ampliados e abordados em outras disciplinas de séries posteriores, seu aprendizado e integração com outros conhecimentos adquiridos pelos alunos de Engenharia, na solução de problemas nesta etapa de sua formação, permitem motivação, envolvimento e, portanto, maior rendimento acadêmico, o que, conseqüentemente, reduz o índice de reprovação e evasão na área.

Como é conhecido, as disciplinas da área de Estruturas possuem um encadeamento formal, em termos de pré-requisito, pressupondo-se que seu conhecimento prévio permita o avanço em outros conteúdos, por meio de uma metodologia em que o aluno constrói seu conhecimento, num processo continuado e harmônico.

Neste trabalho, propõe-se uma metodologia para o ensino da Engenharia Civil, na área de Estruturas, que visa a integrar os conhecimentos que são ministrados na disciplina Resistência dos Materiais num projeto de uma estrutura isostática, em que se modelam todas as etapas do projeto de uma estrutura real. Essa modelação é repetida, com uma complexidade crescente nas outras disciplinas da área de Estruturas (Teoria de Estruturas, Estruturas de Concreto, Estruturas Metálicas e de Madeira, Fundações, Pontes e Projetos de Edificações), ministradas nas séries posteriores, o que possibilita concretizar um projeto pedagógico de curso que integra, de forma harmônica (horizontal e vertical), os conteúdos das disciplinas da referida área.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento deste trabalho a classe foi dividida em grupos formados por 3 alunos. A fase inicial do trabalho se constituiu no delineamento do tema e na configuração das unidades de ensino propostas pelo professor, orientando alunos e grupos ao exame da literatura e estudos específicos relacionados à cada unidade. Os pontos relevantes de cada unidade do trabalho foram sendo tratados mais aprimoradamente, passo a passo, após as observações iniciais do professor e a compreensão, interpretação e discussão da dinâmica interna observada na prática pelos alunos. Buscou-se, desta forma, um processo interativo envolvendo professor-aluno e aluno-aluno no estabelecimento de uma estrutura colaborativa de aprendizagem.

A fim de elaborar a proposta em discussão neste trabalho, buscou-se uma reflexão sobre:

- estudos teóricos que consideram a relação dialógica entre aluno e professor, a motivação para o aprendizado e o envolvimento na construção do conhecimento;
- estudos sobre a importância do conhecimento prévio do aluno no processo de aprendizagem;
- estudos clássicos da área da Resistência dos Materiais;
- a relação entre a disciplina Resistência dos Materiais e as disciplinas afins à área de Estruturas, na organização curricular do curso de Engenharia Civil;
- as diretrizes do MEC para o ensino de Engenharia Civil.

Esta reflexão, estabelecida a partir da relação entre os conteúdos específicos da área, as teorias modernas da aprendizagem e as diretrizes nacionais para o ensino da Engenharia, orientou a elaboração da proposta que ora se apresenta, na qual os conteúdos da disciplina Resistência dos Materiais são lecionados em nove unidades, cada uma delas caracterizando-se como uma etapa de realização de um projeto de estrutura, conforme é mostrado na “Figura 1”.

A fim de dar conhecimento da proposta em seu todo, apresenta-se, a seguir, a topicalização e a descrição de cada uma das nove unidades de ensino.

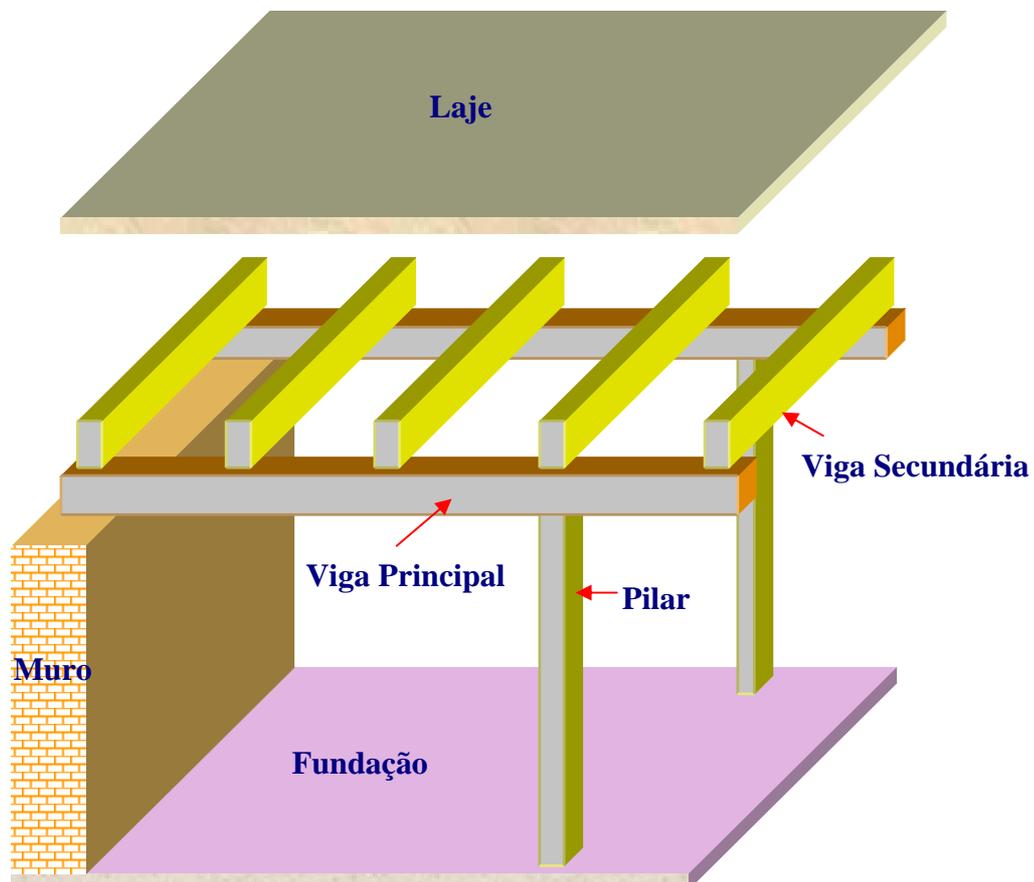


Figura 1: Um dos modelos de estrutura estudados

Unidade #1: Elaboração do esquema de análise da estrutura

Nesta unidade é abordado o procedimento de como realizar o esquema de análise de uma estrutura, considerando os seguintes tópicos:

- Definição do pórtico representativo.
- Definição da geometria da estrutura e as possíveis dimensões das seções transversais de seus elementos.
- Definição dos tipos de apoios da estrutura (engastamento, articulação ou simples apoio).
- Definição dos tipos de materiais dos elementos da estrutura.
- Definição dos tipos de cargas atuantes (cargas de peso próprio e cargas de uso).
- Definição dos valores e posição das cargas atuantes nos elementos da estrutura.
- Desenho dos eixos dos elementos da estrutura indicando suas dimensões.
- Estabelecimento dos sistemas de eixos (gerais e locais).
- Representação dos apoios.
- Representação das cargas atuantes.

Na “Figura 1”, é mostrado o desenho de um dos modelos usados para explicar os tópicos referidos.

Finalizada a primeira unidade, os alunos são orientados a realizar um trabalho prático baseando-se numa estrutura real, buscada por eles. Neste trabalho, são exercitados os conteúdos relativos aos tópicos indicados acima.

Unidade #2: Determinação dos esforços internos nos elementos da estrutura

Nesta unidade é abordado o procedimento de como realizar os gráficos dos esforços internos (momento fletor, força normal e carga axial) de uma estrutura isostática, tomando como base o modelo usado na unidade #1, ver “Figura 2”, para o qual são determinadas as equações destes esforços em função dos sistemas dos eixos locais de cada elemento da estrutura.

Destaque-se, nesta unidade, que também é ensinado o uso de software para a determinação dos gráficos dos esforços internos nas estruturas.

Finalizada a segunda unidade, os alunos dão início a um projeto, recorrendo, para tanto, a todas as etapas do dimensionamento de uma estrutura. Nesta fase os alunos determinam os gráficos dos esforços internos da estrutura de seu projeto.

Unidade #3: Determinação das tensões atuantes no pilar e na ligação do pilar com a fundação

Nesta unidade, tomando-se como base o gráfico de força axial do pilar da estrutura estudada na unidade #2, ver “Figura 2”, introduz-se o estudo de elementos submetidos a carregamento axial, abordando-se as tensões geradas no pilar e na ligação deste com a fundação.

Finalizada esta unidade, os alunos calculam as tensões atuantes nos pilares e ligações de seu projeto.

Unidade # 4: Definição das propriedades mecânicas do material da estrutura

Nesta unidade, tomando-se como base o efeito das tensões atuantes no pilar da estrutura, ver “Figura 3”, introduz-se o estudo da relação entre as tensões e deformações, assim como as propriedades mecânicas (módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, limite de elasticidade, tensão de escoamento, tensão última e tensão de ruptura).

Nesta unidade, são definidos os conceitos de coeficiente de segurança e de tensão admissível. Também são abordados os princípios e processos para dimensionar e revisar elementos estruturais submetidos à carga axial.

Finalizada a unidade, os alunos dimensionam os pilares e ligações de seus projetos.

Unidade #5: Determinação das tensões atuantes na viga e sua linha elástica

Nesta unidade, tomando-se como base o gráfico dos esforços internos (momento fletor e força cortante) atuantes nas vigas da estrutura, ver “Figuras 2 e 3”, introduz-se o estudo de elementos submetidos à flexão e força cortante, abordando-se como determinar as tensões e os deslocamentos devidos à flexão, assim como a linha elástica de vigas isostáticas; estudam-se, também, como determinar as tensões devidas ao esforço cortante, e, ainda, os procedimentos para dimensionar e revisar elementos estruturais metálicos e de madeira submetidos à flexão.

Finalizada a unidade, os alunos dimensionam as vigas de seu projeto.

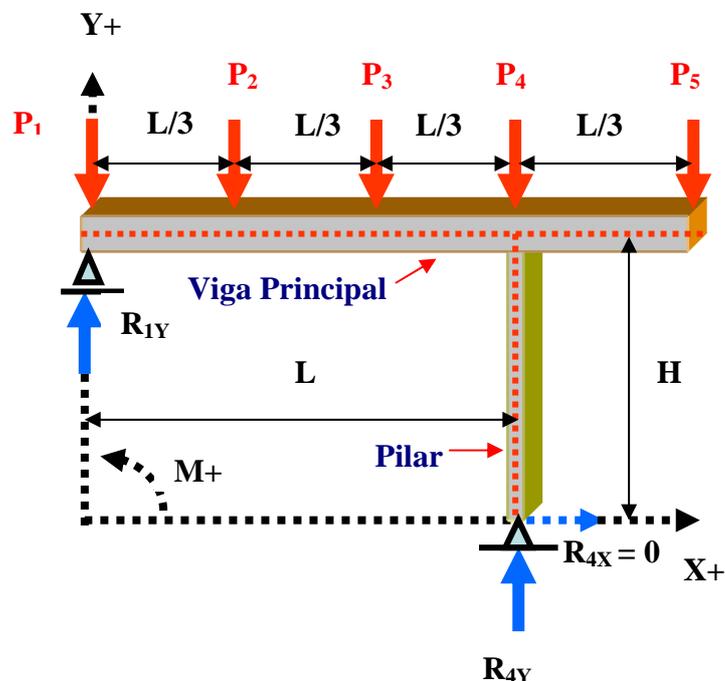


Figura 2: Esquema de análise do pórtico representativo da estrutura

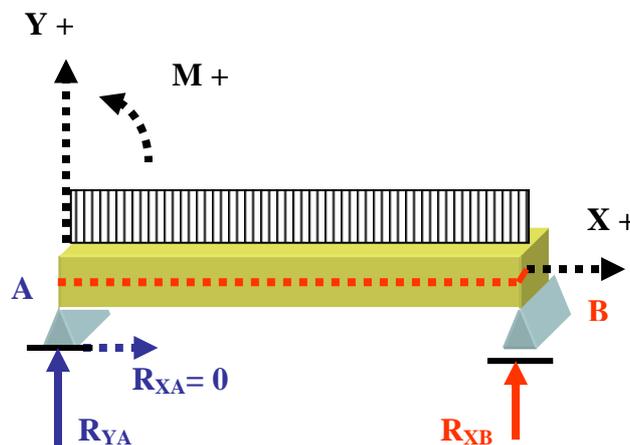


Figura 3: Esquema de análise da viga secundária

Unidade #6: Dimensionamento do pilar e da viga, considerando a flexo-compressão

Nesta unidade, tomando-se como base o modelo de estrutura definido, são introduzidas novas cargas, ver “Figura 4”, que desenvolvem força axial, força cortante e momento fletor no pilar. Esse novo carregamento funciona como elemento motivador para o estudo dos elementos estruturais submetidos à flexo-compressão.

Nesta unidade, são abordados os procedimentos para revisar elementos estruturais metálicos e de madeira submetidos à flexão.

Finalizada a unidade, os alunos revisam os pilares e vigas para este tipo de carregamento.

Unidade #7: Dimensionamento do pilar considerando o efeito de flambagem

Nesta unidade, toma-se como base o gráfico de força axial do pilar da estrutura em estudo, considerando-se a possibilidade de que o pilar flambe. Isto permite a abordagem do efeito de flambagem em elementos submetidos a uma força normal de compressão.

Finalizada a unidade, os alunos revisam os pilares considerando o efeito de flambagem. Os novos dados propostos levam a que o pilar e a viga (dimensionados nas etapas anteriores) não resistam, exigindo, portanto, que se proponham soluções técnicas para resolver esta nova situação

Unidade #8: Estudo do estado de tensões da viga e do pilar

Nesta unidade, tomando como ponto de partida a análise das tensões geradas em pontos da seção transversal do pilar e da viga, devido aos esforços internos, aborda-se o estudo do estado das tensões e deformações num ponto de um sólido e sua representação gráfica (círculo de Mohr).

Nesta unidade, também são estudadas as tensões em planos que passam por diferentes pontos de um elemento estrutural e suas conseqüências no comportamento mecânico dos mesmos.

Finalizada a unidade, os alunos determinam, em pontos dos pilares e das vigas, seus respectivos estados de tensões e analisam onde pode existir a possibilidade de aparição de trincas e suas possíveis direções.

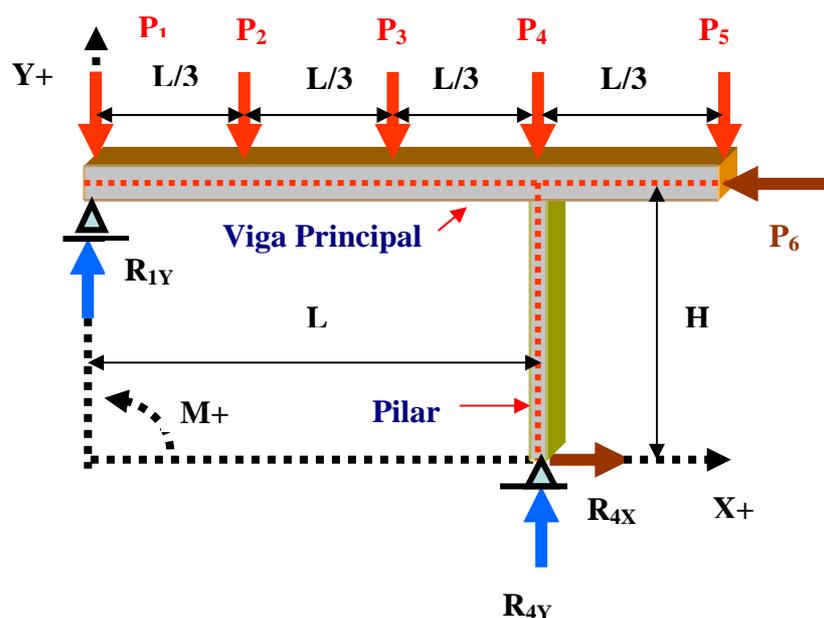


Figura 4: Pórtico com pilar submetido à flexo-compressão

Unidade #9: Estudo do comportamento de elementos estruturais submetidos à torção

Nesta unidade, parte-se de uma estrutura para suporte de propaganda submetida a um carregamento simétrico ver “Figura 5a”, onde inicialmente são determinados os gráficos dos esforços internos (momento fletor, força cortante e força normal) e a seguir são dimensionados seus elementos.

Concluída esta etapa, a estrutura é submetida a um carregamento não simétrico que gera um efeito de torção, ver “Figura 5b”; em seguida, determinam-se os gráficos de esforços (momento fletor, força cortante, força normal e momento de torção) devido a este novo carregamento.

Tomando como base o gráfico de momento de torção, gerado pelo carregamento não simétrico a que é submetida a estrutura, aborda-se o tema da torção.

Finalizada a unidade, os alunos realizam um trabalho onde revisam os elementos de uma estrutura submetida a este tipo de carregamento.

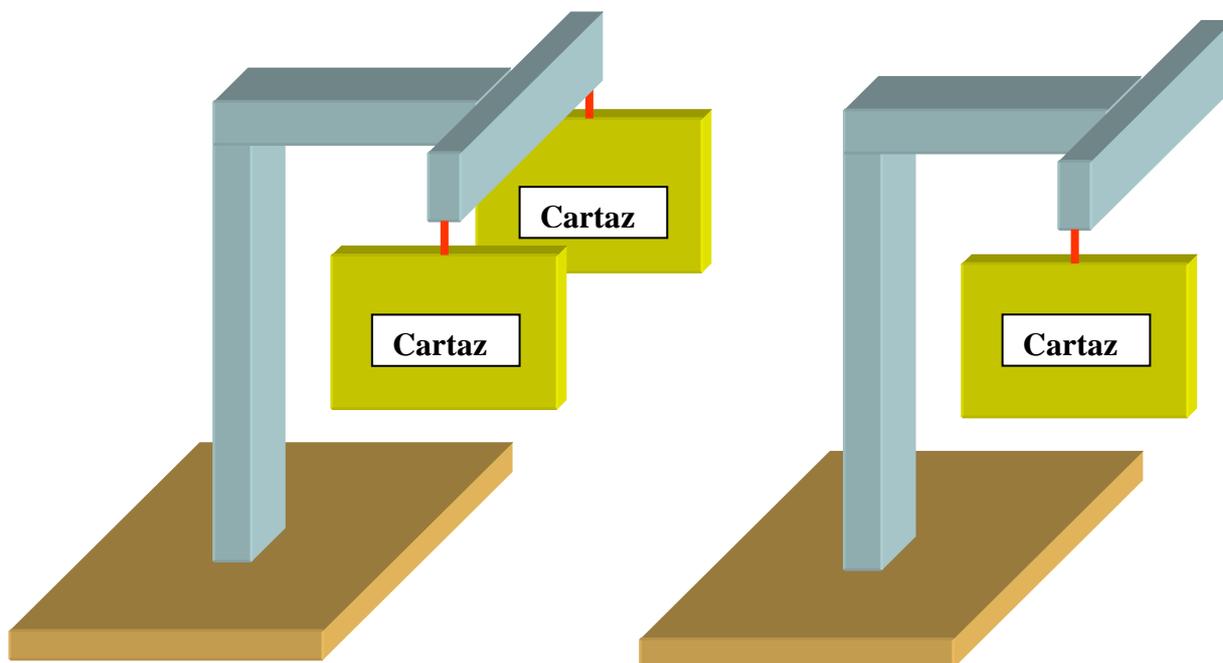


Figura 5a: Carregamento Simétrico

Figura 5b: Carregamento não Simétrico

Figura 5: Estrutura de suporte de propaganda

3. CONCLUSÃO

Esta proposta de metodologia para o ensino da disciplina Resistência dos Materiais foi desenvolvida com alunos do 3^o e 4^o semestres do curso de Engenharia Civil da Universidade Cruzeiro do Sul, em São Paulo. Constatou-se que, durante o processo, os alunos trabalharam com entusiasmo e motivação, desempenhando, em cada unidade, um papel de agente do processo de aprendizagem, interagindo com o professor, demais componentes do grupo e de outros grupos num diálogo que priorizou a construção do conhecimento.

Comparando-se o desempenho desses alunos em cada uma das unidades desenvolvidas, bem como os resultados por eles obtidos, com aqueles de anos de anos anteriores em que a metodologia de ensino fora outra, constatou-se maior rendimento acadêmico e redução no índice de reprovação na disciplina.

A aplicação da proposta elaborada evidenciou que o desenvolvimento dos conteúdos da disciplina Resistência dos Materiais, orientado por uma metodologia centrada na realização de um projeto de uma estrutura, torna a disciplina mais motivante e, conseqüentemente, os alunos mais participativos.

Os resultados obtidos com a aplicação da proposta no programa da referida disciplina evidenciam que ela se constitui como metodologia adequada não só ao início do aprendizado na área de Estruturas, como também a disciplinas afins, nas séries mais avançadas do curso, aumentando-se, gradativamente, seu grau de complexidade, em função da ampliação de conhecimento dos alunos, decorrente do processo de formação integral no curso.

4. BIBLIOGRAFIA

- ALARCÃO, I. **Professores reflexivos em uma escola reflexiva**, 2 ed. São Paulo: Cortez, 2003.
- BEER F. P. e JOHNSTON E. R. **Mecânica vetorial para engenheiros**, 5 ed. São Paulo: Makron Books, 1994.
- BEER F. P. e JOHNSTON E. R. **Resistência dos Materiais**, 2 ed. São Paulo: Pearson Education, 2004.
- BRASIL. MINISTÉRIO da EDUCAÇÃO. CONSELHO NACIONAL de EDUCAÇÃO. **Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia**. Brasília: MEC / CNE, 2001.
- HIBBELER R.C. **Resistência dos materiais**, 5 ed. São Paulo: Printice Hall, 2004 .
- MASETTO, T. M. **Competência pedagógica do professor universitário**, São Paulo: Summus, 2003.
- MASUERO, J. R. & GONZÁLEZ, L. A. S. **Resistência dos Materiais**. Cd Interativo. Porto Alegre: UFRGS, 1998.
- NASH, A. W. **Resistência dos materiais**, 3 ed. São Paulo: McGraw Hill 1992.
- PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**. (Trad. Cláudia Schilling). Porto Alegre: Artmed, 2000.
- PERRENOUD, P. **A prática reflexiva no ofício de professor: profissionalização e razão pedagógica**, (Trad. Cláudia Schilling). Porto Alegre: Artmed, 2002.
- PIAGET, J. **Lógica e conhecimento científico**. Porto: Civilização, 1980.
- PINTO, J. L. T. **Compêndio de resistência dos materiais**. São José dos Campos, SP: Univap, 2002.