

CORRIGINDO OS REQUISITOS DOS ALUNOS DE ENGENHARIA PARA O ESTUDO DE FUNDAMENTOS DE RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS

Oswaldo Shigueru Nakao – osnakao @ usp.br

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações, Laboratório de Estruturas e Materiais Estruturais, Caixa Postal 61548, CEP 05424-970, São Paulo, SP, Brasil tel 818-5519 fax 818-5181

***Resumo.** Um desafio para os professores de Engenharia de Estruturas é trabalhar com alunos que não possuem os requisitos necessários para o entendimento dos fundamentos de Mecânica. Os meios educacionais são definidos em função dos objetivos a serem atingidos mas, a realidade de sala de aula, muitas vezes, nos mostra que há uma série de requisitos que consideramos como cumpridos que, na verdade, o estudante não possui. Uma disciplina como a Resistência dos Materiais, básica para o engenheiro, exige que se tenha alguns requisitos como visão espacial, capacidade de abstração e absorção, traquejo algébrico e intuição. Alguns desses requisitos são genéticos, outros adquiridos. Ao se utilizar uma metodologia como a aula expositiva que é predominante na maioria das escolas, não respeitamos a existência de diferenças entre os alunos ao tratá-los como possuidores desses requisitos. Algumas estratégias podem ser estabelecidas para corrigir este tratamento. Uma delas é modificar o material de apoio utilizando, principalmente, imagens e modelos. Levando em conta as dificuldades da maioria das escolas em tornar disponíveis computadores e projetores específicos, desenvolveu-se uma série de transparências com imagens retiradas de livros-textos para auxiliar na compreensão dos conceitos e fundamentos de resistência dos materiais.*

***Palavras-chave:** Resistência dos materiais, Transparências, Requisitos, Imagens*

1. INTRODUÇÃO

Ao participar dos primeiros cursos de Resistência dos materiais, o aluno já cumpriu alguns estágios anteriores e traz muitos conhecimentos de Mecânica. No ensino médio e também nos primeiros períodos letivos do curso de Engenharia, estudou Estática e teoricamente já enxerga as estruturas e os esforços aplicados em três dimensões.

Assim, mesmo recordando que a disciplina Resistência dos materiais é uma das que mais reprova, professores se surpreendem com todas as dificuldades que alguns alunos apresentam, seja para traçar barras retas ou poligonais e os esforços nas direções corretas, seja para calcular as reações nos apoios nas estruturas espaciais, seja para traçar diagramas de estado,

seja para enxergar os esforços solicitantes e as tensões, seja para entender os conceitos nem sempre tão simples.

Mas, por que ocorrem essas dificuldades? Certamente, uma das respostas é porque alguns alunos não possuem os requisitos necessários para o entendimento de Resistência dos materiais: visão espacial, capacidade de abstração e absorção, intuição e traquejo algébrico. Esses requisitos sempre podem ser adquiridos ou melhorados.

2. O DESENVOLVIMENTO COGNITIVO

2.1 O significado do erro para o aluno

Segundo Jean Piaget, a compreensão é determinada pela habilidade com que se consegue formar conceitos e construir um modelo interno que se aproxime da realidade. Assim, desse ponto de vista, quando alguém não compreende as perguntas, as instruções ou as explicações dadas por outra pessoa, pode-se atribuir mais à falta de habilidade de quem comunica, num nível não apropriado em que o outro está apto a operar, e menos às deficiências de quem recebe a pergunta, a instrução ou a explicação. Piaget mostrou ainda que não devemos cometer o engano de atribuir erros à incapacidade mas a seus atuais níveis de pensamento e processamento.

Sabe-se que até a cultura em que vivemos pode influenciar o processamento de informações como a aquisição de conhecimentos. Segundo BROHN (1992), o hemisfério esquerdo do cérebro humano processa predominantemente informações racionais, diretas, lógicas, matemáticas e objetivas, e o hemisfério direito, as informações qualitativas, intuitivas, visuais, artísticas e subjetivas. E, portanto, ao se notar o maior índice de acerto dos chineses em respostas a perguntas mais intuitivas sobre o comportamento estrutural numa pesquisa entre estudantes americanos e chineses, isso foi creditado ao fato de que, no Oriente, escreve-se através de símbolos gráficos e, no Ocidente, o ensino de engenharia prima pelo raciocínio direto, objetivo, científico.

Os estudantes das melhores escolas de engenharia do Brasil prestaram e passaram num exame vestibular e com isso, de certa forma, habilitaram-se para um estágio em que, em princípio, estão prontos para o desenvolvimento cognitivo que a tradição e a história do ensino consagraram como adequado. Mas, o professor deve-se lembrar que um erro desses alunos é apenas um indício para encontrar a resposta certa de acordo com a sua estrutura cognitiva.

2.2 O significado do erro para o professor

Se as respostas não são as esperadas, é importante verificar se elas não estão de acordo com o modo que o aluno é capaz de processar e principalmente se o material do aprendizado foi apresentado de forma apropriada àquele nível.

Se as oportunidades de conceituar num nível mais alto do que o apropriado não forem aproveitadas, isso não deve ser interpretado como falta de interesse, por exemplo.

Em nenhum momento, o aluno deve ser deixado confuso ou com sentimento de culpa se a falha é do material do aprendizado e do nível de entendimento do aluno.

Em todos os níveis, o professor precisa levar em conta como o aluno processa as informações e lida com elas. Os erros surgem porque ou não se interpretou corretamente os elementos principais ou se recuperou e aplicou de maneira errada uma informação anteriormente vista.

Assim, os erros devem ser investigados no ponto em que tiveram origem e não de forma global, no fim de um processo.

Os erros sinalizam sobre as deficiências a serem corrigidas. Fornecem pistas sobre o que está errado e nem sempre o erro é de responsabilidade do aluno.

Nas nossas aulas, predominantemente expositivas, de Resistência dos Materiais, boa parte do aprendizado depende do ambiente criado pelo professor. Dessa forma, todos os cenários – os materiais, os conceitos, as práticas, os exercícios – devem ser cuidadosamente montados para que os primeiros erros dos alunos possam ser corrigidos eficientemente e não simplesmente refutados.

3. CORRIGINDO OS REQUISITOS

Admitindo que os progressos são diferentes para cada pessoa, surge a responsabilidade do professor como gestor do processo de ensino e aprendizagem. Ele deve promover a aceleração desse progresso, desde que possível, ao longo dos estágios de cada um dos alunos. Certamente não se pretende dar ao professor, unicamente, o controle do processo. Mas, como elemento ativo assim como o aluno deve ser, o único objetivo de quem leciona não deve ser a apresentação de um conteúdo ou a promoção de um treinamento para repetição da sua explicação.

3.1 Correção dos pontos falhos do professor

Pode-se destacar alguns pontos falhos da formação docente para a área tecnológica, de acordo com PEREIRA e BAZZO (1997): ensino baseado nos conhecimentos já elaborados; grande oscilação dos graus de dificuldade dos exemplos que o professor oferece de acordo com suas preferências; cursos sem ligação com o cotidiano; aula unicamente centrada no ritmo e na fala do professor; ambiente que inibe o aluno – professor e colega -; ensino centrado em objetivos, memorização e reprodução de tarefas repetitivas; cumprimento do programa e do nível de abordagem independentemente do avanço dos alunos; culto à precisão; valorização do produto, esquecendo-se do processo; trabalhos e cobranças de performance individuais.

Esses pontos falhos são difíceis de serem corrigidos. Há fatores estruturais que não estão no controle do professor. Mas, se identificados, os procedimentos que conduzem a esses pontos falhos devem ser evitados. A consciência e a reflexão sobre eles já ajudarão o professor a aceitar também como sua, parte da responsabilidade pelo não-aprendizado do aluno.

3.2 Correção dos pontos falhos do aluno

Para se corrigir os requisitos que impedem que o aluno tenha um bom desempenho nos cursos iniciais de Resistência dos materiais pode ser realizado em duas etapas.

Uma primeira, comum a todos os alunos, através da apresentação de transparências com figuras retiradas de livros e apostilas em que, rapidamente, pode-se, ou recordar para quem já sabe, ou mostrar para quem ainda não sabe.

Nesta apresentação rápida pode-se até abusar do óbvio, lembrando que, se apresentada como revisão, aqueles que já sabem também se motivarão ao confirmarem seu conhecimento, a exemplo, de quando uma platéia aplaude uma sinfonia nos acordes iniciais quando a reconhece.

LINDENBERG NETO; ARÉVALO (1998), já haviam comprovado e relatado a eficácia do bom uso de transparências, para a motivação e para auxiliar a compreensão dos conceitos.

A segunda etapa deve ser realizada na forma de seção tutorial para aqueles que voluntariamente quiserem participar, num horário extra, como reforço. Seria uma seção de exercícios de traçados de estruturas espaciais chamando a atenção principalmente para as três

direções em que tudo deve ser desenhado. A maior dificuldade que se observa nesses alunos é a visualização dos três planos de referência e a identificação do semi-plano correspondente aos esforços solicitantes, principalmente, o lado tracionado nos momentos fletores. O treinamento com a calculadora também deve ser estimulado pois alguns alunos só a utilizam nas provas.

Essa dificuldade de enxergar em 3D é fruto da eliminação do ensino de Desenho Geométrico e Perspectiva do ensino médio e Geometria Descritiva do ensino superior. As aulas de Desenho dos curso de engenharia não desenvolvem plenamente a noção do espaço, principalmente, porque hoje, os alunos estão muito mais preocupados com o aprendizado do manejo do *software* do que propriamente com o desenho do objeto.

O conjunto de transparências. As imagens selecionadas devem conter desde esquemas simplificados até estruturas reais sofisticadas para que o aluno mude seu comportamento diante de qualquer estrutura, deixando de apenas olhar para passar a enxergar. O objetivo é sempre destacar o que é relevante. As imagens podem conter figuras esquemáticas dos modelos matemáticos adotados, detalhes de projetos e de acidentes de engenharia. Muitas vezes, o caminhamento das cargas e os problemas em estruturas devido a atuação dos esforços solicitantes ficam muito mais evidentes para o estudante se apresentados por fotografias. A combinação de estruturas reais com os modelos teóricos associados quando apresentada num única transparência produz resultados muito interessantes. E esse exercício na realidade da sala de aula apenas com o quadro negro não é possível de ser executado.

Em princípio, muitos livros de estática e de fundamentos de Resistência dos Materiais contém figuras elaboradas por profissionais, com a orientação e aprovação dos autores e, portanto podem ser bem aproveitadas na confecção das transparências, citando-se as fontes, naturalmente. Sugerimos, a seguir, uma bibliografia para a confecção das transparências. São livros esgotados ou estrangeiros, disponíveis na maioria das bibliotecas, cujos autores certamente se orgulharão de mais esse uso didático que se fará de sua obra.

- Engineering Mechanics: Statics. R. C. Hibbeler. Prentice-Hall. Upper Saddle River, 1998.
- Engineering Mechanics: Statics. R. W. Soutas-Little; D. J. Inman. Prentice-Hall. Upper Saddle River, 1999.
- The Builders: Marvels of Engineering. National Geographic Society. Washington, 1992.
- Why Buildings Stand Up: The Strenght of Architecture. Mario Salvadori. W.W. Norton. Nova York, 1990.
- The Art of Construction. Mario Salvadori. W.W. Norton. Nova York, 1990.
- Pontes: curso básico: projeto, construção e manutenção. Walter Pfeil. Editora Campus Ltda. Rio de Janeiro, 1983.
- Introdução à Resistência dos materiais. Octávio Gaspar Ricardo. Unicamp,1977.

Outros materiais. Para desenvolver os requisitos há ainda outras estratégias e materiais. Pode-se citar os modelos físicos qualitativos construídos conforme descritos por IOSHIMOTO (1999). O ganho que se tem no entendimento é visível. A abstração deve ser sempre estimulada, mas, muitas vezes, com a ajuda de modelos físicos se pode reforçar uma concepção imaginada e sedimentar um conceito percebido.

Para desenvolver a intuição, com relação às deformadas, pode-se ainda utilizar o programa de computador *Dr. Beam*, conforme aplicação descrita por NAKAO, TORRES e LINDENBERG (1999).

O aluno deve saber que o professor não estará o tempo todo, ao seu lado, para lhe dizer o que está certo ou errado. As suas provas de avaliação, na vida profissional, serão diárias. Assim, o aluno deve ser estimulado a desenvolver mecanismos de controle da

qualidade do seu trabalho. Existem muitos controles que desenvolvemos individualmente de acordo com a nossa formação cognitiva. Mas, é também fundamental, a intuição.

4. CONCLUSÕES

Segundo NAKAO (2000), na sua experiência realizada em 1999, 43% dos seus alunos assinalaram que as apresentações com o *Dr. Beam* foram importantes para a motivação e 52% assinalaram que foram importantes para o entendimento. Ainda segundo NAKAO, observa-se a aprovação às técnicas e estratégias aqui descritas. Apesar de todo o questionamento que se faz das aulas expositivas em função da valorização que se tem feito da educação não formal, os alunos gostaram das aulas, principalmente, em função dos materiais introduzidos. Essa aprovação pode ser observada pelos comentários dos alunos.

Na questão das transparências, 52% assinalaram que foi importante para o entendimento; 24%, que foi importante para dar uma visão sistêmica e multidisciplinar e 52% assinalaram que foi importante para desenvolver as habilidades de raciocínio espacial, de distinção entre modelo e realidade, de desenvolvimento e aplicação de modelos para descrever a realidade.

Ao escolhermos imagens de figuras esquemáticas para a elaboração das transparências, decompondo as estruturas em planos, em retas e em pontos, era surpreendente o interesse dos alunos que muitas vezes não faziam esta ligação entre o modelo e a realidade. Ao olhar figuras bem-feitas também desenvolveram uma noção mais clara de como devem ser as representações e ao observar as fotos das estruturas e seus apoios criavam a noção exata de como eles ficam em pé.

Essa técnica consegue respeitar a existência de diferenças entre os alunos suprindo as eventuais falhas em seu desenvolvimento cognitivo. Tem-se a certeza de que se está auxiliando no desenvolvimento dos requisitos necessários à compreensão dos conceitos mais sofisticados e à prática da Engenharia.

REFERÊNCIAS

- BROHN, D. M. **A new paradigm for estrutural engineering.** The Structural Engineer, v. 70, n. 13, Jul.1992.
- IOSHIMOTO, L. **Elaboração de modelos físicos qualitativos e outros elementos auxiliares no entendimento do conteúdo programático de PEF-201 – Resistência dos Materiais.** VII Simpósio de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo, São Paulo, EPUSP, 1999.
- LINDENBERG NETO, H.; ARÉVALO, L. A. T. **Using images to teach the beginnings of structural engineering.** In INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION, Rio de Janeiro, 1998. **ICEE 98:** final program and proceeding [em CD-ROM]. Rio de Janeiro, PUC,1998.
- NAKAO, O. S. **Aperfeiçoamento didático de um curso de Mecânica das estruturas.** São Paulo, 2000. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- NAKAO, O. S.; TORRES, F. F. L. A.; LINDENBERG NETO, H.; **Ensinando fundamentos da Resistência dos Materiais com o auxílio de um programa didático de computador.** In CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 27, Natal, 1999. **COBENGE-99:** Anais [em CD-ROM]. Natal, ABENGE, 1999.
- PEREIRA, L.T.V.; BAZZO, W.A. **Ensino de engenharia:** na busca do seu aprimoramento. Florianópolis, Editora da UFSC, 1997. pp. 99-101.