

# UMA ANÁLISE DE DESEMPENHO DOS ALUNOS DE ENGENHARIA CIVIL E MECÂNICA DA UFMG NA APLICAÇÃO DOS CONCEITOS BÁSICOS DA ÁREA DE ESTRUTURAS

## A PERFORMANCE ANALYSIS OF UFMG CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING STUDENTS IN STRUCTURAL ENGINEERING BASIC CONCEPTS

Elizabeth Vieira Maia<sup>1</sup>  
Oto Borges<sup>2a</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Minas Gerais/Departamento de Engenharia de Estruturas/Escola de Engenharia, [bethmaia@dees.ufmg.br](mailto:bethmaia@dees.ufmg.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais /Colégio Técnico e Programa de Pós-graduação em Educação: conhecimento e inclusão social/Faculdade de Educação, [oto@coltec.ufmg.br](mailto:oto@coltec.ufmg.br)

### RESUMO

As estruturas projetadas pelo homem têm que satisfazer simultaneamente requisitos de estabilidade (equilíbrio), resistência (tensões), rigidez (deformações). Portanto, no processo de projeto, o engenheiro tem entender e aplicar um conjunto invariante de conceitos físicos básicos. Conceitos estes que compõem as primeiras disciplinas dos núcleos de conteúdos ditos básicos (Física) e núcleos de conteúdos profissionalizantes (Teoria das Estruturas e Resistência dos Materiais). Neste trabalho é apresentada uma análise a partir de dados de desempenho conseguido pelos alunos da Engenharia Civil e da Engenharia Mecânica da UFMG no Exame Nacional de Cursos (1996-2003). Extraíram-se algumas questões onde o estudante necessitava manipular conceitos básicos, questões meramente procedimentais ou analíticas e questões que apresentavam as duas características. Apesar do desempenho geral ser muito baixo, verificar-se-á que o desempenho dos estudantes é bem pior em questões conceituais comparadas com as numéricas.

**Palavras-chave:** Física, Ensino de Engenharia de Estruturas, Conceitos Básicos.

### ABSTRACT

Structures are designed to perform adequately with respect to stability (equilibrium), stiffness (strains) and strength (stresses). Thus engineers in the design process must understand and apply an invariant set of basic concepts in physics. These concepts are usually taught in the lower level physics of any engineering program as well as in strength of materials and structural analysis courses of the upper level phase. This paper presents a performance analysis of UFMG civil and mechanical engineering majors in the national evaluation exam of undergraduate programs (1996 to 2003). Specific structural engineering questions extracted from the exams are used as the data basis. These questions are divided into three types: those in which students must understand basic concepts, straight forward problems and questions involving both aspects. Although the out coming general result shows poor students' performance, worst marks are observed in problems which demand basic understanding of structural engineering concepts.

**Keywords:** Physics, Structural Engineering Teaching, Basic Concepts.

<sup>a</sup> Apoio: CNPq

## INTRODUÇÃO

A avaliação dos cursos de graduação teve início em 1996, e desde então tem sido um dos pilares da política de ensino superior desenvolvida pelo MEC. O Exame Nacional de Cursos (ENC-Provão), um exame aplicado aos formandos, foi um dos instrumentos da avaliação dos cursos de graduação no período de 1996 a 2003. O ENC utilizava para a avaliação dos cursos, o resultado obtido pelo conjunto de graduandos da IES. Entretanto não visa a classificação e seleção dos examinandos. Como processo de avaliação, embora utilize os resultados de desempenho de graduandos em final de curso, não tinha característica somativa. Ainda que o objetivo do ENC não fosse oferecer diagnóstico sobre dificuldades específicas dos estudantes, neste trabalho fazemos uma leitura seletiva desses exames, examinando o desempenho de estudantes dos cursos de engenharia mecânica e civil da UFMG, nas questões relacionadas com estruturas. Vamos argumentar que estes resultados mostram que os estudantes se saem melhor nas questões mais operacionais e numéricas do que nas questões mais conceituais.

Esse resultado é importante por revelar que o ensino de estruturas não tem conseguido favorecer a aprendizagem conceitual. Esse resultado é similar a alguns resultados de pesquisas sobre ensino de física que mostraram que graduandos americanos estão sendo formados sem entendimento conceitual dos principais conceitos da física. Esse resultado tem levado cientistas e pesquisadores a defenderem mudanças no ensino de graduação no sentido de favorecer o entendimento conceitual pelos graduandos americanos. Uma das alternativas sugeridas é adoção do chamado ensino científico (HANDELSMAN ET AL., 2004). Ensino científico se refere àquele ensino que é tratado com o mesmo rigor com que as pesquisa também o são.

## PROJETO DE ESTRUTURAS

A palavra estrutura descreve a maioria do que é visto na natureza. Plantas, desde árvores a simples folhagens, são recipientes de uma forma estrutural que suportam suas necessidades. Grande parte das espécies animais tem uma participação mais ativa, pois necessitam construir estruturas para viver. Embora algumas são bastante requintadas, evidências demonstram que a maioria dos seres vivos constrói suas estruturas como que por mero instinto, diferentemente do seres humanos, que as constroem por “design”.

Projetar para atender as necessidades do ser humano melhorando a sua qualidade de vida é uma das atividades principais do engenheiro. Para o engenheiro de estruturas o projetar significa manter uma forma. O processo de projetar um sistema estrutural envolve, sinteticamente, o delineamento da forma estrutural básica, o dimensionamento global de seus componentes, o levantamento das solicitações e a escolha do material.

Nenhuma destas fases requer o uso de fórmulas matemáticas, a concepção de uma idéia estrutural é independente do uso da matemática. Somente depois que o sistema estiver concebido em seus elementos essenciais, pode-se e devem-se aplicar fórmulas matemáticas para testar o sistema, dimensionando os seus componentes e garantindo desse modo equilíbrio, estabilidade, resistência, segurança, economia e estética.

É difícil estabelecer uma data exata para o nascimento do engenheiro de estruturas, mas sem dúvida foi resultado da habilidade em projetar e construir estruturas com alto grau de sofisticação atendendo às demandas da humanidade. O estágio atual de desenvolvimento da Engenharia de Estruturas deve-se, também, à evolução constante principalmente da ciência dos

materiais, da computação, das técnicas de construção. Mas pouco se conhece sobre os processos cognitivos envolvidos na atividade de projeto de uma estrutura.

Embora a engenharia estrutural seja mais diretamente associada com a engenharia civil, ela possui interfaces com todas as engenharias que requeiram um sistema ou componente estrutural para alcançar seus objetivos. “Design” e construção de pontes; edifícios; barragens; transporte e armazenamento de gás, líquidos, grãos; geração e transporte de energia; componentes de máquinas; componentes biomecânicos; equipamentos esportivos, dentre outros, todas elas requerem a engenharia estrutural.

A natureza atua sobre os corpos de diversas formas e provocando diversos efeitos. Assim, a gravidade atua sobre a massa do corpo puxando-a para baixo, a temperatura altera as dimensões dos corpos e cria tensões internas, o empuxo hidrostático sustenta os corpos, os sismos e os ventos exercem forças. O corpo resiste a tais ações segundo a sua estrutura. O estudo das estruturas inicia-se pelo entendimento dos princípios básicos que definem e descrevem o comportamento dos objetos físicos submetidos a forças.

Nosso modelo de formação de engenheiros ainda é o modelo geral de formação profissional adotado nas universidades. Esse modelo, segundo Schön, foi muito bem descrito por Edgard Schein e consiste de três etapas: primeiro ensina aos estudantes a ciência básica relevante; segundo ensina a eles a ciência aplicada relevante e, terceiro, dá a ele um “practicum” – um espaço para praticar – aonde possam aplicar essa ciência aos fatos cotidianos (Schön, 1997). O ensino sobre estruturas se encaixa perfeitamente neste modelo. Inicialmente o estudante estuda a ciência básica nas disciplinas Física e Mecânica, em seguida passa para a ciência aplicada, Resistência dos Materiais e Teorias das Estruturas. A primeira estuda o relacionamento entre as forças aplicadas externas a um sistema estrutural e os efeitos internos produzidos, tensões e deformações. Estas grandezas físicas envolvidas situam-se em escalas extremas. A segunda estuda o relacionamento entre forças que atuam em um sistema estrutural e as condições de equilíbrio estático que devem ser satisfeitas, ou seja, deslocamentos nulos ou conhecidos. Enquanto as forças são da ordem de milhares de toneladas tem-se que projetar para obter uma estrutura com deslocamentos da ordem de centímetros. Projetar uma estrutura é uma atividade complexa exigindo do engenheiro a utilização de inúmeros conceitos de forma simultânea e não sequencial como é ensinado. Como mencionado anteriormente, o projeto estrutural parte de uma concepção geral da estrutura e termina com a documentação que possibilita a sua construção.

Entretanto, o ensino atual nas disciplinas de estruturas enfatiza a análise numérica e técnicas de detalhamento, ou seja, algoritmos e fórmulas, em detrimento do desenvolvimento conceitual sobre o comportamento das estruturas e dos materiais e da aprendizagem dos conceitos mais abstratos: compreensão qualitativa do desempenho e da resposta das estruturas sob as ações que lhe são impostas; domínio das alternativas e exigências estruturais para os diversos tipos de estruturas, em configurações estáticas ou dinâmicas; capacidade de identificar corretamente o jogo localizado de forças internas; habilidade em modelar adequadamente a estrutura para análise; capacidade de dialogar e interagir com discernimento com os colegas das áreas intervenientes no projeto estrutural (urbanismo, arquitetura, paisagismo, controle ambiental, conservação de energia, instalações elétricas, hidráulicas, sanitárias, acústicas, etc.).

## **ENSINO POR COMPETÊNCIAS**

As Diretrizes Curriculares Nacionais para os cursos de graduação em engenharia têm por objetivo servir de referência na organização curricular das instituições de ensino superior do país

e o perfil desejado do egresso/profissional. Na atual versão, o curso deve possuir em seu currículo um núcleo de conteúdos básicos (30% da carga horária mínima), um núcleo de conteúdos profissionalizantes (15% da carga horária mínima) e um núcleo de conteúdos específicos, propostos exclusivamente pela instituição, que caracterizem a modalidade (55% da carga horária mínima). Define que a formação do engenheiro deve ser generalista, humanista, crítica e reflexiva, capacitando-o a absorver e desenvolver novas tecnologias, considerando aspectos políticos, econômicos, sociais e éticos. Para tanto, entende que competência e habilidade são conceitos fundamentais. A resolução 11/2002 da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação categorizou 14 competências e habilidades que os currículos devem dotar o profissional, a saber [CNE/CES 1362/2001]:

1. aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia;
2. projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados;
3. conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos;
4. planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia;
5. identificar, formular e resolver problemas de engenharia;
6. desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas;
7. supervisionar a operação e a manutenção de sistemas;
8. avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas;
9. comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica;
10. atuar em equipes multidisciplinares;
11. compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais;
12. avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental;
13. avaliar a viabilidade econômica de projetos de engenharia;
14. assumir a postura de permanente busca de atualização profissional.

Como comentado, a engenharia estrutural trata do planejamento, projeto, construção e manutenção de sistemas estruturais para transporte, moradia, trabalho e lazer. Para tanto, as competências envolvidas nestas atividades estariam associadas às 14 competências das DCN, explicitadas acima. Mas as disciplinas de estruturas trazem nas suas ementas tópicos relativos às competências 1 e 3 (análise). Na Figura 1 pode-se ver a grade curricular das disciplinas de estruturas para o curso civil. Várias são delegadas às atividades complementares, tais como trabalhos de iniciação científica (2, 3 – conceber e projetar, 5, 6, 9,10,14), estágios curriculares (3, 4,7,8,11,12,13).

### **APRENDIZADO DE COMPETÊNCIAS**

Como o interesse é investigar sobre o entendimento pelos estudantes dos conceitos básicos, especialmente os que se fundamentam na Física, exigidos em situações típicas de projeto de estruturas, extraíram-se questões pertinentes das diversas provas aplicadas pelo ENC (ENC-Provão) aos alunos dos cursos de engenharia civil e mecânica da UFMG. Esta escolha deve-se ao fato dos pesquisadores serem desta instituição de ensino superior. Apresenta-se, a seguir, uma análise sobre a performance dos alunos através das notas atribuídas aos alunos nestas questões. As notas foram colapsadas em três categorias: reprovado (notas até 39), exame especial (notas de 40 a 59) e aprovado (notas acima de 60).

A Tabela 1 apresenta a distribuição das notas colapsadas nas categorias mencionadas acima para duas questões do Provão 1999, aplicado ao curso de Engenharia Mecânica. O enunciado das questões está apresentado na Figura 2. Como pode ser examinado, as questões podem ser classificadas na competência 3, entretanto a questão 3 é conceitual, onde percorre o

processo de projeto e a questão 6 é numérica (análise) e conceitual. O desempenho em ambas as questões foi muito baixo. Entretanto, vê-se a seguinte tendência: quem falhou na questão conceitual (3) falhou na questão 6, mas quem respondeu mesmo em parte a questão 3 (14 alunos), respondeu a questão analítica.

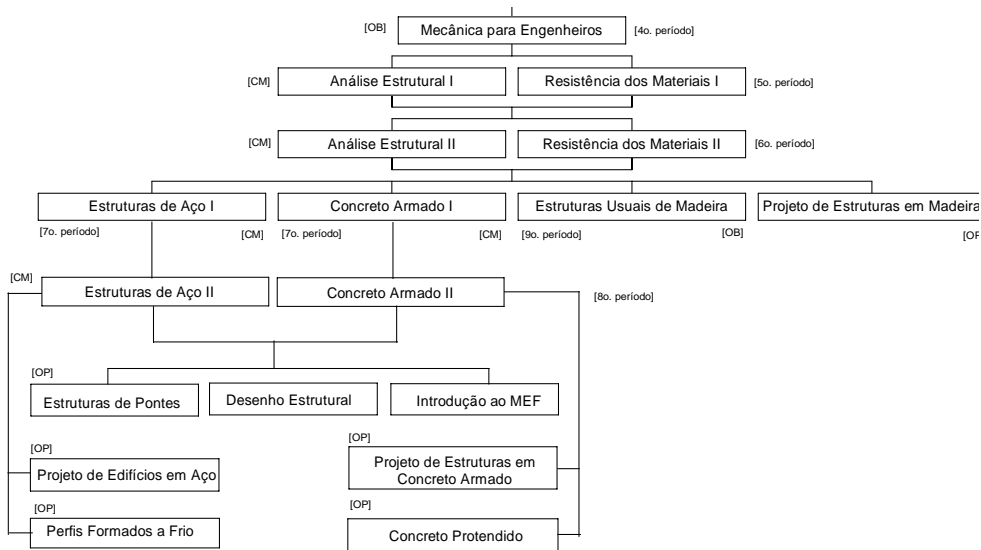


Figura 1 – Grade Curricular – Disciplinas do Departamento de Engenharia de Estruturas

Tabela 1 – Categorias das notas das questões 3 e 6 (1999). Engenharia Mecânica. UFMG.

Questão 3 \ Questão 6	0 – 39	40 – 59	60 – 100	Total
0 – 39	58	6	2	66
40 – 59	0	4	1	5
60 – 100	0	0	1	1
Total	58	10	4	72

**3**

O conceito de rigidez é um dos mais importantes em projeto de máquinas. A esse respeito, responda ao solicitado abaixo.

- a) Explique em poucas palavras o que é rigidez. (valor: 25 pontos)
- b) Quais os fatores que determinam a rigidez de um componente mecânico? (valor: 25 pontos)
- c) Como a rigidez e a massa de um componente estão relacionadas com sua frequência natural? (valor: 25 pontos)
- d) Entre os perfis apresentados abaixo, qual você escolheria como o mais adequado à estrutura de um veículo que será submetido a carregamentos combinados de flexão e torção, variáveis em duração e intensidade, de modo que o mesmo possa ter rigidez satisfatória com um peso relativamente reduzido? Justifique sua resposta. (valor: 25 pontos)

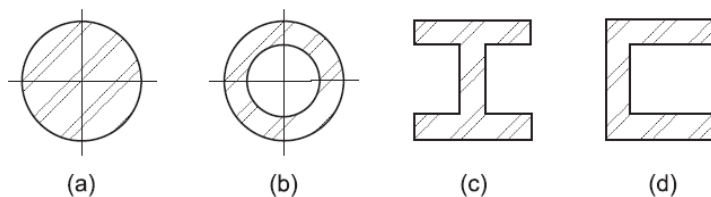
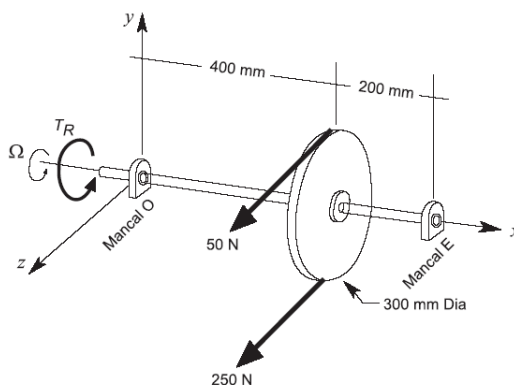


Figura 2 – Enunciado das questões 3 e 6 (1999). Engenharia Mecânica. UFMG.



A figura acima nos mostra um eixo que suporta uma polia para uma correia na qual as trações são paralelas. O torque aplicado através da polia equilibra o torque resistente no eixo, que gira a uma velocidade de rotação constante. A esse respeito:

- a) Calcule as reações de apoio nos mancais O e E; (valor: 25 pontos)
- b) construa os diagramas de momento fletor e de momento torsor ao longo do trecho OE; (valor: 25 pontos)
- c) esboce diagramas mostrando como a tensão normal e a tensão cisalhante (devido à torção) variam com o tempo em um ponto da superfície da seção mais solicitada; (valor: 25 pontos)
- d) considere o estado de tensão a que é submetido um ponto na superfície da seção mais solicitada e explique contra que tipo de falha deve ser dimensionado o eixo. (valor: 25 pontos)

**Figura 2 (cont.)– Enunciado das questões 3 e 6 (1999). Engenharia Mecânica. UFMG.**

A Tabela 2 apresenta a distribuição das notas para as questões 9 e 10 do Provão de 1999 para a Engenharia Civil, colapsadas nas categorias definidas acima. Dos enunciados apresentados na Figura 3, destacam-se, a seguir, as características principais. A questão 9 trata do dimensionamento (competência 3) de estruturas de concreto protendido. As expressões necessárias à sua solução estão apresentadas na ordem de aplicação, mas é necessário que o aluno utilize primeiramente o conceito de equilíbrio de forças para encontrar o valor do momento fletor resultante devido à carga de utilização e à força de protensão na seção no meio do vão. Em contraposição, a questão 10 trata da análise (letra a) e parte do dimensionamento (letra b) de uma estrutura de aço. Na letra (a) o aluno tem que aplicar repetidas vezes, as condições de equilíbrio estático para o traçado dos diagramas e substituir valores nas expressões de dimensionamento (letra b) apresentadas e totalmente definidas. Novamente o desempenho global foi muito baixo. Concomitantemente, pode-se ver que 50% dos alunos que falharam na questão 9 falharam também na questão 10, a mais analítica. Por outro lado, apenas 8% dos alunos que obtiveram um bom desempenho na questão 10, conseguiram o mesmo em relação à questão 9; enquanto que 35% dos alunos que responderam bem a questão 9 lograram êxito na questão 10.

**Tabela 2 – Categorias das notas das questões 9 e 10 (1999). Engenharia Civil. UFMG.**

Questão 9 \ Questão 10	0 – 39	40 – 59	60 – 100	Total
0 – 39	79	1	6	86
40 – 59	35	1	3	39
60 – 100	45	9	5	59

Total	159	11	14	184
-------	-----	----	----	-----

A Tabela 3 apresenta a distribuição das notas para as questões 3 e 10 do Provão de 2001 para a Engenharia Civil, colapsadas nas categorias definidas acima. Dos enunciados apresentados na Figura 4, comentam-se, a seguir, as características principais. A questão 3 consiste na interpretação gráfica de uma resposta (análise) computacional e na aplicação das equações da estática plana. Deve-se ressaltar ainda que o item menos valorizado na questão 3 corresponde à aplicação do conceito físico. A questão 10 envolve as leis que regem as forças de atrito. Analisando os dados da Tabela 3, vê-se claramente o bom desempenho dos alunos (95%) na questão 3 e apenas 4% destes tiveram êxito na questão 10. Pode-se ler, por outro lado, que 80% dos alunos com bom desempenho na questão 10, lograram êxito na questão 3.

9

Foi-lhe solicitado examinar uma viga em concreto simplesmente apoiada de 20 m de vão. Inspeccionando o memorial justificativo, você identificou que:

- o concreto tem  $f_{ck} = 30$  MPa;
- o sistema construtivo introduziu esforço na viga, o qual, para efeito de análise da seção no meio do vão pode ser considerado como um esforço de compressão de 1750 kN aplicado no ponto A da seção esquematizada na Figura 1;
- a viga suporta a carga acidental de 20 kN/m, além da carga permanente de 12 kN/m (já incluindo o peso próprio);
- a seção transversal da viga tem área  $A = 0,401$  m<sup>2</sup>, módulo de resistência em relação à borda superior  $W_s = 0,1325$  m<sup>3</sup> e módulo de resistência em relação à borda inferior  $W_I = 0,0993$  m<sup>3</sup>.

Dados / Informações Técnicas:	
– Momento fletor máximo em viga simplesmente apoiada de vão $l$ sob carregamento uniformemente distribuído $p$	$M = \frac{p \times l^2}{8}$
– Tensão normal na borda superior, em valor absoluto, devido ao momento $M$	$\sigma_S = \frac{M}{W_S}$
– Tensão normal na borda inferior, em valor absoluto, devido ao momento $M$	$\sigma_I = \frac{M}{W_I}$
– Tensão de esforço normal	$\sigma = \frac{N}{A}$

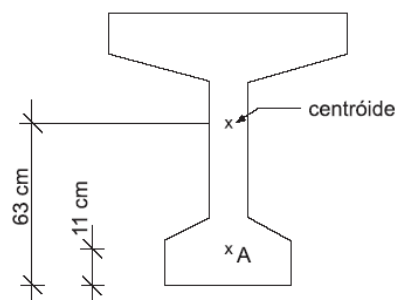


Figura 1

Responda com base nos dados anteriores, utilizando a seção no meio do vão: o limite de compressão de  $0,7 f_{ck}$  foi ultrapassado? Sim ou Não? Justifique sua resposta. **(valor: 100 pontos)**

10

Ao ser solicitado a opinar quanto a aspectos estruturais na instalação de uma talha (guincho móvel) em um pórtico metálico, você:

- identificou, em uma análise preliminar dos desenhos, que não há risco aparente quanto à instabilidade lateral da viga de rolamento (vide Figura 1);
- elaborou a modelagem em pórtico plano com 4 pontos nodais e 3 barras, para a verificação de dimensionamento de flexão desta viga (vide Figura 2);
- estimou em 50 kN a capacidade de carga da talha (já majorada para levar em conta efeitos dinâmicos de impacto e de fadiga) e em 10 kN a carga horizontal decorrente de frenagem, cargas estas localizadas no modelo em pórtico na posição mais desfavorável quanto à flexão; e
- considerou desprezível o peso próprio.

**Figura 3 – Enunciado das questões 9 e 10 (1999). Engenharia Civil. UFMG.**

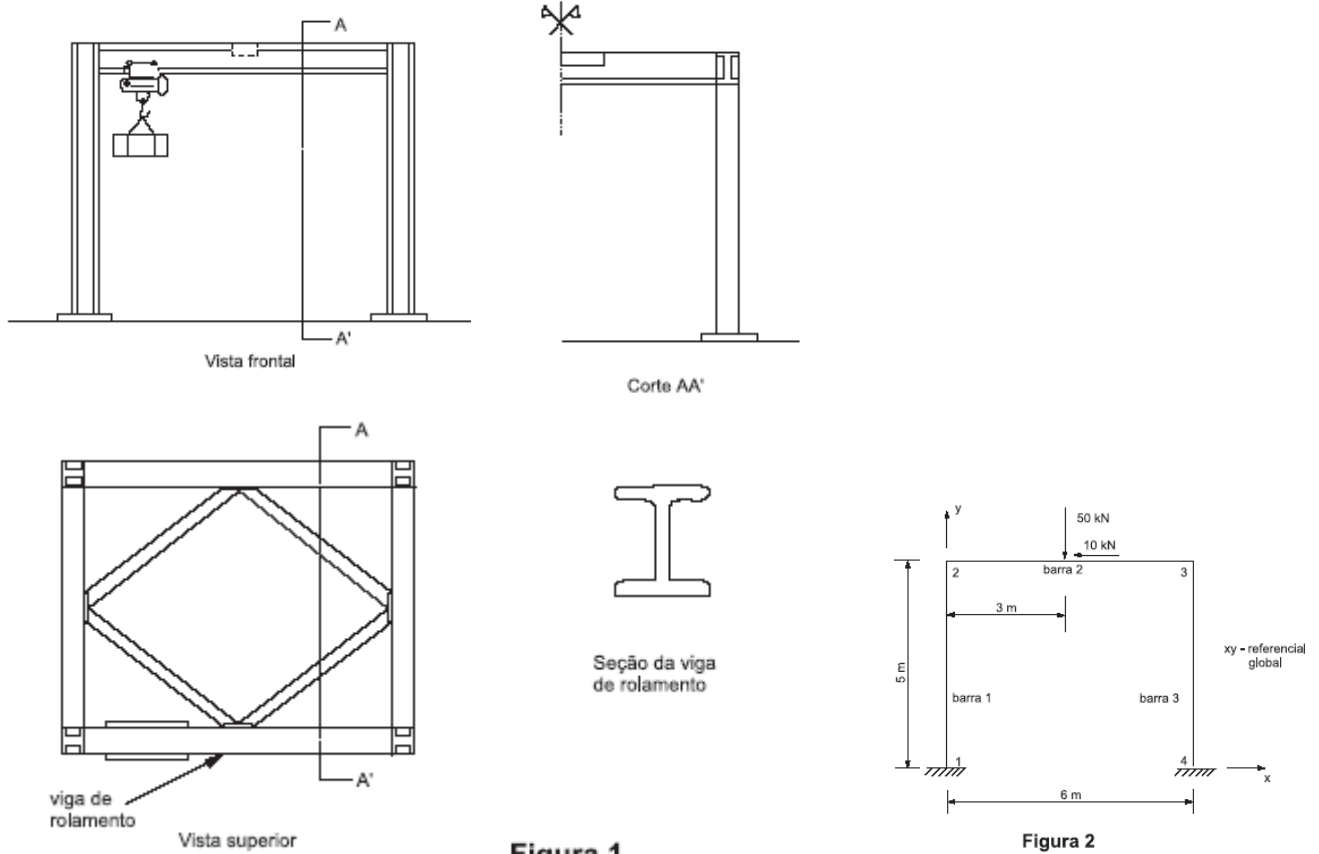


Figura 1

Figura 2

Com o referido modelo você obteve uma listagem de programa automático de análise estrutural da qual são reproduzidas abaixo as informações mais relevantes para a situação mencionada.

**Unidades utilizadas: metro e quilonewton**  
**Modelo: pórtico plano**

Coordenadas nodais:				Incidência das barras:		
Nó	sistema	coordenada x	coordenada y	Barra	nó inicial	nó final
1	global	0.00	0.00	B1	1	2
2	global	0.00	5.00	B2	2	3
3	global	6.00	5.00	B3	3	4
4	global	6.00	0.00			

**Carga concentrada em barra:**

Barra	distância	$F_x$	$F_y$
B2	3.00	-10.00	-50.00

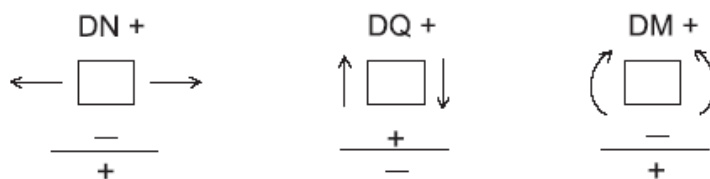
**Esforços nas barras:**

Barra	sistema	nó	esf. normal	esf. cortante	mom. fletor
B1	local	1	26.62	-21.22	-26.30
		2	-26.62	21.22	-37.35
B2	local	2	21.22	26.62	37.35
		3	-11.22	23.38	-27.63
B3	local	3	23.38	11.22	27.63
		4	-23.38	-11.22	6.02

Com base nos dados e resultados anteriores, atenda ao que se pede.

**a) Trace os diagramas dos esforços solicitantes da viga de rolamento (denominada barra 2 no modelo em pórtico), adotando as convenções abaixo. (valor: 60 pontos)**

**Figura 3 (cont.) – Enunciado das questões 9 e 10 (1999). Engenharia Civil. UFMG.**



b) Verifique se a viga satisfaz as condições de dimensionamento à flexão  $M \leq 0,6 M_e$  e  $M \times \gamma \leq 0,9 M_p$ , respondendo Sim ou Não. Justifique sua resposta considerando o momento correspondente ao início do escoamento  $M_e = Z \times \sigma_e$  e o momento de plastificação da seção  $M_p = Z \times \sigma_e$ . Adote para a verificação os dados: **(valor: 40 pontos)**  
 $M = 42,51$  kN/m: máximo momento fletor em regime elástico;  
 $\gamma = 1,5$ : fator de majoração dos esforços elásticos para verificação no estado limite último;  
 $W = 288$  cm<sup>3</sup>: módulo de resistência elástico do perfil I;  
 $Z = 344$  cm<sup>3</sup>: módulo de resistência plástico do perfil I;  
 $\sigma_e = 345$  MPa: tensão de escoamento do material

Figura 3 (cont.) – Enunciado das questões 9 e 10 (1999). Engenharia Civil. UFMG.

Tabela 3 – Categorias das notas das questões 3 e 10 (2001). Engenharia Civil. UFMG.

Questão 3 \ Questão 10	0 – 39	40 – 59	60 – 100	Total
0 – 39	23	30	98	151
40 – 59	0	1	1	2
60 – 100	1	0	4	5
Total	24	31	103	158

3

Você está desenvolvendo um programa para cálculo de treliças planas, cuja geometria é a apresentada na Figura 1, onde os números se referem aos nós, e as letras se referem às barras.

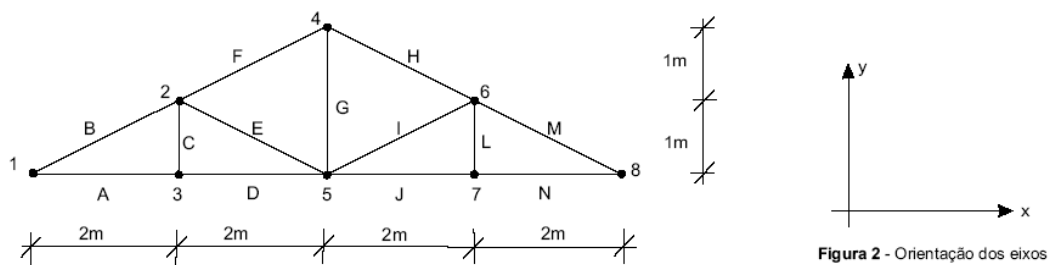


Figura 1 - Geometria da treliça

Com base no arquivo de dados do programa, foram montadas as Tabelas 1 e 2. A Tabela 1 indica o valor dos componentes de força aplicados em cada nó, em kN, e a tabela 2 indica a deslocabilidade de cada nó, na qual o valor unitário significa deslocamento impedido, e o valor zero significa deslocamento livre.

Tabela 1 – Carregamento dos nós

	1	2	3	4	5	6	7	8
FX(kN)	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0	0,0
FY(kN)	0,0	-1,0	0,0	-1,0	-1,0	-1,0	0,0	0,0

Convenções para a Tabela 1:

- a linha FX indica os componentes de força, em kN, na direção x, e a linha Fy indica os componentes de força, em kN, na direção y, conforme orientação de eixos da Figura 2;
- as colunas indicam os nós da treliça nos quais os componentes de força estão aplicados.

Figura 4 – Enunciado das questões 3 e 10 (2001). Engenharia Civil. UFMG.

**Tabela 2**– Deslocabilidade dos nós

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>U</b>	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>V</b>	1	0	0	0	0	0	0	1

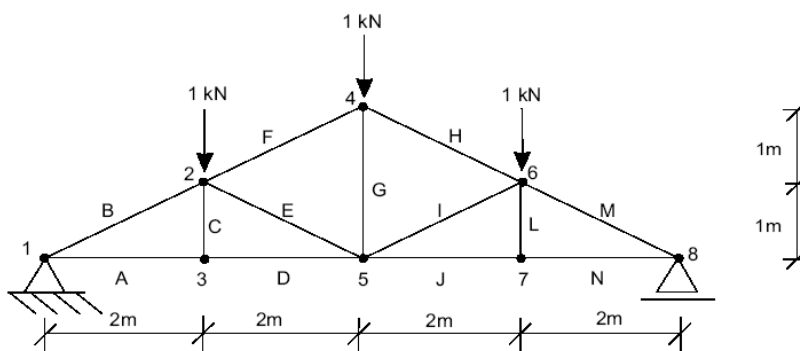
Convenções para a Tabela 2:

- a linha U se refere aos deslocamentos dos nós na direção x, e a linha V aos deslocamentos dos nós na direção y, conforme orientação de eixos da Figura 2;
- as colunas indicam os nós da treliça correspondentes aos deslocamentos U e V.

Com base nas informações fornecidas:

**a)** faça um esquema da treliça indicando claramente o carregamento e as condições de apoio, de acordo com os valores das tabelas 1 e 2 do arquivo de dados do programa; **(valor: 60 pontos)**

**b)** ao mudar o arquivo de dados de modo que reflita o carregamento e as condições de apoio da Figura 3 e executar o programa, você obteve esforços, em kN, indicados na Tabela 3 (esforços positivos significam tração e negativos significam compressão) e constatou que, por um erro na lógica do programa, duas barras, que deveriam ter esforços nulos, apresentavam valores diferentes de zero. Indique quais são essas barras, justificando a sua resposta. **(valor: 40 pontos)**



**Figura 3** - Carregamento e condições de apoio para o item b

**Tabela 3** – Esforços nas barras para o item b

BARRA	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N
ESFORÇO (kN)	3,00	-3,35	2,00	3,00	-1,12	-2,24	1,00	-2,24	-1,12	3,00	2,00	-3,35	3,00

10

Na fase de conclusão da obra de construção de um complexo escolar, em uma região cuja geologia apresenta a ocorrência de grandes blocos de rocha soltos sobre a superfície do terreno, verificou-se que havia um destes blocos com a forma de um prisma reto com 1,50 m de altura e base quadrada com 0,70m de lado, muito próximo da linha de transição, entre o talude natural e o talude de escavação que limita o pátio destinado à área livre para recreação, conforme ilustra a Figura 1.

a) Analise a estabilidade do bloco, demonstrando a possibilidade ou não de que ele possa deslocar-se atingindo o pátio. **(valor: 60 pontos)**

b) Na hipótese de que ele não seja estável, indique uma providência em que, por uma simples manobra com o bloco, sem que seja necessária a construção de qualquer elemento estrutural de contenção, fique garantida a estabilidade do bloco na superfície AB do talude natural. Entretanto, nessa manobra não são admitidos deslocamentos de transição da base no próprio plano da base. **(valor: 40 pontos)**

**Figura 4 (cont.) – Enunciado das questões 3 e 10 (2001). Engenharia Civil. UFMG.**

**Dados/Informações Adicionais**

$\alpha$  – ângulo de inclinação do talude natural da superfície AB = 28°;

$\beta$  – ângulo de inclinação do talude escavado da superfície BC = 60°;

$\phi_{AB}$  – ângulo de atrito entre o bloco e a superfície AB = 34°;

$\phi_{BC}$  – ângulo de atrito entre o bloco e a superfície BC = 30°;

$\gamma$  – peso específico do bloco = 26,5 kN/m<sup>3</sup>;

h – altura do bloco = 1,50 m;

l – lado da base do bloco = 0,70 m;

d – distância entre a aresta da base do bloco mais próxima e a linha de transição entre os taludes natural e de escavação = 0,50m (considere que esta aresta é paralela à linha de transição).

Considere desprezível a eventual ação de ventos ou escoamento superficial de água.

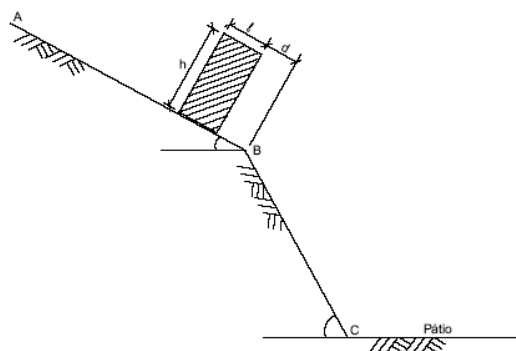


Figura 1

**FUNÇÕES TRIGONOMÉTRICAS**

Ângulo	sen	cos	tg
28°	0,4695	0,8829	0,5317
30°	0,5000	0,8660	0,5774
34°	0,5592	0,8290	0,6745
60°	0,8660	0,5000	1,7321

Figura 4 (cont.)– Enunciado das questões 3 e 10 (2001). Engenharia Civil. UFMG.

**CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Segundo o Relatório do Exame Nacional de Cursos de 2003, a média obtida pelos presentes, foi igual a 40,7 bem superior à alcançada em 2002, que foi 26,1. A nota mínima foi 0 (zero) e a máxima, 100, também mais alta do que a do ano anterior, quando a pontuação máxima foi de 76,0 (ENC). Mas como mostrou a análise das Tabelas 1, 2 e 3, os formandos revelaram consistentemente um pior desempenho nas questões conceituais do que nas questões numéricas, nas questões relacionadas com as disciplinas de estruturas.

Vários professores reconhecem o alto nível de abstração envolvida na análise numérica e a dificuldade de visualização dos conceitos como os principais motivos que levam aos alunos a baixa performance nas disciplinas de estruturas. Por outro lado talvez aqui seja lugar para um questionamento: será que os estudantes têm baixo desempenho porque há muita abstração na análise numérica ou porque não aprenderam os conceitos mais abstratos ligados ao projeto estrutural? Essa questão pode parecer um contra-senso, mas não o é se for considerado como o estudante concebe o conhecimento sobre análise numérica. O estudante pode trabalhar com os algoritmos numéricos como um conhecimento procedimental e não como um conhecimento declarativo ou conceitual. Neste caso o estudante pode lidar com a análise numérica como algoritmos que aplica sem entendê-lo conceitualmente. Ele pode aprender o saber fazer e não o saber porque ou saber como. Esse uso de fórmulas e algoritmos como objetos manipuláveis também é documentado em pesquisas sobre ensino de Física e mesmo nos níveis iniciais da

escolarização. Por exemplo, Arons (1983) ao discutir o ensino do conceito de densidade na escola para pré-adolescentes ou para adolescentes, afirmou que muitas vezes ao manipular a fórmula da densidade eles o fazem como se tivessem realizando uma operação concreta no sentido piagetiano, isto é, estão apenas dispendo os símbolos em padrões com os quais têm familiaridade, tratando-os como objetos concretos, sem raciocinar algebricamente e sem demonstrar entendimento conceitual do que estão fazendo. Moreira e Borges (2004) também observaram tal forma de manipulação de símbolos como objetos concretos em estudantes de ensino médio. Algumas das mudanças que estão sendo feitas no ensino universitário americano visam superar essa dificuldade de aprender com entendimento conceitual (DeHaan, 2005).

Por outro lado, não se pode deixar de notar e chamar a atenção de que as provas do ENC se dão alguma indicação, não permite explorar com maior profundidade o entendimento conceitual e o estado de conhecimento dos estudantes.

Estes resultados e os comentados neste trabalho mostram a necessidade da elaboração de um instrumento robusto e válido que investigue sobre o entendimento pelos estudantes dos conceitos básicos exigidos em situações típicas de projeto de estruturas; o que eles sabem antes e durante um conteúdo ensinado; qual o seu estado cognitivo quando chegam a uma disciplina e quais as estratégias utilizadas pelos estudantes ao aplicar conceitos aprendidos em diferentes contextos, quais seriam as possíveis intervenções necessárias para corrigir eventuais falhas e/ou complementar conteúdos.

## AGRADECIMENTOS

Ao INEP – Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – pelas informações sobre os resultados do Exame Nacional de Cursos de Engenharia Civil e Engenharia Mecânica de 1998 a 2003.

## REFERÊNCIAS

- MEC/CNE/CES. Diretrizes Curriculares Nacionais dos Cursos de Engenharia 1362/2001. Disponível em:  
<http://www.mec.gov.br/sesu/ftp/pareceres/136201Engenharia.doc>  
<http://www.mec.gov.br/sesu/ftp/resolucao/1102Engenharia.doc>  
 Acesso em: 26/07/2005.
- ENC. Exame Nacional de Cursos. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/superior/provao/>  
 Acesso em 26/07/2005.
- ENC-Provão. Disponível em: [http://www.inep.gov.br/superior/provao/gab\\_prov\\_pad\\_res/](http://www.inep.gov.br/superior/provao/gab_prov_pad_res/)  
 Acesso em 26/07/2005.
- Handelsman, J., Ebert-May, D., Beichner, R., Bruns, P., Chang, A., DeHaan, R. L., Gentile, J., Lauffer, S., Stewart, J., Tilghman, S. M., e Wood, W. B. Scientific teaching. *Science*, 304, 521–522, 2004.
- Robert L. DeHaan. The Impending Revolution in Undergraduate Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 14, No. 2, 2005.
- Moreira, A.F., Borges, O.N. Interpretação de Representações Dinâmicas. *Atas IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*. Porto Alegre. 2004.
- Arons, A.B. Student patterns of thinking and reasoning – Part one. *The Physics Teacher*, (21), 576-581, 1983.