

## **SOBRE A RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS E A TEORIA DAS ESTRUTURAS NAS DIRETRIZES CURRICULARES**

**Humberto L. Soriano** – sorianoh@uerj.br

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia  
Rua São Francisco Xavier 524 – Maracanã  
20559-900 – Rio de Janeiro – RJ

**Silvio de S. Lima** – silvio@poli.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica  
Av. B. Trompowski sem número, Centro de Tecnologia, Ilha do Fundão  
21945-970 – Rio de Janeiro - RJ

**Resumo:** *As Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, instituídas pela Resolução CNE/CES 11, incluem no “núcleo de conteúdos básicos” o tópico “mecânica dos sólidos”, e no “núcleo de conteúdos profissionalizantes” o tópico “sistemas estruturais e teoria das estruturas”, entre outros. Diferentemente que a Resolução 48/7 do CFE, não apresenta as ementas desses tópicos, deixando a cargo de cada instituição de educação superior a interpretação e adaptação a cada modalidade de engenharia, desde que sejam dotados ao egresso conhecimentos requeridos para o exercício de competências e habilidades gerais especificadas em seu Art. 4º. Nesse contexto se coloca a questão de como devem ou podem ser tratadas as disciplinas Resistência dos Materiais e Teoria das Estruturas, e se a primeira deva ser oferecida a todas às habilitações de engenharia. Esse trabalho discute essas questões. Em especial, refere-se à habilitação engenharia civil que é a de formação dos autores.*

**Palavras-chave:** *Resistência dos materiais, Teoria das estruturas, Hiperestática, Análise de estruturas, Mecânica dos sólidos.*

### **1. INTRODUÇÃO**

As Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, instituídas pela Resolução CNS/CES 11, de março de 2002, “a serem observadas na organização curricular das Instituições do Sistema de Educação Superior do País”, “definem os princípios, fundamentos, condições e procedimentos da formação de engenheiros”, objetivando “dotar o profissional com conhecimentos requeridos para o exercício de competências e habilidades gerais” relacionadas em seu Art 4º. Estabelece em seu Art. 6º que “Todo o curso de Engenharia, independente de sua modalidade, deve possuir em seu currículo um núcleo de conteúdos básicos, um núcleo de conteúdos profissionalizantes e um núcleo de conteúdos específicos que caracterizem a modalidade”. Relaciona os tópicos dos dois primeiros núcleos, com especificação de que o primeiro, de tópicos obrigatórios a todas as habilitações de engenharia, tenha cerca de 30% da carga horária mínima, e que o segundo, de tópicos que podem ser escolhidos pela IES, tenha cerca de 15% da carga horária mínima. O terceiro núcleo “se constitui em extensões e aprofundamentos dos conteúdos do núcleo de conteúdos

profissionalizantes, bem como de outros conteúdos destinados a caracterizar modalidades”, conteúdos esses a serem “propostos exclusivamente pela IES”.

As Diretrizes Curriculares deram grande liberdade às instituições de educação superior na construção de seus projetos pedagógicos. Contudo, diferentemente da Resolução CFE 48/76, complementada pelas Resoluções 50/76 (de caracterização de habilitações do curso de Engenharia), 52/76 (relativa à habilitação Engenharia de Alimentos), 2/77 (relativa à habilitação Engenharia Sanitária), 04/77 (relativa à habilitação Engenharia Industrial), 06/77 (relativa à habilitação Engenharia Naval), 09/77 (relativa à habilitação Engenharia Elétrica), 10/77 (relativa à habilitação Engenharia de Produção), e 08/79 (relativa à habilitação Engenharia Cartográfica), não especificam a carga horária mínima dos cursos de engenharia e nem apresentam as ementas dos tópicos constituintes dos currículos de engenharia. Como esses autores não têm conhecimento de nenhuma outra Resolução CNE/CES que especifique essa carga mínima, esperam que o Conselho Nacional de Educação venha a fixá-la em um futuro próximo. Na falta dessa especificação e como essas Diretrizes revogam apenas as disposições em contrário, interpretam que ainda esteja válida a carga mínima de 3600 horas de atividades didáticas especificadas pela Resolução CFE nº 48/76 em seu Art 13º, incluindo estágio supervisionado com o mínimo de 30 horas. Além disso, como as Diretrizes estabelecem estágio curricular com o mínimo de 160 horas, esses autores entendem que a carga mínima dos cursos de engenharia deva ser de  $(3600 - 30 + 160) = 3730$  horas, incluindo estágio curricular. Com esse entendimento, as cargas horárias mínimas dos núcleos “de conteúdos básicos”, “de conteúdos profissionalizantes” e “de conteúdos específicos” devem ser, respectivamente, de 1119, 560 e 2051 horas. A comparação dessa carga mínima do núcleo de conteúdo básico com as atuais cargas dos ciclos básicos da maioria dos cursos de engenharia, mostra a possibilidade de uma grande redução de carga horária de aula nas matérias de formação básica. Vale ainda apontar que as Diretrizes estabelecem em seu Art 5º que “Ênfase deve ser dada à necessidade de se reduzir o tempo em sala de aula, favorecendo o trabalho individual e em grupo dos estudantes”.

A tradicional Resistência dos Materiais, nome consagrado em especial no ensino da engenharia civil, estuda primordialmente o comportamento de barras deformáveis e estruturas em barras que possam ser analisadas apenas com as equações da estática, ditas estruturas isostáticas, e se enquadra no tópico “mecânica dos sólidos” do núcleo de “conteúdos básicos”. Nessa disciplina, é esporádica a análise de estruturas com redundâncias estáticas. A Teoria das Estruturas, Análise de Estruturas ou a tradicional Hiperestática, estuda primordialmente o comportamento das estruturas em barras com redundâncias estáticas e se enquadra no tópico “sistemas estruturais e teoria das estruturas” do “núcleo de conteúdos profissionalizantes”.

A Resistência dos Materiais teve início com Galileo Galilei e está bem desenvolvida há cerca de século e meio. Constitui a base da Teoria das Estruturas que teve início com J. C. Maxwell, Otto Mohr e Muller-Breslau, entre outros, no início da segunda metade do século XIX, e está bem desenvolvida há cerca de sete décadas. Mais recentemente, o que se teve de novo foi a sua formulação matricial e correspondente implementação computacional. Assim, essas disciplinas estão perfeitamente codificadas, restando apenas a questão de como inseri-las nos currículos de engenharia. O presente trabalho discute essa questão. Em especial, refere-se à habilitação engenharia civil que é a de formação dos autores.

Não se pretendeu questionar a pertinência das especificações das Diretrizes Curriculares. Apenas, interpretá-las por ocasião de início do desenvolvimento de reforma curricular das habilitações oferecidas pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, UERJ. Com as discussões motivadas por este trabalho no COBENGE 2004, esperam-se subsídios que contribuam no desenvolvimento dessa reforma.

## **2. RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS**

O “núcleo de conteúdos básicos” relaciona tópicos que devem ser incluídos em todo curso de engenharia, independentemente de sua modalidade. Entre esses tópicos, inclui-se “mecânica dos sólidos” que se refere à mecânica dos corpos rígidos e à mecânica dos corpos deformáveis. A mecânica dos corpos rígidos é tradicionalmente oferecida como Mecânica, e a mecânica dos corpos deformáveis costuma ser oferecida como Resistência dos Materiais e, menos freqüentemente, com o mesmo nome Mecânica dos Sólidos. A Resistência dos Materiais é especificada na Resolução CFE 48/76 como matéria de formação básica comum a todas as áreas da engenharia, juntamente com a Mecânica.

Assim, depreende-se que a Resistência dos Materiais deva ser incluída em todos os currículos de engenharia, com esse ou outro nome pertinente. Nos cursos de engenharia civil, mecânica, naval e outros, que lidam diretamente com o projeto de sistemas físicos capazes de receber e transmitir esforços, denominados estruturas, é natural a sua inserção com o necessário aprofundamento para o posterior estudo da Teoria das Estruturas. Como ela se inclui no “núcleo de conteúdos básicos” cuja carga horária mínima estabelecida pelas Diretrizes é muito menor do que a carga do ciclo básico da maioria dos atuais cursos de graduação, depreende-se que essas Diretrizes endereçam para uma redução da carga horária dessa disciplina. Esses autores são de opinião de que se devam alocar, nos referidos cursos, pelo menos 90 horas-aula para essa disciplina.

Em cursos que não lidam com estruturas, como de engenharia de produção, cartográfica, sistemas de computação, elétrica/eletrônica, entre outros, a inclusão da Resistência dos Materiais como matéria de formação básica pode ser entendida pela necessidade de preparar o engenheiro para o trabalho em equipes interdisciplinares. Dado à orientação das Diretrizes Curriculares de redução do tempo em sala de aula e à carga horária mínima do “núcleo de conteúdos básicos”, esses autores são de opinião de que conhecimentos iniciais de Resistência dos Materiais possam ser incluídos dentro da disciplina de Mecânica, sem uma disciplina específica para a Resistência dos Materiais, com pleno atendimento dessas Diretrizes.

Resta a questão do despertar da motivação do aluno para a disciplina. Nesse sentido, os autores são de opinião de que referências históricas às principais descobertas que deram origem a essa disciplina, juntamente com a utilização de atividades em laboratório didático, com apresentação de experimentos que comprovem as hipóteses básicas adotadas, constituem-se em instrumento valioso para o envolvimento e motivação dos alunos.

### **3. TEORIA DAS ESTRUTURAS**

O “núcleo de conteúdos profissionalizantes” relaciona tópicos a serem escolhidos pela IES em coerência com a habilitação de engenharia. Entre esses tópicos inclui-se “sistemas estruturais e teoria das estruturas” em que se enquadra a tradicional disciplina Hiperestática da engenharia civil que também costuma ser denominada Análise de Estruturas, Mecânica das Estruturas e Estabilidade das Construções, entre outros nomes. É natural que essa disciplina seja incluída nos cursos de engenharia civil, mecânica, naval, de petróleo e aeronáutica, por lidarem diretamente com estruturas. Contudo, três importantes questões se colocam. A primeira é o relacionamento da “análise de estruturas” com o tópico “modelagem, análise e simulação de sistemas” também do núcleo de conteúdos profissionalizantes, pois é fundamental que o estudo da análise de estruturas esteja associada à modelagem do sistema físico, ao entendimento de suas hipóteses simplificadoras e à interpretação de seus resultados. A segunda questão se refere à abordagem que deve ser adotada no estudo da análise de estruturas. Tem-se a abordagem clássica, bem caracterizada pelo nome hiperestática e que é prática de ser levada a efeito por procedimento manual de cálculo, e a abordagem em formulação matricial, adequada à implementação computacional. Muito embora, atualmente a análise de estruturas seja levada a efeito por procedimentos computacionais, é de opinião desses autores que o estudo da análise em formulação matricial não deva substituir o estudo da formulação clássica. Essa propicia ao iniciante o desenvolvimento do “sentimento” de

comportamento das estruturas, essencial para a análise crítica e interpretação dos resultados obtidos por procedimentos automáticos. Além do mais, com a atual disponibilidade de software de baixo custo para a análise de estruturas, poucos engenheiros se defrontarão com a necessidade de desenvolvimento de programas computacionais de análise estrutural, justificando que essa formulação seja dispensada na formação de engenheiro generalista. Contudo, os autores são de opinião que o aluno deva ter a oportunidade de utilizar sistema computacional de análise de estruturas durante o curso de graduação, simultaneamente com o estudo da formulação clássica, com o objetivo de adquirir capacidade e habilidade de interpretação de resultados computacionais. A terceira questão se refere à continuidade do ensino na área de conhecimento análise de estruturas. De forma clássica, essa continuidade se dava com o estudo da teoria da elasticidade, da teoria das placas e das cascas, da teoria da estabilidade elástica e da análise dinâmica. Com o desenvolvimento dos métodos numéricos, em particular com a consolidação e enorme disponibilidade do método dos elementos finitos, trabalhosas resoluções analíticas não fazem mais sentido na prática da engenharia. Soluções em casos muito complexos, impossíveis de serem obtidas em procedimento analítico, podem ser obtidas eficientemente utilizando sistema computacional com o método dos elementos finitos. Assim, como conteúdo específico de curso de engenharia com ênfase em projeto de estruturas, esses autores entendem que deva ser incluída a disciplina método dos elementos finitos.

#### **4. CONCLUSÕES**

À luz das Diretrizes Curriculares discorreu-se sobre a inserção da Resistência dos Materiais e da Teoria das Estruturas nos currículos de engenharia. Identificou-se a obrigatoriedade da inserção da Resistência dos Materiais em todos os currículos, encaminhando para uma apresentação conjunta com a Mecânica nos cursos que não lidam com estruturas. Ressaltou-se a importância da abordagem clássica da Hiperestática para o desenvolvimento do sentimento de comportamento das estruturas, encaminhando no sentido da não inclusão da formulação matricial de análise de estruturas na formação de engenheiros generalistas, mas com a inclusão do uso de sistema computacional de análise, com o objetivo de capacitá-los a interpretar resultados computacionais. Finalmente, apontou-se a importância da inserção da disciplina método dos elementos finitos na formação de engenheiros com formação em ênfase de estruturas.

#### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- RESOLUÇÃO 48/76, Fixa os mínimos de conteúdo e de duração do curso de graduação em engenharia e define suas áreas de habilitações, CFE, 1976.
- RESOLUÇÃO 50/76, Fixa normas para caracterização de habilitações do curso de engenharia, 1976.
- RESOLUÇÃO 52/76, Caracteriza a habilitação engenharia de alimentos, CFE, 1976.
- RESOLUÇÃO 2/77, Caracteriza a habilitação em engenharia sanitária, CFE, 1977.
- RESOLUÇÃO 4/77, Caracteriza a habilitação engenharia industrial, CFE, 1977.
- RESOLUÇÃO 6/77, Caracteriza a habilitação engenharia naval, CFE, 1977.
- RESOLUÇÃO 9/77, Caracteriza a habilitação engenharia elétrica do curso de engenharia, CFE, 1977.
- RESOLUÇÃO 10/76, Caracteriza a habilitação engenharia de Produção do curso de engenharia, CFE, 1977.
- RESOLUÇÃO 8/79, Caracteriza a habilitação engenharia cartográfica do curso de engenharia, CFE, 1979.

RESOLUÇÃO, Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, Conselho Nacional de Educação, Câmara de Educação Superior, CNE/CES, 2002.