



**Manual**  
DO PROFESSOR

# Introdução

Por muito tempo, a educação profissional foi desprezada e considerada de segunda classe. Atualmente, a opção pela formação técnica é festejada, pois alia os conhecimentos do “saber fazer” com a formação geral do “conhecer” e do “saber ser”; é a formação integral do estudante.

Este livro didático é uma ferramenta para a formação integral, pois alia o instrumental para aplicação prática com as bases científicas e tecnológicas, ou seja, permite aplicar a ciência em soluções do dia a dia.

Além do livro, compõe esta formação do técnico o preparo do professor e de campo, o estágio, a visita técnica e outras atividades inerentes a cada plano de curso. Dessa forma, o livro, com sua estruturação pedagogicamente elaborada, é uma ferramenta altamente relevante, pois é fio condutor dessas atividades formativas.

Ele está contextualizado com a realidade, as necessidades do mundo do trabalho, os arranjos produtivos, o interesse da inclusão social e a aplicação cotidiana. Essa contextualização elimina a dicotomia entre atividade intelectual e atividade manual, pois não só prepara o profissional para trabalhar em atividades produtivas, mas também com conhecimentos e atitudes, com vistas à atuação política na sociedade. Afinal, é desejo de todo educador formar cidadãos produtivos.

Outro valor pedagógico acompanha esta obra: o fortalecimento mútuo da formação geral e da formação específica (técnica). O Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) tem demonstrado que os alunos que estudam em um curso técnico tiram melhores notas, pois ao estudar para resolver um problema prático ele aprimora os conhecimentos da formação geral (química, física, matemática, etc.); e ao contrário, quando estudam uma disciplina geral passam a aprimorar possibilidades da parte técnica.

Pretendemos contribuir para resolver o problema do desemprego, preparando os alunos para atuar na área científica, industrial, de transações e comercial, conforme seu interesse. Por outro lado, preparamos os alunos para ser independentes no processo formativo, permitindo que trabalhem durante parte do dia no comércio ou na indústria e prossigam em seus estudos superiores no contraturno. Dessa forma, podem constituir seu itinerário formativo e, ao concluir um curso superior, serão robustamente formados em relação a outros, que não tiveram a oportunidade de realizar um curso técnico.

Por fim, este livro pretende ser útil para a economia brasileira, aprimorando nossa força produtiva ao mesmo tempo em que dispensa a importação de técnicos estrangeiros para atender às demandas da nossa economia.

# Por que a Formação Técnica de Nível Médio É Importante?

O técnico desempenha papel vital no desenvolvimento do país por meio da criação de recursos humanos qualificados, aumento da produtividade industrial e melhoria da qualidade de vida.

Alguns benefícios do ensino profissionalizante para o formando:

- Aumento dos salários em comparação com aqueles que têm apenas o Ensino Médio.
- Maior estabilidade no emprego.
- Maior rapidez para adentrar ao mercado de trabalho.
- Facilidade em conciliar trabalho e estudos.
- Mais de 72% ao se formarem estão empregados.
- Mais de 65% dos concluintes passam a trabalhar naquilo que gostam e em que se formaram.

Esses dados são oriundos de pesquisas. Uma delas, intitulada “Educação profissional e você no mercado de trabalho”, realizada pela Fundação Getúlio Vargas e o Instituto Votorantim, comprova o acerto do Governo ao colocar, entre os quatro eixos do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE), investimentos para a popularização da Educação Profissional. Para as empresas, os cursos oferecidos pelas escolas profissionais atendem de forma mais eficiente às diferentes necessidades dos negócios.

Outra pesquisa, feita em 2009 pela Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (Setec), órgão do Ministério da Educação (MEC), chamada “Pesquisa nacional de egressos”, revelou também que de cada dez alunos, seis recebem salário na média da categoria. O percentual dos que qualificaram a formação recebida como “boa” e “ótima” foi de 90%.

## Ensino Profissionalizante no Brasil e Necessidade do Livro Didático Técnico

O Decreto Federal nº 5.154/2004 estabelece inúmeras possibilidades de combinar a formação geral com a formação técnica específica. Os cursos técnicos podem ser ofertados da seguinte forma:

- a) **Integrado** – Ao mesmo tempo em que estuda disciplinas de formação geral o aluno também recebe conteúdos da parte técnica, na mesma escola e no mesmo turno.
- b) **Concomitante** – Num turno o aluno estuda numa escola que só oferece Ensino Médio e num outro turno ou escola recebe a formação técnica.
- c) **Subsequente** – O aluno só vai para as aulas técnicas, no caso de já ter concluído o Ensino Médio.

Com o Decreto Federal nº 5.840/2006, foi criado o programa de profissionalização para a modalidade Jovens e Adultos (Proeja) em Nível Médio, que é uma variante da forma integrada.

Em 2008, após ser aprovado pelo Conselho Nacional de Educação pelo Parecer CNE/CEB nº 11/2008, foi lançado o Catálogo Nacional de Cursos Técnicos, com o fim de orientar a oferta desses cursos em nível nacional.

O Catálogo consolidou diversas nomenclaturas em 185 denominações de cursos. Estes estão organizados em 13 eixos tecnológicos, a saber:

1. Ambiente e Saúde
2. Desenvolvimento Educacional e Social
3. Controle e Processos Industriais
4. Gestão e Negócios
5. Turismo, Hospitalidade e Lazer
6. Informação e Comunicação
7. Infraestrutura
8. Militar
9. Produção Alimentícia
10. Produção Cultural e *Design*
11. Produção Industrial
12. Recursos Naturais
13. Segurança.

Para cada curso, o Catálogo estabelece **carga horária** mínima para a parte técnica (de 800 a 1 200 horas), **perfil** profissional, **possibilidades de temas a serem abordados** na formação, **possibilidades de atuação** e **infra-estrutura recomendada** para realização do curso. Com isso, passa a ser um mecanismo de organização e orientação da oferta nacional e tem função indutora ao destacar novas ofertas em nichos tecnológicos, culturais, ambientais e produtivos, para formação do técnico de Nível Médio.

Dessa forma, passamos a ter no Brasil uma nova estruturação legal para a oferta destes cursos. Ao mesmo tempo, os governos federal e estaduais passaram a investir em novas escolas técnicas, aumentando a oferta de vagas. Dados divulgados pelo Ministério da Educação apontaram que o número de alunos matriculados em educação profissional passou de 993 mil em 2011 para 1,064 milhões em 2012 – um crescimento de 7,10%. Se considerarmos os cursos técnicos integrados ao ensino médio, esse número sobe para 1,3 milhões. A demanda por vagas em cursos técnicos tem tendência a aumentar, tanto devido à nova importância social e legal dada a esses cursos, como também pelo crescimento do Brasil.

### Comparação de Matrículas Brasil

Comparação de Matrículas da Educação Básica por Etapa e Modalidade – Brasil, 2011 e 2012.

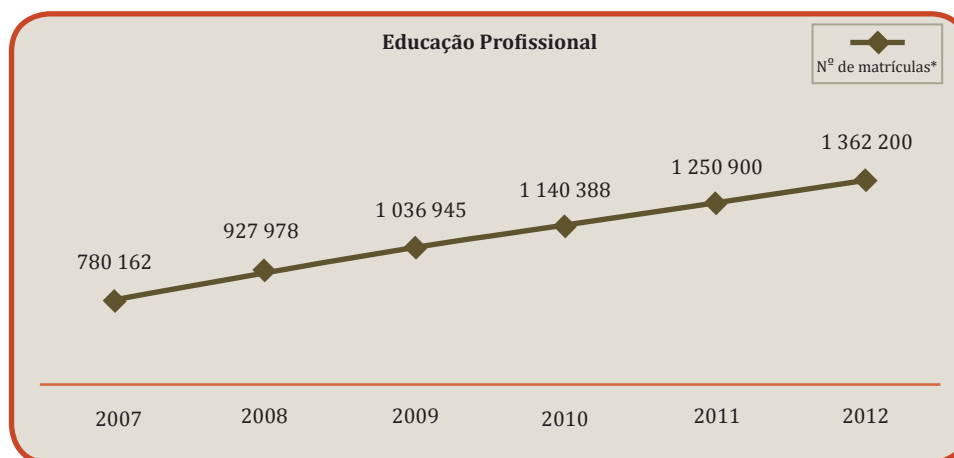
Etapas/Modalidades de Educação Básica	Matrículas / Ano			
	2011	2012	Diferença 2011-2012	Variação 2011-2012
<b>Educação Básica</b>	<b>62 557 263</b>	<b>62 278 216</b>	<b>-279 047</b>	<b>-0,45</b>
Educação Infantil	6 980 052	7 295 512	315 460	4,52%
• Creche	2 298 707	2 540 791	242 084	10,53%
• Pré-escola	4 681 345	4 754 721	73 376	1,57%
Ensino Fundamental	30 358 640	29 702 498	-656 142	-2,16%
Ensino Médio	8 400 689	8 376 852	-23 837	-0,28%
Educação Profissional	993 187	1 063 655	70 468	7,10%
Educação Especial	752 305	820 433	68 128	9,06%
EJA	4 046 169	3 861 877	-184 292	-4,55%
• Ensino Fundamental	2 681 776	2 516 013	-165 763	-6,18%
• Ensino Médio	1 364 393	1 345 864	-18 529	-1,36%

Fonte: Adaptado de: MEC/Inep/Deed.

No aspecto econômico, há necessidade de expandir a oferta desse tipo de curso, cujo principal objetivo é formar o aluno para atuar no mercado de trabalho, já que falta trabalhador ou pessoa qualificada para assumir imediatamente as vagas disponíveis. Por conta disso, muitas empresas têm que arcar com o treinamento de seus funcionários, treinamento este que não dá ao funcionário um diploma, ou seja, não é formalmente reconhecido.

Para atender à demanda do setor produtivo e satisfazer a procura dos estudantes, seria necessário mais que triplicar as vagas técnicas existentes hoje.

Podemos observar o crescimento da educação profissional no gráfico a seguir:



Fonte: Adaptado de: MEC/Inep/Deed.

\* Inclui matrículas de educação profissional integrada ao ensino médio.

As políticas e ações do MEC nos últimos anos visaram o fortalecimento, a expansão e a melhoria da qualidade da educação profissional no Brasil, obtendo, nesse período, um crescimento de 74,6% no número de matrículas, embora esse número tenda a crescer ainda mais, visto que a experiência internacional tem mostrado que 30% das matrículas da educação secundária correspondem a cursos técnicos; este é o patamar idealizado pelo Ministério da Educação. Se hoje há 1,064 milhões de estudantes matriculados, para atingir essa porcentagem devemos matricular pelo menos 3 milhões de estudantes em cursos técnicos dentro de cinco anos.

Para cada situação pode ser adotada uma modalidade ou forma de Ensino Médio profissionalizante, de forma a atender a demanda crescente. Para os advindos do fluxo regular do Ensino Fundamental, por exemplo, é recomendado o curso técnico integrado ao Ensino Médio. Para aqueles que não tiveram a oportunidade de cursar o Ensino Médio, a oferta do PROEJA estimularia sua volta ao ensino secundário, pois o programa está associado à formação profissional. Além disso, o PROEJA considera os conhecimentos adquiridos na vida e no trabalho, diminuindo a carga de formação geral e privilegiando a formação específica. Já para aqueles que possuem o Ensino Médio ou Superior a modalidade recomendada é a subsequente: somente a formação técnica específica.

Para todos eles, com ligeiras adaptações metodológicas e de abordagem do professor, é extremamente útil o uso do livro didático técnico, para maior eficácia da hora/aula do curso, não importando a modalidade do curso e como será ofertado.

Além disso, o conteúdo deste livro didático técnico e a forma como foi concebido reforça a formação geral, pois está contextualizado com a prática social do estudante e relaciona permanentemente os conhecimentos da ciência, implicando na melhoria da qualidade da formação geral e das demais disciplinas do Ensino Médio.

Em resumo, há claramente uma nova perspectiva para a formação técnica com base em sua crescente valorização social, na demanda da economia, no aprimoramento de sua regulação e como opção para enfrentar a crise de qualidade e quantidade do Ensino Médio.

## O Que É Educação Profissional?

O ensino profissional prepara os alunos para carreiras que estão baseadas em atividades mais práticas. O ensino é menos acadêmico, contudo diretamente relacionado com a inovação tecnológica e os novos modos de organização da produção, por isso a escolarização é imprescindível nesse processo.

## Elaboração dos Livros Didáticos Técnicos

Devido ao fato do ensino técnico e profissionalizante ter sido renegado a segundo plano por muitos anos, a bibliografia para diversas áreas é praticamente inexistente. Muitos docentes se veem obrigados a utilizar e adaptar livros que foram escritos para a graduação. Estes compêndios, às vezes traduções de livros estrangeiros, são usados para vários cursos superiores. Por serem inacessíveis à maioria dos alunos por conta de seu custo, é comum que professores preparem apostilas a partir de alguns de seus capítulos.

Tal problema é agravado quando falamos do Ensino Técnico integrado ao Médio, cujos alunos correspondem à faixa etária entre 14 e 19 anos, em média. Para esta faixa etária é preciso de linguagem e abordagem diferenciadas, para que aprender deixe de ser um simples ato de memorização e ensinar signifique mais do que repassar conteúdos prontos.

Outro público importante corresponde àqueles alunos que estão afastados das salas de aula há muitos anos e veem no Ensino Técnico uma oportunidade de retomar os estudos e ingressar no mercado profissional.

# O Livro Didático Técnico e o Processo de Avaliação

O termo avaliar tem sido constantemente associado a expressões como: realizar prova, fazer exame, atribuir notas, repetir ou passar de ano. Nela a educação é concebida como mera transmissão e memorização de informações prontas e o aluno é visto como um ser passivo e receptivo.

Avaliação educacional é necessária para fins de documentação, geralmente para embasar objetivamente a decisão do professor ou da escola, para fins de progressão do aluno.

O termo avaliação deriva da palavra valer, que vem do latim *vālêre*, e refere-se a ter valor, ser válido. Consequentemente, um processo de avaliação tem por objetivo averiguar o "valor" de determinado indivíduo.

Mas precisamos ir além.

A avaliação deve ser aplicada como instrumento de compreensão do nível de aprendizagem dos alunos em relação aos conceitos estudados (conhecimento), em relação ao desenvolvimento de criatividade, iniciativa, dedicação e princípios éticos (atitude) e ao processo de ação prática com eficiência e eficácia (habilidades). Este livro didático ajuda, sobretudo para o processo do conhecimento e também como guia para o desenvolvimento de atitudes. As habilidades, em geral, estão associadas a práticas laboratoriais, atividades complementares e estágios.

A avaliação é um ato que necessita ser contínuo, pois o processo de construção de conhecimentos pode oferecer muitos subsídios ao educador para perceber os avanços e dificuldades dos educandos e, assim, rever a sua prática e redirecionar as suas ações, se necessário. Em cada etapa registros são feitos. São os registros feitos ao longo do processo educativo, tendo em vista a compreensão e a descrição dos desempenhos das aprendizagens dos estudantes, com possíveis demandas de intervenções, que caracterizam o processo avaliativo, formalizando, para efeito legal, os progressos obtidos.

Neste processo de aprendizagem deve-se manter a interação entre professor e aluno, promovendo o conhecimento participativo, coletivo e construtivo. A avaliação deve ser um processo natural que acontece para que o professor tenha uma noção dos conteúdos assimilados pelos alunos, bem como saber se as metodologias de ensino adotadas por ele estão surtindo efeito na aprendizagem dos alunos.

Avaliação deve ser um processo que ocorre dia após dia, visando à correção de erros e encaminhando o aluno para aquisição dos objetivos previstos. A esta correção de rumos, nós chamamos de avaliação formativa, pois serve para retomar o processo de ensino/aprendizagem, mas com novos enfoques, métodos e materiais. Ao usar diversos tipos de avaliações combinadas para fim de retroalimentar o ensinar/aprender, de forma dinâmica, concluímos que se trata de um "processo de avaliação".

O resultado da avaliação deve permitir que o professor e o aluno dialoguem, buscando encontrar e corrigir possíveis erros, redirecionando o aluno e mantendo a motivação para o progresso do educando, sugerindo a ele novas formas de estudo para melhor compreensão dos assuntos abordados.

Se ao fazer avaliações contínuas, percebermos que um aluno tem dificuldade em assimilar conhecimentos, atitudes e habilidades, então devemos mudar o rumo das coisas. Quem sabe fazer um reforço da aula, com uma nova abordagem ou com outro colega professor, em um horário alternativo, podendo ser em grupo ou só, assim por diante.

Pode ser ainda que a aprendizagem daquele tema seja facilitada ao aluno fazendo práticas discursivas, escrever textos, uso de ensaios no laboratório, chegando à conclusão que este aluno necessita de um processo de ensino/aprendizagem que envolva ouvir, escrever, falar e até mesmo praticar o tema.

Se isso acontecer, a avaliação efetivamente é formativa.

Neste caso, a avaliação está integrada ao processo de ensino/aprendizagem, e esta, por sua vez, deve envolver o aluno, ter um significado com o seu contexto, para que realmente aconteça. Como a aprendizagem se faz em processo, ela precisa ser acompanhada de retornos avaliativos visando a fornecer os dados para eventuais correções.

Para o uso adequado deste livro recomendamos utilizar diversos tipos de avaliações, cada qual com pesos e frequências de acordo com perfil de docência de cada professor. Podem ser usadas as tradicionais provas e testes, mas, procurar fugir de sua soberania, mesclando com outras criativas formas.

## Avaliação e Progressão

Para efeito de progressão do aluno, o docente deve sempre considerar os avanços alcançados ao longo do processo e perguntar-se: Este aluno progrediu em relação ao seu patamar anterior? Este aluno progrediu em relação às primeiras avaliações? Respondidas estas questões, volta a perguntar-se: Este aluno apresentou progresso suficiente para acompanhar a próxima etapa? Com isso o professor e a escola podem embasar o deferimento da progressão do estudante.

Com isso, superamos a antiga avaliação conformadora em que eram exigidos padrões iguais para todos os “formandos”.

Nossa proposta significa, conceitualmente, que ao estudante é dado o direito, pela avaliação, de verificar se deu um passo a mais em relação às suas competências. Os diversos estudantes terão desenvolvimentos diferenciados, medidos por um processo avaliativo que incorpora esta possibilidade. Aqueles que acrescentaram progresso em seus conhecimentos, atitudes e habilidades estarão aptos a progredir.

A base para a progressão, neste caso, é o próprio aluno.

Todos têm o direito de dar um passo a mais. Pois um bom processo de avaliação oportuniza justiça, transparência e qualidade.

## Tipos de Avaliação

Existem inúmeras técnicas avaliativas, não existe uma mais adequada, o importante é que o docente conheça várias técnicas para poder ter um conjunto de ferramentas a seu dispor e escolher a mais adequada dependendo da turma, faixa etária, perfil entre outros fatores.

Avaliação se torna ainda mais relevante quando os alunos se envolvem na sua própria avaliação.



A avaliação pode incluir:

1. Observação
2. Ensaios
3. Entrevistas
4. Desempenho nas tarefas
5. Exposições e demonstrações
6. Seminários
7. Portfólio: Conjunto organizado de trabalhos produzidos por um aluno ao longo de um período de tempo.
8. Elaboração de jornais e revistas (físicos e digitais)
9. Elaboração de projetos
10. Simulações
11. O pré-teste
12. A avaliação objetiva
13. A avaliação subjetiva
14. Autoavaliação
15. Autoavaliação de dedicação e desempenho
16. Avaliações interativas
17. Prática de exames
18. Participação em sala de aula
19. Participação em atividades
20. Avaliação em conselho pedagógico – que inclui reunião para avaliação discente pelo grupo de professores.

No livro didático as “atividades”, as “dicas” e outras informações destacadas poderão resultar em avaliação de atitude, quando cobrado pelo professor em relação ao “desempenho nas tarefas”. Poderão resultar em avaliações semanais de autoavaliação de desempenho se cobrado oralmente pelo professor para o aluno perante a turma.

Enfim, o livro didático, possibilita ao professor extenuar sua criatividade em prol de um processo avaliativo retroalimentador ao processo ensino/aprendizagem para o desenvolvimento máximo das competências do aluno.

## Objetivos da Obra

Além de atender às peculiaridades citadas anteriormente, este livro está de acordo com o Catálogo Nacional de Cursos Técnicos. Busca o desenvolvimento das habilidades por meio da construção de atividades práticas, fugindo da abordagem tradicional de descontextualizado acúmulo de informações. Está voltado para um ensino contextualizado, mais dinâmico e com o suporte da interdisciplinaridade. Visa também à ressignificação do espaço escolar, tornando-o vivo, repleto de interações práticas, aberto ao real e às suas múltiplas dimensões.

Ele está organizado em capítulos, graduando as dificuldades, numa linha da lógica de aprendizagem passo a passo. No final dos capítulos, há exercícios e atividades complementares, úteis e necessárias para o aluno descobrir, fixar, e aprofundar os conhecimentos e as práticas desenvolvidos no capítulo.

A obra apresenta diagramação colorida e diversas ilustrações, de forma a ser agradável e instigante ao aluno. Afinal, livro técnico não precisa ser impresso num sisudo preto-e-branco para ser bom. Ser difícil de manusear e pouco atraente é o mesmo que ter um professor dando aula de cara feia permanentemente. Isso é antididático.

O livro servirá também para a vida profissional pós-escolar, pois o técnico sempre necessitará consultar detalhes, tabelas e outras informações para aplicar em situação real. Nesse sentido, o livro didático técnico passa a ter função de manual operativo ao egresso.

Neste manual do professor apresentamos:

- Respostas e alguns comentários sobre as atividades propostas.
- Considerações sobre a metodologia e o projeto didático.
- Sugestões para a gestão da sala de aula.
- Uso do livro.
- Atividades em grupo.
- Laboratório.
- Projetos.

A seguir, são feitas considerações sobre cada capítulo, com sugestões de atividades suplementares e orientações didáticas. Com uma linguagem clara, o manual contribui para a ampliação e exploração das atividades propostas no livro do aluno. Os comentários sobre as atividades e seus objetivos trazem subsídios à atuação do professor. Além disso, apresentam-se diversos instrumentos para uma avaliação coerente com as concepções da obra.

## Referências Bibliográficas Gerais

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1997.

FRIGOTTO, G. (Org.). *Educação e trabalho: dilemas na educação do trabalhador*. 5. ed. São Paulo: Cortez, 2005.

BRASIL. *LDB 9394/96*. Disponível em: <<http://www.mec.gov.br>>. Acesso em: 23 maio 2009.

LUCKESI, C. C. *Avaliação da aprendizagem na escola: reelaborando conceitos e recriando a prática*. Salvador: Malabares Comunicação e Eventos, 2003.

PERRENOUD, P. *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

ÁLVAREZ MÉNDEZ, J. M. *Avaliar para conhecer: examinar para excluir*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

SHEPARD, L. A. *The role of assessment in a learning culture*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. Available at: <<http://www.aera.net/meeting/am2000/wrap/praddr01.htm>>.



**Orientações**  
AO PROFESSOR

**RESISTÊNCIA DE  
MATERIAIS**

# Orientações gerais

As unidades de medida fazem parte de praticamente todas as áreas, principalmente aquelas ligadas às ciências exatas. Normalmente o aluno que ingressa em um Curso Técnico se diferencia daquele aluno do Ensino Médio em relação aos seus objetivos e sua visão dos assuntos explanados pelo professor, desenvolvendo as atividades de aprendizado com maior concentração e mais orientado no sentido de suas expectativas e suas ambições de conhecimento.

Entretanto, em disciplinas que envolvem ciências exatas, como é o caso do estudo das unidades de medida, surgem algumas barreiras em função das dificuldades naturais do assunto que, aliadas às deficiências de matemática remanescentes do Ensino Fundamental e do Ensino Médio encontradas em grande parte de nossos alunos, constituem um desafio para o mestre no desempenho de sua tarefa. Assim, cabe aos professores, portanto, ter a devida sensibilidade no avanço dos conteúdos buscando, ao mesmo tempo, passar adiante os conhecimentos necessários e também suprir as deficiências trazidas pelos alunos na sua bagagem educacional.

Importante destacar aqui os elevados índices de evasão observados nos cursos técnicos de um modo geral que, sobretudo, se devem a mudanças de escolha em relação ao rumo que pretendem dar à sua futura vida profissional. E esta decisão pode muito bem ser orientada pelo enfoque dado a assuntos fundamentais como o estudo das unidades de medida que muitas vezes entram em conflito com a falta de noções básicas da matemática.

Superada esta questão inicial terá o aluno a oportunidade de construir a sólida base de sua futura profissão a partir de seu interesse e a melhor orientação de seu professor.

Durante o desenvolvimento do livro *Resistência de materiais*, buscou-se realizar uma discussão ampla, desde os conceitos até as atividades práticas.

A obra foi dividida em 11 capítulos e tem como objetivo a introdução de conhecimentos necessários à análise de situações no campo da resistência dos materiais, embora, sem ter a pretensão de esgotar o assunto, considerando sua extensão e seu elevado grau de complexidade.

## Objetivos do material didático

- Identificar as unidades (SI).
- Realizar conversões entre unidades.
- Fazer uso dos prefixos das unidades.
- Realizar operações matemáticas com notação científica e notação técnica.
- Compreender conceitos básicos de resistência dos materiais.

- Identificar os tipos de forças que atuam em estruturas e componentes de máquinas.
- Associar as forças atuantes com a resistência dos materiais.
- Realizar cálculos básicos envolvendo questões sobre forças.
- Representar graficamente as forças e interpretar diagramas.
- Decompor uma força em seus componentes.
- Obter a resultante de um sistema de forças.
- Identificar forças desconhecidas em estruturas e elementos de máquinas, sua magnitude e direção.
- Entender os requisitos para o equilíbrio de um sistema.
- Aplicar os recursos matemáticos básicos necessários à exploração da área da resistência dos materiais.
- Descrever e explicar circunstâncias envolvendo sistemas de forças.
- Interpretar a relação existente entre as forças atuantes em um sistema e a resistência de materiais.
- Utilizar termos da física relacionados à resistência e compreender os fenômenos físicos envolvidos.
- Compreender o comportamento mecânicos dos materiais.
- Avaliar situações que abranjam as propriedades mecânicas dos materiais.
- Descrever o comportamento térmico dos materiais.
- Diferenciar materiais dúcteis de materiais frágeis a partir do gráfico.
- Avaliar as reações oferecidas por um determinado material quando um componente mecânico é submetido a esforços.
- Diferenciar ensaios destrutivos de ensaios não destrutivos.
- Interpretar resultados de ensaios mecânicos.
- Associar os resultados dos ensaios aos gráficos tensão x deformação.
- Compreender a importância do estudo da energia de deformação dentro da resistência dos materiais.
- Interpretar e elaborar o círculo de Mohr.
- Analisar as tensões atuantes em estruturas e componentes mecânicos.
- Identificar os principais elementos estruturais.
- Entender a importância do uso de um coeficiente de segurança.
- Realizar alguns cálculos básicos sobre dimensionamento de componentes mecânicos.

## Princípios pedagógicos

A abordagem didática é de trabalhar os conceitos por meio de exemplos, atividades e situações que possam colaborar com o entendimento do aluno. Isto é, o conteúdo foi organizado de modo a proporcionar a aprendizagem por meio da construção do conhecimento, assim, cada capítulo serve de embasamento didático para o capítulo seguinte. A organização seguiu a mesma metodologia. Desse modo, o aluno vai acumulando conhecimento à medida que vai avançando nos assuntos.

Todos os capítulos apresentam atividades práticas que podem ser realizados individualmente ou em grupo, a ser realizado em sala de aula, como forma de fixação.

## Articulação do conteúdo

A obra pode ser aplicada como bibliografia básica em disciplinas que realizam uma apresentação geral dos princípios matemáticos, bem como da física e da química, referentes à resistência de materiais, servindo de subsídio para disciplinas específicas de área da automação, elétrica, eletrônica, telecomunicações, eletromecânica, mecatrônica, mecânica, manutenção, entre outras.

## Atividades complementares

Todos os capítulos do livro possuem pelo menos uma atividade prática, e atividades resolvidas, e também atividades no final de cada capítulo. Além dessas atividades, o professor pode propor outros trabalhos, como pesquisa em *sites* confiáveis e pesquisa de autores consagrados. Pois esses recursos didáticos de pesquisa propiciam uma experiência bastante rica na contextualização dos conceitos trabalhados.

## Sugestão de leitura

CALLISTER JR., W. D. *Ciência e engenharia de materiais*. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

CHIAVERINI, V. *Tecnologia mecânica*. 2. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 1986.

NUMEM, N. A.; DOULIS, D. J. *Cálculo*. Rio de Janeiro: LTC, 2011. v. 2.

SANTOS, V. A. dos. *Prontuário para manutenção mecânica*. São Paulo: Ícone, 2010.

SARKIS, M. *Mecânica técnica e resistência dos materiais*. São Paulo. Érica, 1999.

SOUZA, S. A. de. *Ensaio mecânicos de materiais metálicos – fundamentos teóricos e práticos*. São Paulo: Edgar Blucher, 2000.

WILLEMS, N.; EASLEY, J. T.; ROLFER, S. T. *Resistência dos materiais*. São Paulo: McGraw Hill, 1983.

# Sugestão de planejamento

Este manual foi elaborado para dar suporte ao livro Resistência de materiais, e ser utilizado para 50/60 horas em sala de aula, divididos em dois semestres. Mas ressaltamos que o professor pode trabalhar da maneira que achar mais produtiva. Embora, o conteúdo esteja organizado em uma sequência construtiva de aprendizagem, o professor, de acordo com sua experiência, pode alterar essa sequência se considerar oportuno.

## Semestre 1

### Primeiro bimestre

#### Capítulo 1 – Unidade de medida

#### Capítulo 2 – Conceitos básicos de resistência dos materiais

#### Capítulo 3 – Vetores

#### Objetivos

- Abordar as unidades de medidas; Sistema Internacional de Unidades (SI).
- Explicar Múltiplos e submúltiplos.
- Conhecer o histórico da resistência dos materiais; força: conceito, classificação e aplicações.
- Associar as forças atuantes à resistência dos materiais.
- Representar gráficos (sistema de forças).
- Decompor uma força em seus componentes.
- Entender requisitos para o equilíbrio de um sistema.
- Aplicar recursos matemáticos básicos necessários à exploração da área da resistência dos materiais.

#### Atividades

O conteúdo do livro pode ser considerado, de certa forma, como privilegiado em relação a outros, pelo fato de que envolve cálculos de complexidade reduzida e teorias agradáveis à leitura. Assim, o professor poderá tirar proveito desse detalhe, discutindo assuntos que sejam do gosto dos alunos, como exemplo, futebol, automobilismo, esportes de modo geral ou simplesmente situações corriqueiras, aproveitando para introduzir e discutir conceitos que serão úteis no estudo desse material. Temas como potência, trabalho, e outros já são conhecidos pelos alunos, mas que nem sempre são compreendidos do ponto de vista científico como requer o estudo da *Resistência dos materiais*. Eis aqui uma boa oportunidade para elucidar as questões relativas aos conhecimentos básicos do assunto.

# Trabalhar os conceitos dos capítulos e resolução de atividades.

## Segundo bimestre

Capítulo 4 – Principais conceitos da resistência dos materiais

Capítulo 5 – Propriedades mecânicas dos materiais

Capítulo 6 – Tensão e deformação

### Objetivos

- Descrever e explicar circunstâncias envolvendo sistemas de forças.
- Aplicar os recursos matemáticos necessários à exploração da área da resistência.
- Utilizar termos da física relacionados à resistência dos materiais e compreender os fenômenos físicos envolvidos.
- Avaliar situações que abrangem as propriedades mecânicas dos materiais.
- Identificar e descrever o comportamento térmico dos materiais.
- Analisar o comportamento dos materiais quando submetidos à ação de esforços.
- Aplicar cálculos relativos ao fenômeno tensão x deformação.

### Atividades

Leitura e discussão dos textos dos capítulos, bem como a resolução e correção dos exercícios e a aplicação de atividades individual e em grupo.

## Semestre 2

### Primeiro bimestre

Capítulo 7 – Gráfico tensão x deformação

Capítulo 8 – Ensaio de materiais

Capítulo 9 – Energia de deformação



## Objetivos

- Diferenciar materiais.
- Obter em gráficos as informações que permitem caracterizar o comportamento de um material quando solicitado mecanicamente.
- Avaliar reações quando um componente mecânico é submetido a esforços.
- Compreender a importância dos ensaios mecânicos.
- Interpretar resultados mecânicos.
- Associar a energia de deformação com conhecimentos já adquiridos na área da resistência dos materiais.

## Atividades

Além dos temas de cada capítulo e as resolução de atividades, o professor pode apresentar, em sala de aula, os vídeos sugeridos no livro.

## Segundo bimestre

### Capítulo 10 – Estado plano de tensões

### Capítulo 11 – Aplicações da resistência dos materiais

## Objetivos

- Compreender a representação das tensões dentro dos padrões adotados no estudo da resistência dos materiais.
- Interpretar e elaborar o círculo de Mohr.
- Analisar as tensões atuantes em estruturas e componentes mecânicos.
- Identificar os principais elementos estruturais.
- Interpretar e elaborar diagramas de representação de esforços.
- Entender a importância do uso de um coeficiente de segurança.
- Realizar alguns cálculos básicos sobre dimensionamento de componentes mecânicos.

## Atividades

Para os dois últimos capítulos é importante rever alguns assuntos que possam ser considerados difíceis pelos alunos, para que o professor possa esclarecer e incentivar a pesquisa e o estudo contínuo.

# Orientações didáticas e respostas das atividades

## Capítulo 1

### Orientações

No Capítulo 1 os conteúdos abordados são: unidades de medida, Sistema Internacional de Unidade de Medida (SI); os múltiplos e submúltiplos; notação científica e notação técnica. Além, do estudo do capítulo, sugerimos que as atividades já resolvidas no livro, sejam trabalhadas uma a uma para que o aluno compreenda e domine o assunto proposto.

### Respostas – página 29

- 1) Giga bytes, ou seja,  $10^9$  bytes.
- 2) A medida deve ser dada em polegadas, traçando-se uma diagonal que vai do canto inferior esquerdo até o superior direito da tela sem incluir a moldura. A medida varia conforme o monitor utilizado para análise.
- 3) A medida deve ser dada em polegadas, traçando-se uma diagonal que vai do canto inferior esquerdo até o superior direito da tela sem incluir a moldura variando conforme a TV utilizada para análise.
- 4) Mega pixels, ou seja,  $10^6$  pixels.
- 5) O resultado é igual a 2 polegadas (2").
- 6) O resultado é igual a 1/4 de polegada (1/4").
- 7) O resultado é igual a 0,06 km.
- 8) O resultado em notação científica é igual a  $5,312 \cdot 10^3$  e em notação técnica 5,312 kilos.
- 9) O resultado em notação científica é igual a  $4,1 \cdot 10^{-3}$  e em notação técnica 4,1 mili.
- 10) O resultado é igual a 0,00062.

## Capítulo 2

### Orientações

Nesse capítulo os assuntos abordados são: o histórico da resistência dos materiais; a importância do estudo de resistência e sua relação com outros assuntos; força – conceitos, classificação e aplicações.

O conteúdo desse capítulo pode ser considerado, de certa forma, como privilegiado em relação a outros pelo fato de que envolve cálculos de complexidade reduzida e teorias agradáveis à leitura.

O Professor poderá tirar proveito desse detalhe, discutindo assuntos que sejam do gosto dos alunos como, por exemplo, futebol, automobilismo, esportes de modo geral ou simplesmente situações corriqueiras no cotidiano dos estudantes, aproveitando para introduzir e discutir conceitos que serão úteis nesse e nos próximos capítulos. Da mesma forma, a apresentação de ilustrações se torna facilitada em função de que se trata de assunto de fácil assimilação e envolvendo elementos conhecidos de grande parte dos jovens de 15 a 17 anos. Temas como potência, trabalho, e outros do conteúdo já são conhecidos pelos alunos, mas nem sempre são compreendidos do ponto de vista científico como requer o estudo da resistência dos materiais. Portanto, nesse capítulo há uma boa oportunidade para elucidar as questões relativas aos conhecimentos básicos do assunto.

## Respostas – página 51

- 1) Tensão =  $\frac{\text{força}}{\text{área}}$  e se considerarmos que a unidade usual de tensão é  $\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$  então será necessário converter 150 N em kgf, lembrando que 1 kgf é igual a 10 N temos que 150 N = 15 kgf, **logo a resposta correta será tensão =  $\frac{15 \text{ kgf}}{50 \text{ mm}^2} = 0,3 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} = 3 \text{ Mpa}$**  porque a kgf/10 Mpa.
- 2) Como trabalho = força · distância e as unidades dadas são compatíveis, então temos que a resposta é dada por 220 N · 7 m = 1 540 J ou 1,54 kJ.
- 3) Potência =  $\frac{\text{trabalho}}{\text{tempo}}$ , o que nos leva a 120 J/4s = 30 W.
- 4) Deve-se observar que a unidade usual de torque é N · m, então teremos que converter 20 cm para m. A resposta será dada por 4 N · 0,2 m **que resulta em 0,8 N.m.**
- 5) Já que P = m · g, o peso de 72 N nos permite obter a massa da pessoa dividindo 72 por 9,81, que é o valor da aceleração da gravidade na Terra (g) em m/s<sup>2</sup>. A massa é igual a 7,34 kg. Desta forma, recalculamos o peso para o outro planeta por P = 7.34 kg · 5 m/s<sup>2</sup> **chegando à resposta que é 36,7 N.**
- 6) Se a aceleração é dada em m/s<sup>2</sup> então devemos converter km/h em m/s, o que é feito dividindo-se o valor por 3,6 →  $\frac{100}{3,6} = 27,8 \text{ m/s}$ . Agora sim, a partir de:  $= \frac{\Delta v}{t} = \frac{27,8 \text{ m/s}}{12 \text{ s}} = 2,3 \text{ m/s}^2$ .
- 7) Deve-se esperar respostas como: “devido à ação da força normal”.
- 8) A resposta deve estar em concordância com o fato de que a **massa é constante** e o **peso depende de onde a medição é realizada**, ou seja, da aceleração da gravidade no local.
- 9) A resposta vai depender do veículo escolhido.
- 10) Trata-se de plásticos especialmente desenvolvidos para determinadas aplicações e que, muitas vezes, substituem outros materiais como metais, vidro e cerâmicas.

# Capítulo 3

## Orientações

Esse é um capítulo que introduz assuntos de relativa complexidade, considerando-se a faixa etária dos alunos, embora dentro do contexto da resistência dos materiais se trate de conceitos meramente básicos. A referida complexidade ocorre tanto por exigir aplicação de conceitos matemáticos normalmente não dominados, como também por trazer ao aluno um conteúdo novo e que exige uma coordenação de raciocínio lógico e abstrato.

Destaca-se aqui a necessidade da sincronização de temas diversos e, especialmente, a importância da atuação do professor como “facilitador” dentro do objetivo maior que é fazer com que o aluno adquira conhecimentos fundamentais voltados, sobretudo, à resistência dos materiais.

Estrategicamente, são feitas algumas revisões de assuntos que eles já viram, mas que, frequentemente, constituem dificuldades na compreensão dos conteúdos que os utilizam devido a deficiências de base trazidas do Ensino Fundamental ou Médio. Um exemplo é a trigonometria, onde dúvidas comuns, como a correta identificação dos catetos ou da hipotenusa podem levar a insucessos nos cálculos com vetores, ao mesmo tempo em que não se pode esquecer que o curso é focado em um público jovem, não havendo a pretensão de se esgotar o assunto aqui e nem de explicar todo o tema em questão, mas apenas fazer uma abordagem sucinta, objetivando o entendimento de pontos específicos do conteúdo do livro *Resistência de materiais* por parte do aluno, o que assume importância ainda maior se, em uma etapa posterior, vierem a trilhar caminhos em áreas que representem uma sequência do assunto como a mecânica, a construção civil ou a própria engenharia, por exemplo.

A abordagem desse capítulo envolve conceitos fundamentais sobre vetores, módulo, direção, sentido; casos particulares de vetores; representação de vetores no sistema cartesiano, operações com vetores e suas propriedades; vetores de base canônica; componentes retangulares e polares; momentos de uma força e resultante de um sistema de forças, métodos algébricos e método do polígono vetorial.

## Respostas – página 74

- 1) **Professor**, a resposta deve mostrar coerência entre a peça escolhida, o diagrama do corpo livre e as forças apresentadas.
- 2) A resposta esperada deve estar em concordância com o fato de que a multiplicação de um vetor por um escalar amplia ou reduz o vetor enquanto mantém sua direção, e também deve estar em concordância com as propriedades da multiplicação entre vetor e escalar e entre vetores.
- 3) A resposta deve estar em conformidade com o fato de que vetores ortogonais formam entre si um ângulo de  $90^\circ$ , cujo cosseno é igual a zero.

4) **Professor**, a resposta deverá estar em conformidade com o fato de que:

Para o dimensionamento de componentes mecânicos que trabalham submetidos a esforços, adotando-se como igual a zero o somatório entre as tensões atuantes e as tensões máximas suportadas pelo material, tem-se ali o ponto de partida para a obtenção das dimensões mínimas a partir das quais este material resiste às solicitações previstas. Justamente, se o somatório das tensões atuantes for menor do que as tensões máximas suportadas pelo material do componente mecânico, este não entrará em colapso.

## Capítulo 4

### Orientações

Esse capítulo trata de assuntos que, se adequadamente abordados, podem proporcionar ao aluno uma interessante leitura sobre conceitos e definições que têm muito a ver com o seu dia a dia de estudante, mas que nem sempre são observados do ponto de vista utilizado aqui, isto é, sob a ótica da resistência dos materiais. Exemplos práticos abrangendo situações e objetos conhecidos dos alunos facilitam o entendimento do conteúdo exposto abrindo as portas para a assimilação das bases necessárias.

Os conteúdos são os conceitos fundamentais da resistência dos materiais; equilíbrio de um sistema de forças e suas aplicações; esforços solicitantes, noções de tração, compressão, flexão, torção e cisalhamento; a relação entre os conhecimentos matemáticos vistos no Capítulo 3 e os conceitos abordados no Capítulo 4.

### Respostas – páginas 99-100

- 1) Quando a força é aplicada no ponto B o torque resultante é maior porque o braço de alavanca é maior em relação ao ponto O.
- 2) **Professor**, a resposta deve estar em concordância com a ideia de que:

A força manual aplicada no cabo gera um momento na rótula (pino). Por consequência, conforme mostra a figura 4.1, tem-se a presença de uma noz em uma das cavidades que gera reação. Comparando-se as duas cavidades maior e menor, temos: na cavidade menor a distância até a rótula (pino) é menor, resultando assim em força maior sobre a noz ( $R_1$ ). Já no caso da cavidade maior, a distância até a rótula (pino) é maior, resultando em força menor sobre a noz ( $R_2$ ). Portanto, para que a noz seja quebrada é necessário que as tensões resultantes sobre essa noz supere o limite de resistência do material da casca que a compõe.

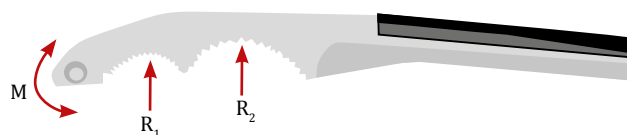


Figura 4.1 – Diagrama de forças para o quebra-nozes.

- 3) Convertendo 38 cm para m temos que a distância entre cada uma das forças e o centro da peça é de 0,38 m. Como são duas forças  $\vec{F}$  temos que  $2 F \cdot 0,38 = 32$  o que nos leva a  $2 F = \frac{32}{0,38}$  onde  $F = \frac{32}{2 \cdot 0,38}$  chegando-se a  $F = 42,11$  N.
- 4) a.  $\sum m_p = 0 \rightarrow 70 \text{ N} \cdot 0,09 \text{ m} = F \cdot 0,02 \text{ m} \rightarrow F = 70 \cdot \frac{0,09}{0,02} \rightarrow F = 315 \text{ N}.$   
 b. No pino da articulação:  $\sum x = 0$  e  $\sum y = 315 + 70 = 385 \text{ N}.$

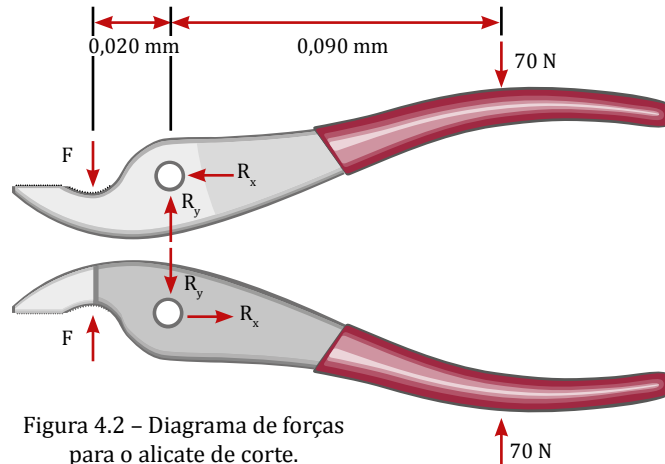


Figura 4.2 - Diagrama de forças para o alicate de corte.

- 5) As forças são perpendiculares, então:  $R^2 = 150^2 + 85^2 \rightarrow R \cong 172,4 \text{ lb}.$   
 Os ângulos formados entre a resultante e os eixos X e Y são, respectivamente:  
 $\alpha = 60,5^\circ$  e  $\beta = 29,5^\circ.$
- 6)  $\sum x = 300 + 300 \cdot \cos 60^\circ = 450 \text{ lb}.$   
 $\sum y = 300 \cdot \cos 30^\circ + 300 \cdot \cos 90^\circ = 259,8 \text{ lb}$   
 A resposta  $\rightarrow R^2 = \sum x^2 + \sum y^2 = 450^2 + 259,8^2 \rightarrow R = 636,4 \text{ lb}.$
- 7)  $\sigma = \frac{15\,000 \text{ N}}{\pi} \cdot 0,005^2 \cong 191 \text{ Mpa} \rightarrow$  Portanto, a tensão no material é menor do que os 380 Mpa e o parafuso resiste ao esforço.

## Capítulo 5

### Orientações

Nesse capítulo os conteúdos são as principais propriedades mecânicas dos materiais; o comportamento dos materiais e a Lei de Hooke; ductilidade, fragilidade, maleabilidade, tenacidade e resiliência; resistência mecânica dos materiais; fadiga dos materiais e deformação térmica.

### Respostas – página 112

- 1) Significa a existência de pontos críticos onde as tensões têm valor superior à média predominante em uma peça ou componente mecânico devido a condições especiais de forma geométrica e/ou dimensões. Nestes pontos podem ocorrer rupturas do material ou deformações indesejáveis.

- 2) O encruamento é um fenômeno que ocorre em materiais submetidos a deformações a frio resultando em deformação plástica com imperfeições estruturais que levam a um aumento de dureza na região deformada havendo, inclusive, possibilidade de ruptura na região afetada.
- 3) Seria a produção de um material com características específicas não encontradas nos materiais disponíveis.
- 4) Consiste em aquecimento seguido de resfriamento brusco o que gera alterações na microestrutura do material aumentando sua resistência mecânica.
- 5) A corrosão é um fenômeno que causa degradação do material por falhas na sua estrutura, ocorre em metais devido a reações químicas.
- 6) Sucessivas deformações localizadas geram imperfeições estruturais que levam a uma perda de elasticidade do material podendo resultar em fragilidade e ruptura.
- 7) Podem ser encontrados em riscos, arranhões, marcas, bolhas, amassamentos, variações dimensionais acentuadas, raios muito pequenos, enfim qualquer descontinuidade verificada no material.
- 8) Pela maior ou menor resistência à penetração oferecida por um material.
- 9) Resiliência.
- 10) Pode ser explicada como a capacidade de um material para ser estirado. Na prática materiais dúcteis são aqueles que podem ser utilizados, por exemplo, para se fazer fios.

## Capítulo 6

### Orientações

Trata-se de um capítulo de transição entre a teoria vista nos primeiros capítulos e as aplicações mais práticas. Ou seja, os cálculos começam a se fazer presentes com uso da resolução de equações, o que exige um acompanhamento mais próximo por parte do professor, sobretudo, no sentido de revisar a resolução das equações, visando sanar eventuais deficiências básicas de matemática. Paralelamente, é imprescindível que o aluno aprenda a fazer uso dos termos técnicos, familiarizando-se com a terminologia da área, bem como o uso correto das unidades de medida.

### Respostas – página 118-119

- 1)  $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{18 \text{ kg}}{15 \text{ mm}^2} = \frac{18}{225} = \frac{0,08 \text{ kg}}{\text{mm}^2}$  ou  $\frac{180 \text{ N}}{0,015 \text{ m}^2} \cong 800 \text{ kPa}$ .
- 2)  $\sigma = \frac{26 \text{ kg}}{\pi} \cdot (4 \text{ mm})^2 = \frac{0,52 \text{ kg}}{\text{mm}^2}$  ou  $\frac{260 \text{ N}}{\pi} \cdot (0,004 \text{ m})^2 = 5,2 \text{ Mpa}$ .
- 3)  $\sigma = \frac{F}{A} = \frac{57}{14 \cdot 20} = \frac{57}{280} = \frac{0,20 \text{ kg}}{\text{mm}^2}$  ou  $\frac{570 \text{ N}}{2,8 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} \cong 2,0 \text{ Mpa}$ .
- 4)  $\Delta = \frac{47,1 - 46}{46} = 0,0239 \rightarrow \Delta \cong 2,4 \%$ .

- 5)  $\gamma = \frac{9 - 8,85}{88,2 - 87} \rightarrow \gamma \cong 0,13.$
- 6)  $\sigma = \frac{5\,200}{\pi \cdot 72} = \frac{33,78 \text{ kg}}{\text{mm}^2} \rightarrow 33,78 > 30 \rightarrow$  A peça não suporta a carga.
- 7) Material isotrópico é aquele que apresenta propriedades iguais em todas as direções, já o material anisotrópico não apresenta propriedades iguais em todas as direções.
- 8) Na deformação plástica, uma vez cessados os esforços, o material não retorna às suas dimensões iniciais, enquanto que na deformação elástica o material retorna às suas dimensões iniciais sempre que cessam os esforços atuantes.
- 9) A cortiça, por exemplo, apresenta um coeficiente de Poisson próximo de zero. Por essa razão, é um material ideal para uso como rolha em garrafas já que, praticamente, não sofre alterações significativas em suas medidas por meio de tensões geradas pela pressão do conteúdo ou do ambiente exterior, assegurando-se, dessa forma, uma vedação eficiente.
- 10) A tensão é a medida da intensidade de uma força que se distribui ao longo de uma determinada área na qual atua a solicitação de um material. Quando se trata de fluídos, isto é, gases ou líquidos, esta mesma relação entre uma força que atua sobre determinada área recebe o nome de pressão.

## Capítulo 7

### Orientações

Trata-se de um capítulo compacto, se comparado a capítulos anteriores, mas de grande importância dentro da área da resistência dos materiais. Neste ponto do livro, o aluno já adquiriu conhecimentos básicos que lhe permitem uma visão mais técnica na assimilação do assunto. Portanto, o conteúdo do capítulo pode ser bem explorado pelo professor nesse sentido. As abordagens podem ser realizadas com auxílio de exemplos práticos, como a curvatura de um pedaço de arame, de uma lâmina metálica ou de um pedaço de borracha. Pode-se, inclusive, instigar a criatividade dos alunos sugerindo a eles que tragam exemplos de situações que envolvam observação de tensão e deformação nos materiais.

Os conteúdos desse capítulo são: a importância do gráfico de tensão x deformação para a análise de materiais; como realizar a construção do gráfico tensão x deformação, e como interpretar uma gráfico.



## Respostas – páginas 132-133

1) **Professor**, a resposta deverá apresentar similaridade com o gráfico da figura 7.1.

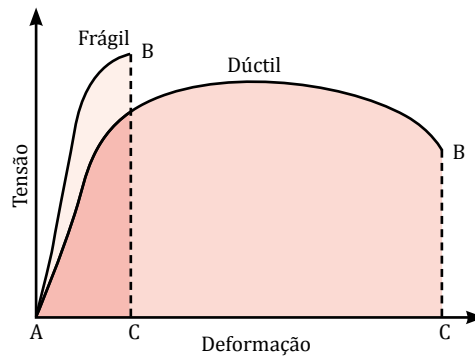


Figura 7.1 – Curva tensão x deformação.

2) **Professor**, a resposta deve mostrar similaridade com a figura 7.2. Vale lembrar que essa figura indica a quantidade de energia dada pela área total sob a curva tensão-deformação. Pode-se, observar que o módulo de tenacidade compreende tanto a resistência como a ductilidade do material. Tenacidade de um material é a sua capacidade de absorver energia na zona plástica. A tenacidade é medida pelo módulo de tenacidade, que é a quantidade de energia absorvida por unidade de volume no ensaio de tração até a ruptura, ou a quantidade de energia por unidade de volume que o material pode resistir sem causar a sua ruptura. A primeira definição leva em conta a energia até o final do ensaio, ao passo que a segunda só vai até a carga máxima (limite de resistência) suportada pelo material.

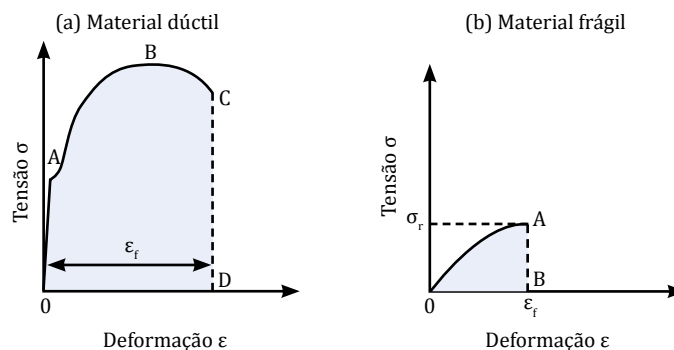


Figura 7.2 – Curva tensão x deformação.

- 3) O módulo de elasticidade, também conhecido por módulo de Young, define a rigidez do material. Quanto mais alto for o valor do módulo de elasticidade, menor será a deformação elástica observada no material quando estiver submetido a tensões.
- 4) a. Limite de proporcionalidade: ponto onde termina a linearidade do gráfico e que pode ser definido como o maior valor da tensão para o qual não resta deformação permanente ao cessar a ação da força atuante.
- b. Limite de elasticidade.
- c. Tensão máxima de escoamento.
- d. Tensão de ruptura do material.

- 5) **Professor**, a resposta deve estar em concordância com as indicações que constam na figura 7.3 (a) e (b).

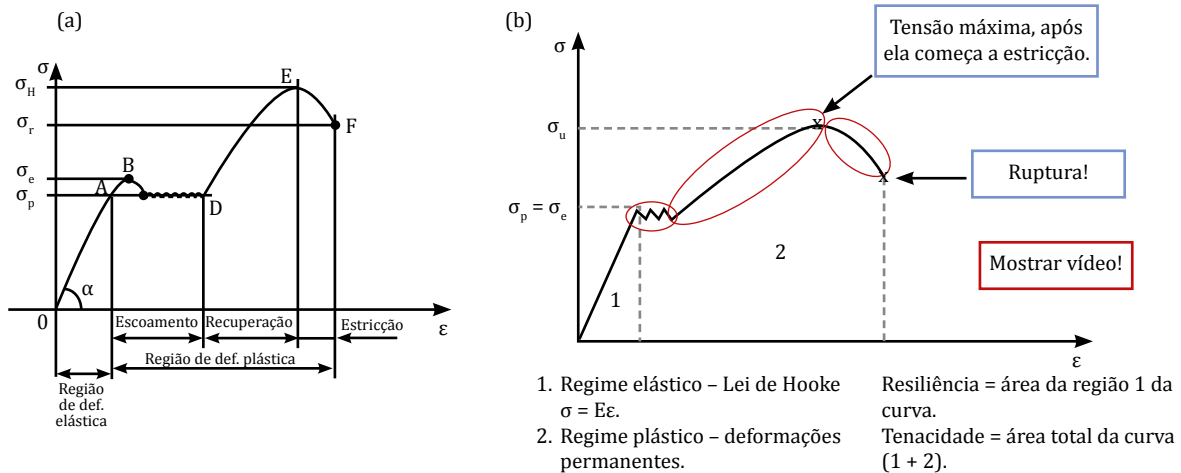


Figura 7.3 - Curva de tensão x deformação (a) e (b).

- 6) Essa questão permite uma ampla gama de respostas, por exemplo, estampagem de chapas, dobramento, estampagem profunda, estiramento e até corte de materiais, e até mesmo etapas da produção do para-lama de um automóvel (figura 7.4).
- 7) a. Módulo de elasticidade  $(E) = \frac{15 \cdot 10^2 \text{ psi}}{0,0014} \rightarrow E \cong 10,7 \text{ Mpsi}$ .  
 b. Tensão de escoamento  $(\sigma_{esc}) = 22 \text{ ksi}$ , pelo método 0,2% - conforme comentado na p. 127.
- 8) É comum, para fins de segurança nos projetos, a substituição do limite de proporcionalidade  $(\sigma_p)$  do material pela sua tensão de escoamento, uma vez que esta indica o valor limite de tensão para o qual o material ainda é confiável.
- 9) Essa substituição se justifica pelo fato de que é muito mais fácil localizar e medir a tensão de escoamento do que o limite de proporcionalidade, o que leva a uma precisão bem maior nos valores encontrados, considerando-se, ainda, que os erros decorrentes desse procedimento são desprezíveis.
- 10) É o módulo de elasticidade também conhecido por módulo de Young.

## Capítulo 8

### Orientações

Esse capítulo faz uma abordagem geral dos ensaios mecânicos, visando dar noções a respeito do assunto, sem grandes aprofundamentos, pois o foco do livro reside na resistência dos materiais. Mesmo assim, é importante que o aluno tenha informações suficientes que lhe permita compreender a origem dos gráficos tensão x deformação e os principais métodos de avaliação das propriedades mecânicas dos materiais, distinguindo os princípios básicos dos ensaios e os diferentes instrumentos de medição assim como o princípio de funcionamento de cada um.

Nesse sentido, é importante a forma como o professor conduz as aulas de modo a induzir o aluno a associar os conhecimentos assimilados anteriormente com aquilo que lhe é novo nesse capítulo. Certamente, este elo contribuirá para uma melhor compreensão da importância dos ensaios dentro do universo da resistência dos materiais.

Os conteúdos do capítulo 8 são: o que são os ensaios mecânicos e os corpos de prova; os diferentes tipos de ensaios e suas aplicações e as normas que regem os procedimentos dos ensaios.

## Respostas – página 153

- 1) Conforme p. 138, dimensões reduzidas do sensor, precisão e versatilidade, pode ser usado diretamente sobre a peça a ser analisada, permitindo a avaliação de deformações superficiais do material.
- 2) Conforme página 137 – compressão e flexão.
- 3) Conforme p. 140, teoricamente, o ensaio de compressão seria apenas o inverso do ensaio de tração, até porque o comportamento dos materiais na fase elástica, quando submetidos a esforços de tração, é muito semelhante ao seu comportamento sob compressão. Porém, na fase plástica, surgem diferenças fundamentais entre os dois casos. A ruptura na compressão só ocorre com materiais frágeis, sem grandes deformações laterais, por meio de cisalhamento com deslizamento ao longo de um plano inclinado entre as partes fraturadas, como se vê na figura 8.7 (b) – página 139 do livro do aluno. Nos materiais dúcteis, entretanto, a compressão se dá conforme ilustrado na figura 8.7 (a), podendo, ainda, ocorrer sob qualquer situação ilustrada na figura 8.8. Ainda no caso da compressão de materiais dúcteis, observa-se que, durante a fase plástica, à medida que cresce o esforço compressivo, tem-se o aumento da área da secção transversal e, devido ao aumento da resistência mecânica do material, não ocorre a ruptura. Outra característica importante do ensaio de compressão é a necessidade de maior potência da máquina do que no caso dos ensaios de tração, devido à presença de maiores valores de tensão, já que o uso de corpos de prova com menor área transversal dificultaria a obtenção precisa dos valores de medição. Resumindo em ensaios de compressão, quando se trata de materiais dúcteis em fase plástica, não há como determinar as características mecânicas do material. Na fase elástica, por sua vez, estas podem ser determinadas da mesma forma que nos ensaios de tração, isto é, módulo de elasticidade, tensão de escoamento, etc.

- 4) Conforme p. 140, dá-se preferência a corpos de prova com secção circular, por haver uma melhor distribuição das tensões. Secções quadradas ou retangulares apresentam maior tendência a formar pontos de concentração de tensões que podem interferir nos resultados do ensaio.
- 5) Conforme p. 143, para o caso de peças com espessura muito pequena ou de camada de endurecimento superficial resultante do tratamento térmico utiliza-se o método Rockwell superficial, no qual a carga inicial é diminuída para 3 kg e tem-se três opções de carga real, 15, 30 e 45 kg. Pode-se optar, ainda, entre penetrador de diamante (escala N) ou penetrador esférico (escala T), conforme ilustra a figura 5.7 (a) do Capítulo 5.
- 6) Conforme p. 147, como desvantagem tem-se o fato de que eles são essencialmente qualitativos e raramente quantitativos.
- 7) Conforme p. 148 e 149, raio X, raios  $\gamma$  (gama) e ultrassom.
- 8) Conforme p. 151, cuidados especiais devem ser tomados com relação a superfícies que não devam sofrer contaminação, por exemplo, componentes que venham a receber acabamento posterior. Nesses casos, se não for possível a limpeza total ao final do ensaio, deverá ser evitada a sua realização.
- 9) Conforme p. 148, devido à constante emissão de radiação que ocorre na realização de ambos os ensaios, tanto o raio X como os raios  $\gamma$  têm a necessidade de cuidados especiais na exposição dos operadores, utilizando-se proteção especial e ambiente adequado para a realização do trabalho.
- 10) Conforme p. 144, é um método desenvolvido especificamente para peças de tamanho reduzido, espessura mínima ou áreas muito pequenas, casos em que os outros métodos vistos anteriormente não oferecem a necessária precisão em termos de resultados.

## Capítulo 9

### Orientações

Por meio de uma exposição compatível com a sua faixa etária, o aluno encontra nesse capítulo os conceitos fundamentais da energia de deformação, foco do capítulo que cumpre, assim, com seu objetivo dentro do contexto geral da obra.

Portanto o assunto é a energia de deformação e aplicações.

### Respostas – páginas 168-169

- 1) Energia potencial gravitacional,  $E = m \cdot g \cdot h$ .
- 2) Energia cinética,  $E = \frac{m \cdot v^2}{2}$ .
- 3) Tensionados.
- 4) Tenacidade.
- 5) Resiliência.

- 6)  $E_p = \frac{k \cdot x^2}{2} = \frac{55 \cdot 0,02^2}{2} = 0,011 \rightarrow E_p \cong 11 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$
- 7)  $U = \frac{P^2 \cdot L}{2 AE} \rightarrow P = 350 + 350 = 700 \text{ N} \rightarrow A = 0,01 \cdot 0,05 = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \rightarrow E = 70 \text{ GPa}$   
 $U \cong 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$
- 8)  $U = \frac{P^2 \cdot L^3}{6 EI} \rightarrow I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \rightarrow P = 190 \text{ N} \rightarrow d = 0,60 \text{ m} \rightarrow L = 0,25 \text{ m} \rightarrow E = 200 \text{ GPa}$   
 $I = 6,4 \cdot 10^{-7} \rightarrow U \cong 6,2 \cdot 10^{-5} \text{ J.}$
- 9)  $u = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \rightarrow J = \frac{T^2 \cdot L}{2 GJ} \rightarrow d = 0,08 \text{ m} \rightarrow T = 125 \text{ Nm} \rightarrow L = 0,6 \text{ m} \rightarrow G = 80 \text{ GPa}$   
 $J = 5 \cdot 10^{-5} \rightarrow U \cong 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ J.}$
- 10)  $P = ? \rightarrow U = \frac{P^2 \cdot L}{2 AE} = 0,3 \text{ J} \rightarrow L = 0,085 \text{ m} \rightarrow d = 0,008 \text{ m} \rightarrow A = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \rightarrow$   
 $E = 70 \text{ GPa} \rightarrow P \cong 4 970,5 \text{ N.}$

## Capítulo 10

### Orientações

Esse é outro capítulo que exige raciocínio abstrato e maior concentração do aluno por se tratar de um conteúdo mais voltado às teorias da resistência de materiais, envolvendo um maior uso de termos técnicos e abordagens que nem sempre são assimiladas com facilidade pelo aprendiz. É necessário, por outro lado, que o professor coloque os temas levando em conta tanto as aptidões dos alunos, de acordo com sua faixa etária, como também suas limitações.

Os temas abordados são: o estado plano de tensões; as formas de representação das tensões; o círculo de Mohr, e os procedimentos para a análise das tensões, de acordo com os princípios da resistência dos materiais.

### Respostas – página 178

- 1) Conforme p. 174, tensões principais são os valores de tensão mais importantes para a análise da situação de um material sujeito a solicitações, porque são essas tensões que poderão provocar a ruptura da peça ou do componente e servirão de base para o seu dimensionamento.
- 2) Conforme p. 175, planos principais correspondem às superfícies em que atuam as tensões principais no interior do material e dão ideia das deformações críticas que este pode suportar.
- 3) Conforme p. 175, a grande vantagem do uso do círculo de Mohr está na praticidade de visualização e determinação dos planos e tensões principais. Antigamente, superava o método de resolução por equações porque não se tinha os recursos que a informática nos proporciona hoje em dia.

- 4) O estado plano de tensões (EPT) é uma simplificação do estado geral de tensões e torna mais fácil a análise das questões. Além disso, o estado plano assume grande importância porque é a condição encontrada na superfície dos materiais, ponto crítico onde há maior interesse no conhecimento das tensões atuantes. Dessa forma, muitos casos podem ter os cálculos efetuados com resultados confiáveis.
- 5) Conforme página 173, tração/compressão (tensões normais) e cisalhamento (tensões cisalhantes).
- 6)  $\theta_P = \frac{1}{2} \arctan \left( \frac{\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \right) \rightarrow \tau_{xy} = -41,4 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_x = 27,6 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_y = 137,9 \text{ MPa} \rightarrow \theta_P \cong 37^\circ$ .
- 7)  $\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left( \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2} \rightarrow \sigma_1 \cong 151,6 \text{ Mpa}$ .
- $\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left( \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2} \rightarrow \sigma_2 \cong 11,2 \text{ Mpa}$ .
- 8)  $\theta_p = \frac{1}{2} \arctan \left( \frac{\tau_{xy}}{\tau_x - \tau_y} \right) \rightarrow \tau_{xy} = -130 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_x = 40 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_y = -120 \text{ MPa} \rightarrow \theta_p \cong 58,4^\circ$ .
- 9)  $\sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} + \sqrt{\left( \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2} \rightarrow \sigma_1 \cong 232,6 \text{ Mpa}$ .
- $\sigma_2 = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} - \sqrt{\left( \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2} \rightarrow \sigma_2 \cong 72,6 \text{ Mpa}$ .
- 10)  $\tau_{\text{Max}} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = 152,6 \text{ Mpa}$ .

## Capítulo 11

### Orientações

Em se tratando de resistência de materiais, certamente não é uma tarefa fácil, levando-se em conta a complexidade dos conteúdos e, sobretudo, as dificuldades normalmente encontradas pelos professores que lecionam na área das ciências exatas, lutando para que os alunos consigam associar as noções básicas de matemática com as aplicações dentro dos cálculos da área técnica.

O Capítulo 11 assume uma importância ainda maior do que nos capítulos anteriores, o apoio prestado pelo professor e sua atuação na realização dos exercícios, justamente destacando como ponto-chave, a decomposição de forças e a resolução de equações, a seleção das estratégias de cálculo e dos caminhos na busca das respostas, a conversão das unidades e tantas outras questões que constituem as dificuldades fundamentais para o estudante que inicia a definição de sua vida profissional por meio de um curso nessa área.

Quanto ao grau de dificuldade dos exercícios, tomou-se o cuidado de colocar apenas questões compatíveis com o conteúdo apresentado que, conforme comentado anteriormente, não teve a intenção de esgotar o assunto, pelo contrário, foi desenvolvido de modo a se adequar ao nível de conhecimento dos alunos, a que se destina a obra.

É muito importante destacar o procedimento de construção dos diagramas relativos aos esforços solicitantes (momento fletor, cisalhamento, etc.) passo a passo, uma vez que este assunto envolve uma complexidade maior para os iniciantes de modo geral.

Finalizando, destaca-se a importância da associação entre os conteúdos apresentados nesse capítulo e os anteriores em relação aos diferentes tipos de carregamento a que os componentes mecânicos são submetidos, aos elementos estruturais como as vigas e os eixos-árvore, ou mesmo aos cálculos baseados nos fundamentos explanados anteriormente.

O aluno tem a necessidade aprender por meio de referências daquilo que ele já conhece para só então poder assimilar o novo, o que pode ser bastante explorado nesse capítulo.

Portanto, nesse último capítulo são abordados: aplicações dos princípios da resistência dos materiais; elementos estruturais; diagramas de representação de esforços; coeficiente de segurança e noções de cálculos envolvendo dimensionamento de estruturas e componentes mecânicos.

## Respostas – páginas 198-199

- 1) A resposta deve estar em concordância com a ideia de que o estado de tensão uniaxial ocorre quando um elemento está submetido a uma carga axial cuja única linha de ação coincide com o eixo longitudinal da peça. Exemplo: a situação de um corpo de prova em ensaio de tração.
- 2) A resposta deve estar em concordância com a ideia de que eixos não transmitem torque e não estão submetidos a esforços de torção. Os eixos apenas servem de suporte ou apoio para outros componentes que podem estar fixos ou móveis em relação a eles, enquanto que as árvores ou eixos-árvore são componentes em que a torção se faz presente porque transmitem torque e potência.
- 3) Apenas nos nós.
- 4) A resposta deve encontrar sentido junto à ideia de que a utilização do coeficiente de segurança tem como principal objetivo garantir o equilíbrio entre a segurança oferecida por um componente e o seu custo.
- 5) Só em casos muito específicos, por exemplo, quando é importante a redução de peso dos componentes, como em aviões e veículos de competição.
- 6) 
$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{esc}}{s} = \frac{250 \text{ MPa}}{2,5} = 100 \text{ MPa.}$$

7) A resposta deverá estar de acordo com os gráfico mostrado na figura 10.1.

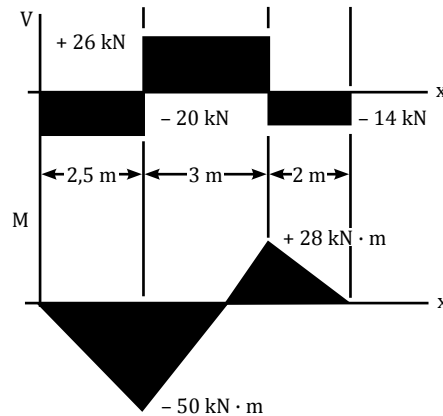


Figura 10.1 - Diagrama.

8)  $F_1 = 59,40 \text{ kN}$ ,  $F_2 = 25,38 \text{ kN}$  e  $F_3 = 25,38 \text{ kN}$ .

9)  $\sigma_1 = 99 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_2 = 63,45 \text{ MPa}$  e  $\sigma_3 = 63,45 \text{ MPa}$ .

10)  $F_1 = 12,9 \text{ kN}$ ,  $F_2 = 16,3 \text{ kN}$ ,  $F_3 = 20 \text{ kN}$ ,  $F_4 = 16,3 \text{ kN}$  e  $F_5 = 20,42 \text{ kN}$ .

Quanto às reações  $R_{AV} = 7,75 \text{ kN}$ ,  $R_{AH} = 6 \text{ kN}$  e  $R_B = 12,25 \text{ kN}$ .