



ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA ENRIQUECER O APRENDIZADO DE ALUNOS DOS CURSOS DE ENGENHARIA: DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE TRAÇÃO DE UM AÇO AISI 316L.

César Augusto de Jesus Falcão – cajfalcao@yahoo.com.br

Anhanguera Educacional Ltda., Unidade de Matão.

Via Augusto Bambozzi, 100.

CEP: 15933-200 – Matão – SP

Fernando Luis Kock – fernando_kock@hotmail.com

Escola de Engenharia de São Carlos – EESC – USP, Departamento de Engenharia de Produção.

Av. Trabalhador São-carlense, 400

CEP: 13566-590 – São Carlos – SP

Resumo: *Este trabalho visa mostrar aos alunos dos cursos de engenharia, especificamente os de engenharia mecânica como são determinadas as principais propriedades mecânicas de tração dos materiais metálicos, tais como: módulo de elasticidade, limite de escoamento, limite de resistência, gráfico tensão x deformação, a partir de dados experimentais tabelados. A ideia é estimular a aprendizagem ativa já que são os alunos que determinarão as propriedades mecânicas e não a máquina de ensaio.*

Palavras-chave: *Estratégia Didática, Propriedades Mecânicas, Ensaio de Tração, Aço Inox AISI 316L.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o formato passivo é o mais utilizado no processo de ensino e aprendizagem nos cursos de Engenharia e Tecnologia. Neste formato, as informações são passadas pelo professor, desta forma, o professor é o agente e o aluno adquire uma postura passiva (VILLAS-BOAS, 2011).

As técnicas de ensino e aprendizagem mais modernas utilizam o conceito de aprendizagem ativa e de aprendizagem baseada em projetos. Essas técnicas sugerem que o estudante passe a ser o principal responsável por adquirir conhecimentos, onde o professor torna-se um orientador/facilitador nesse processo de ensino e aprendizagem (FAGUNDES, 1999).

Com isso, o estudante passa a ser estimulado a descobrir os fenômenos relacionados com a disciplina que estão estudando e associá-los com situações ou sistemas do mundo real, além de contribuir para o desenvolvimento de competências importantes para um profissional de

Realização:



Organização:





Engenharia, tais como sustentabilidade, responsabilidade social, trabalho em equipe, entre outras (CAMPOS, 2011).

A estratégia apresentada neste artigo tem a finalidade de despertar no aluno uma atitude mais ativa. O despertar de uma ação fará com que o aluno pratique, encare o projeto e a aprendizagem não como obrigações, mas sim como uma consequência do seu prazer pelo conhecimento, gerando uma aprendizagem pela ação.

A determinação das propriedades mecânicas dos materiais está presente no currículo de disciplinas como Resistência dos Materiais, Ensaio Físicos Mecânicos, Ciências dos Materiais em cursos de Engenharias e Tecnologia Mecânica.

A estratégia didática apresentada neste artigo foi colocada em prática na Faculdade Politécnica de Matão, do grupo Anhanguera Educacional, com alunos do terceiro ano do curso de engenharia mecânica que cursavam a disciplina de Resistência dos Materiais I.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O ensaio de tração é amplamente utilizado na indústria de componentes mecânicos, pois fornece dados quantitativos das características mecânicas dos materiais como o limite de resistência, limite de escoamento, módulo de elasticidade, entre outras. Assim, saber o significado e determinar estas propriedades é de vital importância para o profissional que trabalha na área de engenharia e tecnologia mecânica. Além disso, o ensaio de tração é bastante utilizado como teste para controle das especificações da entrada de matéria prima em uma indústria metal mecânica.

O ensaio de tração consiste na aplicação de esforços crescentes em uma direção axial que tende a estica-lo ou alonga-lo, sendo medidas as deformações. Geralmente o ensaio é realizado em um corpo de prova de dimensões e forma padronizadas, para que os resultados possam ser comparados e reproduzidos (SOUZA, 1995).

À medida que as tensões são aplicadas, as deformações são distribuídas uniformemente no corpo de prova. A figura 1 mostra as diversas regiões de uma curva tensão-deformação. O seguimento de reta AO representa a região de deformação elástica e obedece à lei de Hooke:

$$\sigma = E\varepsilon \quad (1)$$

onde E é o módulo de elasticidade ou módulo de Young. A medida do módulo de elasticidade é feita pela inclinação da reta na região elástica da curva tensão-deformação.

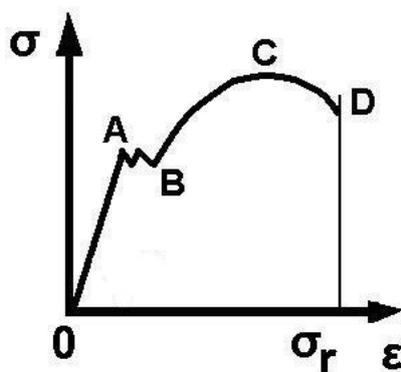


Figura 1: Curva tensão-deformação convencional (SOUZA, 1995).



A região AB é definida como a região de escoamento. Para determinar a tensão de escoamento, utiliza-se a média das tensões máxima e mínima nesta região, para materiais que apresentam escoamento bem definido.

Nem todos os materiais apresentam esta região bem caracterizada na curva tensão-deformação. Neste caso, utiliza-se uma reta paralela à linha que define a região elástica com 0,2% de deformação, para metais e ligas em geral, ou 0,5% de deformação, para cobre e suas ligas (GARCIA et al, 2000). A intersecção desta linha com a curva tensão-deformação define o limite de escoamento do material, como se pode observar na figura 2.

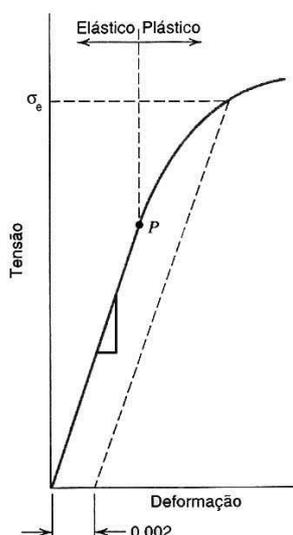


Figura 2: Comportamento típico da curva tensão-deformação para materiais que não apresentam escoamento bem definido (CALLISTER, 2006).

Os pontos C e D na figura 1 representam o limite de resistência, σ_{rt} , e a tensão de fratura, σ_f , do material, respectivamente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A estratégia didática em questão foi aplicada com alunos do terceiro ano do curso de engenharia mecânica que cursavam a disciplina de Resistência dos Materiais I na Faculdade Politécnica de Matão, do grupo Anhanguera Educacional. Os cinquenta e três alunos foram divididos em dezessete equipes, sendo quinze delas formadas por três alunos e duas delas eram compostas por quatro alunos.

A forma de avaliação utilizada foi a entrega de um relatório. Além disso, também ficou estipulado que o relatório teria um peso de até 20% da média final da disciplina Resistência dos Materiais I.

Antes de executar os ensaios foram realizadas duas aulas expositivas de 50 minutos cada. Nestas duas aulas, foram passadas aos alunos a norma ABNT NBR 6152 (ABNT 6152, 2002) e os procedimentos do ensaio. Além disso, procurou-se ensinar a manipulação da planilha eletrônica utilizada para o tratamento dos resultados tabulados obtidos pela máquina de ensaio, já que muitos alunos não sabiam manipular este recurso computacional.

O material utilizado nos ensaios de tração é o aço AISI 316L. A análise química deste material foi realizada em um espectrômetro de emissão ótica ARL 400 e foi realizada de



acordo com a norma ASTM E 2055 (ASTM E 2055, 1999). A tabela 1 mostra a composição química do material.

Tabela1: Composição química do aço AISI 316L em % de massa

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
0,028	1,33	0,57	0,024	0,002	16,73	10,41	3,55

Para os ensaios de tração foram usinados três corpos de prova de uma chapa do aço 316L, com espessura de 2 mm. O projeto dos corpos de prova está mostrado na figura 3 e está de acordo com norma ABNT NBR 6152 (ABNT 6152, 2002).

Os ensaios de tração foram realizados em uma máquina do fabricante EMIC, modelo DL, com 100 kN de fundo de escala de célula de carga. A máquina de ensaio comunica-se com um PC através do programa VIRMAC, além disso, os ensaios são totalmente controlados pelo programa TESC. Também faz parte do sistema de ensaio um extensômetro para medições das deformações durante o ensaio, com resolução de 0,001mm.

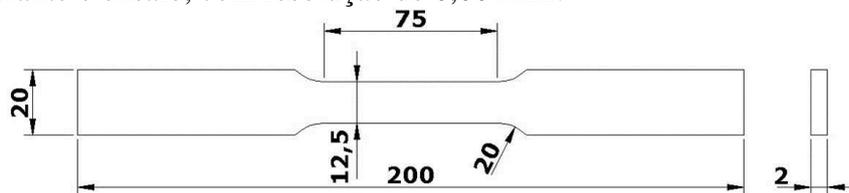


Figura 3: Projeto dos corpos de prova

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 4 mostra a curva tensão x deformação para o aço AISI 316L. Para determinar o módulo de elasticidade, E, foi utilizado o método das tangentes na região elástica. Além disso, com pode ser observado na figura 4, o aço 316L não possui região de escoamento bem definido na curva tensão-deformação, desta forma, utilizou-se o método da pré-deformação com 0,2% de deformação. Para isto, determinou-se a linha de tendência linear da região elástica da curva. Em seguida foi traçada uma reta paralela à linha de tendência passando por 0,2% de deformação. A intersecção da reta paralela com o gráfico da curva tensão-deformação define o limite de escoamento para o material.

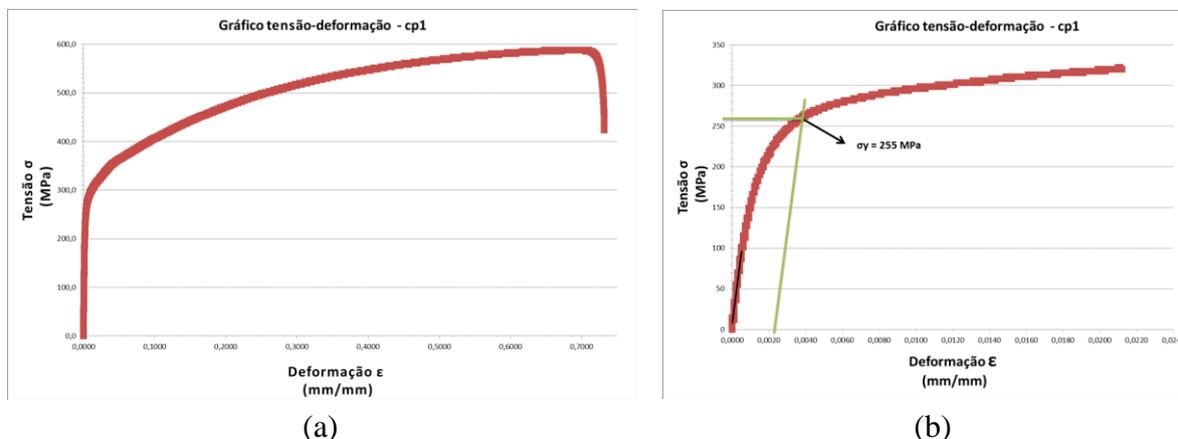


Figura 4: (a) Curva completa tensão-deformação e (b) gráfico para determinação do limite de escoamento e módulo de elasticidade.



A tabela 2 mostra as principais propriedades mecânicas em tração para corpos de prova ensaiados, bem como a média, Md, e o desvio padrão, Dp. Pode ser observado que houve pouca dispersão nos resultados das propriedades mecânicas. Além disso, os valores médios dos resultados dos ensaios estão próximos dos valores fornecidos por fabricantes do aço 316L (CARBÓ, 2001).

Tabela2: Resultados dos ensaios de tração

Parâmetro	CP1	CP2	CP3	Md	Dp
Limite de Resistência (MPa)	587,5	597,1	576,7	585,1	10,2
Módulo de Elasticidade (GPa)	175,8	182,0	184,1	180,3	3,7
Limite de Escoamento (MPa)	255,0	265,0	260,0	260,0	5
Alongamento (%)	37,9	38,3	37,5	37,9	0,4
Redução em Área (%)	61,5	63,8	57,4	60,9	3,2

Para os alunos, a maior dificuldade no levantamento da curva tensão-deformação, determinação do módulo de elasticidade limite de escoamento foi manipular e tratar os dados na planilha eletrônica, já que nem todos os alunos possuíam conhecimento da planilha eletrônica.

Depois de caracterizada as propriedades mecânicas de tração do aço AISI 316L e entrega dos relatórios, foi realizada uma pesquisa com os alunos sobre a estratégia de ensino aplicada durante o semestre. Dos 53 alunos pesquisados, 32 alunos aprovaram a aplicação da estratégia. Por outro lado, 12 alunos reprovaram-na e 09 alunos responderam que foi indiferente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da estratégia apresentada neste artigo foi um desafio, pois envolve a busca por conhecimentos extracurriculares, a necessidade de se criar alternativas para os problemas inesperados, a necessidade de cooperação entre os membros do grupo e a ansiedade de se finalizar o trabalho dentro do prazo previsto, sem esquecer as disciplinas do semestre.

Em muitos momentos, os alunos se sentiram fragilizados diante da quantidade de informações que deviam manipular, no entanto, houve um entendimento de que este sentimento fazia parte da construção do conhecimento. Além disso, foi necessário deixar claro o tempo todo para o aluno que o processo de auto avaliação é fundamental para o sucesso da metodologia e que os métodos tradicionais de avaliação, rígidos e classificatórios, são excludentes.

Os principais pontos a serem destacados na aplicação da estratégia apresentada foram:

- Uma atitude mais ativa dos alunos no processo de absorção do conhecimento;
- Um sentimento de responsabilidade com relação ao desenvolvimento da estratégia;
- As propriedades mecânicas determinadas pelos alunos ficaram próximas aos valores fornecidos pelos fabricantes do aço AISI 316L;
- O suporte oferecido pela Instituição, com o laboratório de ensaio de tração e o de informática;
- Os autores buscam com a estratégia apresentada neste artigo que haja uma maior integração das atividades laboratoriais com o projeto pedagógico dos cursos de engenharia, especificamente nos cursos de engenharia mecânica e tecnologia mecânica. Além disso, quando possível, que as práticas laboratoriais sirvam de suporte para as disciplinas teóricas.



- Um planejamento inadequado com relação ao tempo necessário para execução do projeto, o que gerou frustração por parte de alguns alunos;
- Em alguns momentos faltaram maiores esclarecimentos com relação às metas, pois tanto alunos quanto professores ainda estão acostumados aos métodos tradicionais de aprendizagem.

Agradecimentos

O autor César Augusto de Jesus Falcão agradece o apoio institucional da Anhanguera Educacional Ltda., campus Matão, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia – IFSP, campus Sertãozinho. Agradece também o apoio financeiro da agência FUNADESP pela bolsa de pesquisa a ele concedida. O trabalho apresentado nesse artigo é fruto de um grupo formado por cinco professores do grupo Anhanguera Educacional, cuja linha de pesquisa é dedicada ao Desenvolvimento de estratégias didáticas voltadas para o ensino de engenharia.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 6152. Determinação das Propriedades Mecânicas à Tração de Materiais Metálicos. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, São Paulo, 2002.

ASTM E 2055. Standart Practice for referencing test methods for chemical analysis of metals and related metals, 1999.

CALLISTER, William D. Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução, 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. – LTC, 2008. 724 p, il.

CAMPOS, L. C.; SILVA, J. M.: Aprendizagem baseada em projetos: Uma nova abordagem para a educação em Engenharia. **Anais: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Sessão Dirigida, Blumenau – SC, 2011.**

CARBÓ, Héctor Mário. Aço inoxidável – Aplicações e Especificações. Acesita, 2001.

FAGUNDES, L. C. Aprendizizes do Futuro: As Inovações Começaram. Coleção Informática Para a Mudança na Educação. MEC/SEED/ProInfo, 1999.

GARCIA A., SPIM J. A., SANTOS C. A. Ensaio dos Materiais. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. – LTC, 2000.

SOUZA, Sérgio Augusto. Ensaio Mecânicos de Materias Metálicos. 6. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1995, il.

VILLAS-BOAS, V.; NETO, O. M.: Aprendizagem Ativa na Educação em Engenharia. **Anais: XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, Sessão Dirigida, Blumenau – SC, 2011.**



DIDACTIC STRATEGY TO ENRICH LEARNING COURSE FOR ENGINEERING STUDENTS: DETERMINATION OF TENSILE PROPERTIES OF A STEEL AISI 316L.

***Abstract:** This work aims to show students of engineering, mechanical engineering specifically how they are determined the principal tensile mechanical properties of metallic materials, such as elastic modulus, yield strength, tensile strength, stress x strain graph, the from experimental data tabulated. The idea is to encourage active learning because they are students that will determine the mechanical properties and not the testing machine.*

***Key-words:** Didactic Strategy, Mechanical Properties, Tensile Test, Stainless Steel AISI 316.*