



**ENSAIO DE TRAÇÃO MECÂNICA E ANÁLISE METALOGRÁFICA DO AÇO
SAE 1045**

**MECHANICAL TRACTION TEST AND METALLOGRAPHIC ANALYSIS OF
STEEL SAE 1045**

Matheus Corrêa Leite¹

Matheus Rodrigues Santos²

Renan Aragão Zaque³

Ronaldo Sanches Marin Junior⁴

Vinicius Aparecido Rochinski⁵

Sueli Leite Souza⁶

Lucas Mendes Scarpin⁷

Paulo Sergio Barbosa dos Santos⁸

RESUMO: Este artigo destaca a importância do ensaio de tração e da análise metalográfica do aço, para conhecer as propriedades mecânicas do material, como: resistência mecânica, ductilidade, fragilidade, resiliência e tenacidade, dentre outras, as quais são responsáveis por projetar estruturas e máquinas com precisão. Para isto, realizou um ensaio de tração do aço SAE 1045, a fim de verificar suas propriedades mecânicas, por

¹ Graduando em Engenharia Mecânica, UNITOLEDO, 2017.

² Graduando em Engenharia Mecânica, UNITOLEDO, 2017.

³ Graduando em Engenharia Mecânica, UNITOLEDO, 2017.

⁴ Graduando em Engenharia Mecânica, UNITOLEDO, 2017.

⁵ Graduando em Engenharia Mecânica, UNITOLEDO, 2017.

⁶ Mestre em Engenharia Mecânica, UNESP, 2016.

⁷ Mestre em Engenharia Mecânica, UNESP, 2014.

⁸ Mestre em Engenharia Mecânica, UNESP, 2013.

meio da análise gráfica e realização de cálculos, e as relacionar com a estrutura interna do material, analisada através da metalografia. Após verificar os resultados, concluiu-se que a quantidade de carbono presentes no aço, acarretou na formação de microestruturas metálicas ferríticas e perlíticas, as quais influenciaram diretamente no aumento da resistência a tração e ductilidade do material, quando comparado, ao aço de menor percentual de carbonos como o SAE 1020.

Palavras-chave: Ferrita; Perlita; Metalografia; Tração

ABSTRACT: This article highlights the importance of tensile testing and metallographic analysis of steel, to know how mechanical properties of the material, such as: mechanical strength, ductility, brittleness, resilience and tenacity, among others, as responsible for the design of structures and machines with accuracy. To do this, perform a tensile test of SAE 1045 steel, an end to verify its mechanical mechanism, through graphical analysis and calculations, and how to relate to an internal structure of the material, analyze through metallography. After verification of the results, it was concluded that the amount of carbon present and albeit stable, resulted in the formation of ferritic and perlite metallic microstructures, which directly influenced the tensile strength and ductility of the material, when compared percentage of carbon as SAE 1020.

Key words: Ferrite; Perlita; Metallography; Traction

1. INTRODUÇÃO

O aço é um material importante para o funcionamento da economia, pois por meio dele têm-se o encadeamento de diversas cadeias produtivas, visto que é aplicado no setor automobilístico, industrial e civil. Dentre os diferentes tipos de aço, há o aço SAE 1045, o qual é aplicado principalmente para fabricação de eixos em geral, cilindros, equipamentos ferroviários, engrenagens, virabrequins, além de ser importante para a fabricação de produtos na indústria petrolífera e para peças de máquinas que necessitam de elevadas resistências mecânica. (AZEVEDO; FARIAS, 2002)

Entretanto, para trabalhar corretamente com este ou com os demais materiais metálicos, é necessário conhecer as suas propriedades, as quais são importantes para

realizar trabalhos de projeção estrutural e de componentes mecânicos, evitando assim, falhas.

Um método usual para analisar as propriedades do material, como resistência mecânica, elasticidade, ductilidade, dureza, fragilidade, limite de elasticidade e resiliência, é o ensaio de tração, no qual um corpo de prova possuindo formato e tamanho padronizados conforme a NBR 6152, é tracionado por uma carga axial gradativamente crescente, até a sua fratura. (HIBBELER, 2004).

Este ensaio revela o comportamento do material em relação a aplicação da carga, por meio do gráfico tensão x deformação, cuja análise é de fundamental importância, pois um produto é formado através da deformação plástica, que ocorre devido as imperfeições presentes na estrutura cristalina dos materiais. As imperfeições possibilitam o escorregamento de planos atômicos, conformando assim os metais e ligas (CALLISTER, 1999).

No entanto, esta mobilidade de discordâncias dos planos cristalinos, pode ser alterada por fatores como, composição e processamento de obtenção do aço. Havendo então, relação direta entre as características microestrutural do material e suas propriedades mecânicas. E isto, pode ser visto na Figura 1, em que cada tipo de aço, apresentam comportamentos gráficos de tensão por deformação diferentes, de acordo com a porcentagem de carbono (HOWE, 2000).

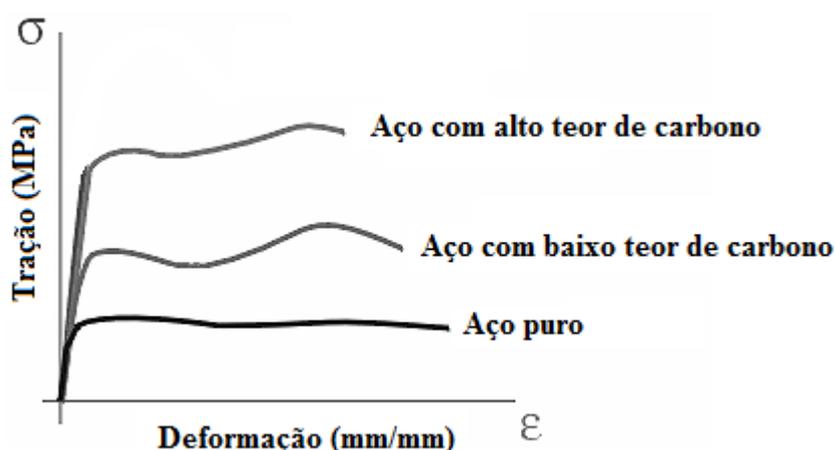


Figura1 – Gráfico tensão x deformação para diferentes tipos de aço.

É possível analisar a microestrutura do aço, após realizar o ensaio metalográfico. Segundo COLPAERT(1989), a metalografia microscópica (ou micrografia dos metais)

estuda os produtos metalúrgicos, com o auxílio do microscópio, visando à determinação de seus constituintes e de sua textura, pondo assim em evidência os diversos grãos de que é formado. As etapas básicas são: corte, embutimento, lixamento, polimento, ataque químico e análise. A amostra deve ser representativa do material da peça que deseja analisar e deve ter área de 1 a 2 cm², que não pode sofrer alterações, aquecimento acima de 100° C e nem deformação plástica.

Por meio da metalografia, pode-se identificar estruturas como perlita, cementita, martensita, bainita, ferrita e outras. Sabe-se que a ductilidade das microestruturas ferrítico-perlíticas, geralmente é expressa pelo alongamento total observado nos ensaios de tração, o qual é reduzido pela presença de perlita e elementos de liga em solução sólida (PICKERING, 1978).

2. OBJETIVOS

- Realizar o ensaio de tração do aço SAE 1045;
- Construir por meio da matriz de dados do ensaio, o gráfico tensão-deformação no *Excel*;
- Interpretar o gráfico e realizar os cálculos para analisar as propriedades mecânicas;
- Realizar a metalografia do material testado para relacioná-la com as suas propriedades mecânicas.
-

3. METODOLOGIA

3.1. Ensaio de tração

Antes da realização do ensaio, mediu-se o corpo de prova com o auxílio do paquímetro, para efetuar o cálculo da área e obter o comprimento inicial, variáveis importantes para realização dos cálculos das propriedades mecânicas. Em seguida, acoplou a amostra nas garras da máquina eletromecânica universal de testes EMIC, com capacidade de 200 kN de força; adicionando também o extensômetro, aparelho responsável por captar

a deformação da amostra, como mostra a Figura 2. Por fim, após a ruptura do material, dimensionou a área e o comprimento final.



Figura 2 – Máquina de tração e corpo de prova do aço SAE 1045.

A máquina foi conectada com sensores a um microcomputador responsável por computadorizar o ensaio, e gerar o gráfico tensão e deformação, além de fornecer a matriz de dados com os valores da força e a variação do alongamento, ao longo do experimento, os quais foram usados para realizar o gráfico tensão e deformação no *Excel*, sendo então, possível compará-los.

Com os dados registrados pela máquina, e obtido por meio de uma matriz de dados, determinou-se as seguintes variáveis: a tensão nominal ou de engenharia e o módulo de elasticidade, como mostra respectivamente as Equações (1) e (2).

Tensão

$$\sigma = P/A_0 \quad (1)$$

Sendo:

σ = Tensão; [MPa]

P = Força (carga) aplicada; [N]

Ao = Área da seção inicial do corpo onde é diretamente aplicada a carga. [mm]

Modulo de Elasticidade

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (2)$$

Sendo:

σ = Tensão; [MPa]

E = Módulo de elasticidade;

ε = Deformação [mm]

Para descobrir a ductilidade, propriedade que representa o grau de deformação que um material suporta até sua fratura, usou a Equação (3):

Ductibilidade:

$$AL\% = ((L_f - L_o) / L_o) \times 100 \quad (3)$$

Sendo:

AL% = Alongamento percentual (Ductilidade);

L_f = Comprimento final do corpo-de-prova;

L_o = Comprimento inicial do corpo-de-prova;

3.2 Metalografia

Para realizar a metalografia, primeiramente cortou à amostra do aço 1045, usada no teste de tração, com a cortadora modelo AROCOR 40- marca AROTEC [1]. Em seguida, por meio da máquina de embutimento (ARATEC PRE 40MI) [2], a amostra foi prensada com uma pressão de 150 kgf/cm², durante 15 minutos. Após o processo de embutimento, fez o lixamento da peça com a lixadeira (AROTEC) ALM-04 [3], usando lixas d'água respectivamente nas seguintes granulometrias: 600, 800, 1000 e 1200 *mesh*. E para ter um elevado grau de acabamento superficial, efetuou o polimento da amostra, na máquina Politriz, modelo AROPOL 2V - marca AROTEC [4], usando abrasivo à base de alumínio de 0,05 μ m. Para finalizar, fez-se o ataque químico utilizando uma solução de Nital 2%

Álcool etílico 95% + ácido nítrico [5]. Logo em seguida, lavou a amostra em água corrente e a secou com um secador. A caracterização microestrutural foi realizada com a utilização do microscópio modelo BX41M-LED -marca OLYMPUS [6] com resolução da lente de 100x. A Figura 3 a seguir, mostra a sequência das máquinas usadas nas etapas descritas.

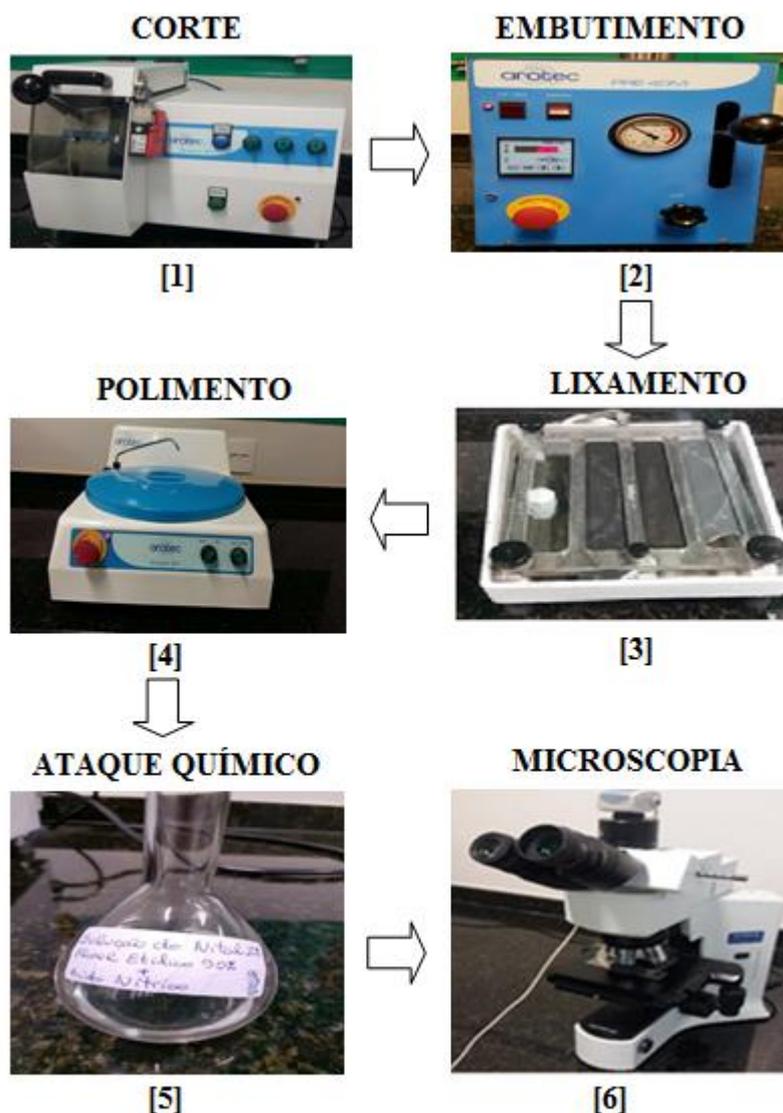


Figura 3 – Sequência das etapas e maquinários usados no ensaio de metalografia.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A tabela 1, fornece as dimensões obtidas da amostra, antes e após o ensaio.

Tabela 1- Dimensões do copo de prova do aço 1045, antes e após o ensaio de tração

Condições	Comprimento	Diâmetro
Inicial	121,10 mm	9,99 mm
Final	124,30 mm	8,62 mm

Pode se observar, que o comprimento e diâmetro inicial da amostra, ficaram próximos aos estipulados na norma NBR 6152, havendo uma mínima discrepância dos valores, por conta dos possíveis erros de leitura com o paquímetro, como paralaxe ou pressão de medição. Além disso, devido a tração sofrida pela amostra, houve o alongamento e a diminuição do diâmetro da mesma, ou seja, a sua estrição.

A Figura 4 mostra o gráfico tensão x deformação, criado no *Excel* a partir da matriz de dados, contendo a força e o alongamento do ensaio, os quais foram manipulados através dos cálculos mostrados nas Equações (1) e (2), para obter os valores da tensão e deformação no decorrer do teste. Enquanto, a Figura 5, apresenta o gráfico tensão x deformação, fornecido pela máquina, após o experimento.

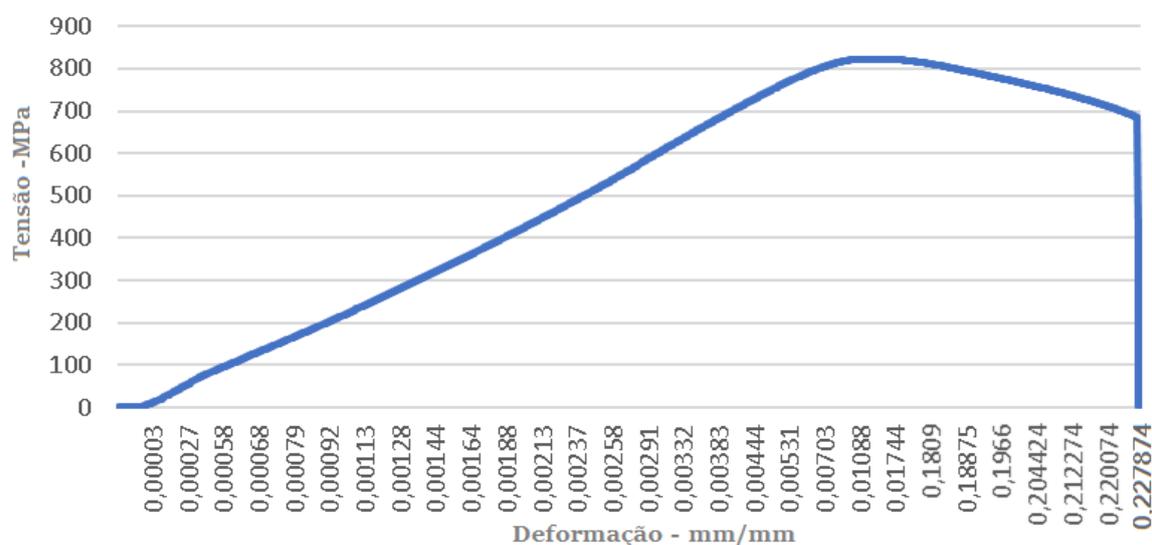
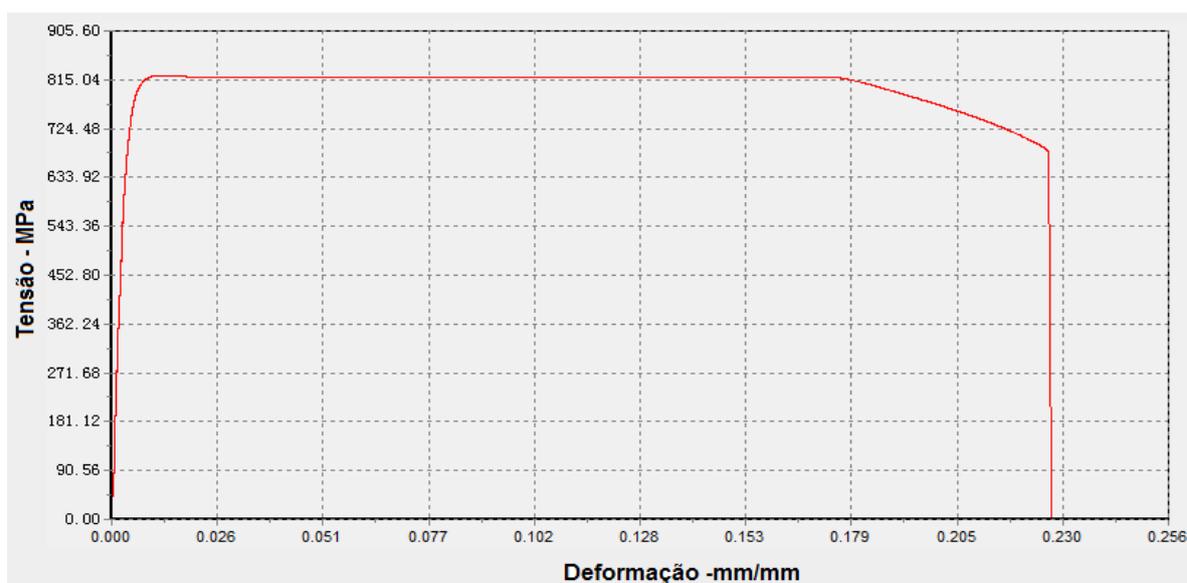
Figura 4- Gráfico tensão x deformação construído no *Excel*

Figura 5- Gráfico tensão x deformação da EMIC

Comparando os gráficos é possível perceber que assemelham-se, havendo mínimas discrepâncias nos valores, as quais ocorreram devido a obtenção do dimensionamento da amostra, e o desvio padrão dos cálculos .

A Tabela 2 a seguir, apresenta a comparação dos valores das propriedades mecânicas, entre os cálculos realizado com a matriz de dados e os fornecidos pelo maquinário.

Tabela 2 – comparação dos valores da resistência mecânica obtidos entre a EMIC e no *Excel*

Dados	Ductilidade (%)	Tensão de resistência (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Lim. de escoamento (MPa)
EMIC	22,5	823,27	218,43	778,71
Excel	22,74	823,27	222,30	774,89

Comparando os dados da Tabela 2, nota-se que os valores da tensão de resistência foram iguais para ambas as condições, e os demais tiveram valores próximos, consequência novamente, das dimensões capturadas pelo paquímetro, e os desvios surgidos no decorrer dos cálculos.

Através da análise metalográfica foi possível ver a microestrutura do aço 1045, como mostra a Figura 6, onde as partes claras referem-se a estrutura ferrítica **F**, enquanto a escura, a perlítica **P**.

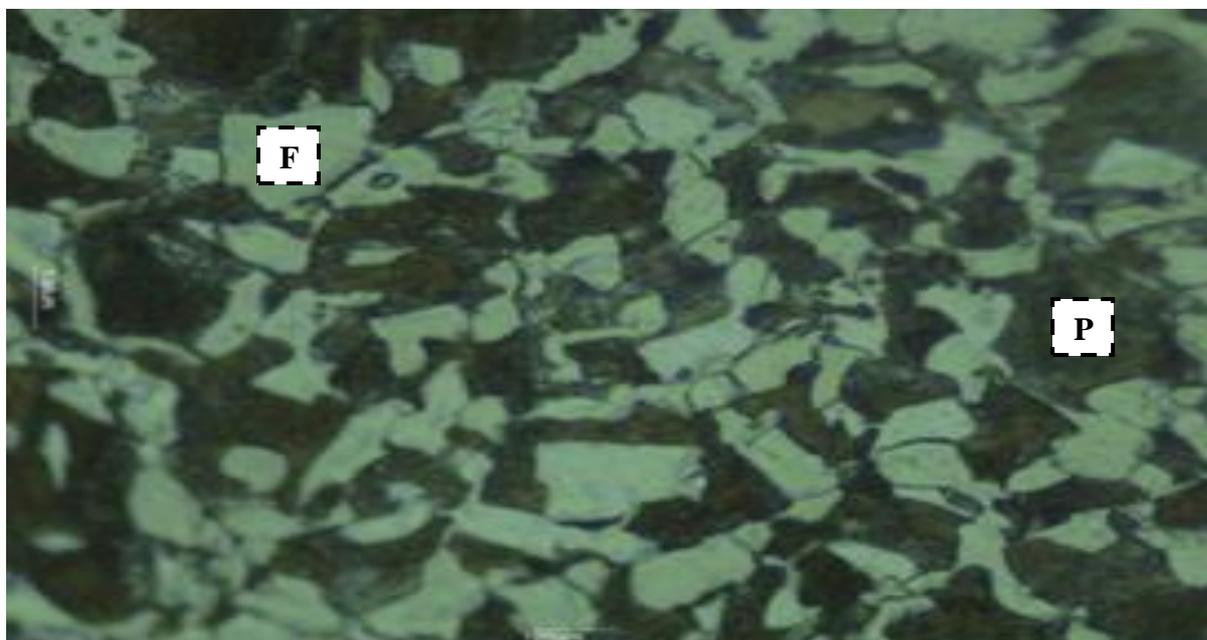


Figura 7 – Imagem metalográfica do aço SAE 1045.

Por meio da imagem da Figura 7, pode-se observar, que há uma presença significativa de perlita no aço, mistura eutetóide, cuja estrutura é constituída por lâminas alternadas de ferrita e cementita, sendo a espessura das lâminas de ferrita (α -Fe) superior aos da cementita (Fe_3C). A perlita é mais dura e resistente que a ferrita, porém mais dúctil, que a cementita, por isso, a resistência a tração do aço 1045 foi elevada, sem perder a ductilidade.

Por conter estas características macroestruturais, o aço 1045 apresenta resistência mecânica superior à dos aços de baixo carbono convencionais, sem perder no entanto, a ductilidade.

A quantidade de ferrita, cementita e perlita no material, sofrerá influência direta, em relação ao percentual de carbono presente no aço, portanto, quanto maior a quantidade de carbono, maior a sua resistência mecânica. Isto pode ser visualizado na Tabela 3, em que compara os valores das propriedades mecânicas, obtidos pela matriz de dados, em relação ao aço 1020, também ensaiado nas mesmas condições do aço 1045.

Tabela 2 – Comparação dos valores da resistência mecânica dos aços 1020 e 1045.

Aços	Ductilidade (%)	Tensão de resistência (MPa)	Módulo de elasticidade (GPa)	Lim. de escoamento (MPa)
1020	10,91	512,85	192,33	470,55
1045	22,74	823,27	222,30	774,89

5. CONCLUSÕES

Concluiu-se que a quantidade de carbono presente no aço, influencia na formação da estrutura perlítica, a qual interfere diretamente nas propriedades mecânicas do material, como resistência a tração e ductilidade. E por haver tal estrutura, o aço 1045, pode absorver mais energia antes de sua ruptura, quando comparado a aços com menor porcentagem de carbono, como SAE 1020.

6. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ABNT NBR 6152, 2002, “Materiais Metálicos: Ensaio de Tração à Temperatura Ambiente”, Rio de Janeiro;

A. G. L. de Azevedo, J. P. Farias, Aplicação da Técnica da Dupla Camada na Soldagem do Aço ABNT 1045, 108 (2002).

CALLISTER, W. D. Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma Introdução. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

COLPAERT, P. H. Metalografia dos Produtos siderúrgicos comuns. 3. ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 1989.

GARCIA, Amauri; SPIM, Jaime Álvares, Carlos Alexandre. Ensaio dos materiais. Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A., Rio de Janeiro, 2000;

HIBBELER, R.C., Resistência dos materiais, 5ª edição, 2004;

HOWE, A.A. Ultrafine Grained Steels: Industrial Perspectives. Materials Science and Technology, 16:11, November-December 2000, p. 1264-1266.

PICKERING, F.B.: Physical Metallurgy and the Design of Steels. Allied Science Publishers, London, 1978, 275 p.