



ENSAIO DE TRAÇÃO E METALOGRAFIA DO AÇO SAE 1020

SAE 1020 STEEL TRACTION TEST AND METALOGRAPHY

Kézio Durval Lima Datres¹

Lucas Leandro Fernandes²

João Carlos Machado Junior³

José Sérgio Martinho Damian⁴

Gustavo Barrionuevo Pires⁵

Sueli Leite Souza⁶

Lucas Mendes Scarpin⁷

Paulo Sergio Barbosa dos Santos⁸

RESUMO: O ensaio de tração consiste em submeter um corpo de prova a um esforço axial que tende a alongá-lo até a ruptura. Por meio do ensaio é possível analisar as

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.

propriedades mecânicas do material, como: resistência mecânica, ductilidade, fragilidade, resiliência e tenacidade, além de obter o limite de escoamento, dado importante para projetar materiais e equipamentos. Sabendo-se disto, realizou um ensaio de tração do aço SAE 1020, a fim de verificar suas propriedades mecânicas, por meio da análise gráfica e realização de cálculos, e as relacionar com a estrutura interna do material, analisada através da metalografia. Diante dos resultados, concluiu-se que a quantidade de cementita e ferrita encontrados no aço 1020, afetou diretamente em suas propriedades mecânicas, no que tange, resistência a tração, módulo de elasticidade e ductibilidade.

Palavras-chave: Cementita; Ferrita; Metalografia; Tração

ABSTRACT: The tensile test consists of subjecting a specimen to an axial stress, which tends to elongate it until rupture. By means of the test and fun, as mechanical mechanism of the material, such as: mechanical strength, ductility, brittleness, resilience and tenacity, besides obtaining the flow limit, important data to design materials and equipment. Knowing this, he carried out a tensile test of SAE 1020 steel, an end to verify its mechanical mechanism, through graphical analysis and calculations, and how to relate to an internal structure of the material, to analyze through the metallography. In view of the results, it was concluded that the amount of cementite and ferrite not found in 1020 steel directly affected its mechanical properties, not tensile strength, tensile strength, modulus of elasticity and ductility.

Key words: Cementita; Ferrite; Metallography; Traction

1. INTRODUÇÃO

O aço é uma liga constituída de ferro e aço, porém contém elementos secundários, devido aos processos de fabricação ou para fornecer características ao material, tais como: Si (silício), P (fósforo), W(tungstênio), Ni (níquel) e dentre outros.

O carbono é o essencial elemento endurecedor e devido a sua importância, os aços são classificados como, baixo teor de carbono contendo no máximo 0,30% de carbono em sua estrutura; médio carbono que possui de 0,30 a 0,60%, possuindo por isso, melhor

resistência, dureza, menor tenacidade e ductilidade em relação ao baixo carbono; e por último, o alto carbono, cuja porcentagem de carbono varia entre 0,60 a 1,00%, apresentando então, maior resistência e dureza mecânica do que os demais (BRANCO, 2007).

O sistema de classificação mais utilizado em pratica é o SAE-AISI, nele o aço carbono utiliza o grupo 10XX, em que os dois últimos algarismos referem-se a porcentagem de teor de carbono na liga. Sendo assim, o aço 1020 contém 0,2% de carbono e por isso, é considerado um material de baixo carbono.

As principais aplicações do aço 1020 são em chapas automobilísticas, perfis estruturais, placas para produção de tubos, construção civil, pontes e latas de folhas flandres (BRANCO, 2007).

Porém, para que possa aplicá-lo na produção de tais produtos, é necessário conhecer as suas propriedades mecânicas. Pois, a resistência do material, depende de sua capacidade de suportar cargas sem deformação excessiva ou rupturas. E para isto, faz-se o ensaio de tração, método muito usual para analisar as propriedades mecânicas do material (HIBBELER, 2004).

O ensaio de tração consiste em aplicar uma carga axial, nas extremidades do corpo de prova cujo formato e tamanho são padronizados, seguindo a NBR 6152, como mostra a Figura 1. As extremidades da amostra são fixadas a uma máquina de ensaios, responsável por aplicar cargas crescentes na direção axial, sendo então, medidas as deformações correspondentes, até ocorrer a ruptura do material. (POLAKOWSKI e RIPLING, 1966),

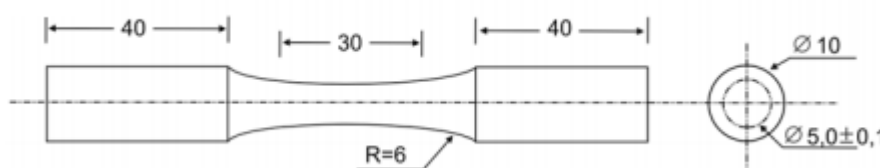
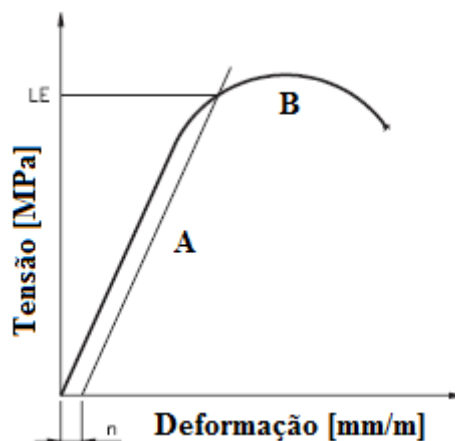


Figura1 – Dimensionamento do corpo de prova para o ensaio de tração

A deformação gerada pela carga aplicada no material até a sua ruptura, é observada através do gráfico tensão por deformação (Figura 2), o qual fornece características importantes para análise das propriedades mecânicas do material.



Fonte: BRANCO (2007) adaptado.

Figura 2 – Ilustração do gráfico tensão-deformação

Propriedades mecânicas tais como:

Elasticidade: o comportamento elástico é possível ser identificado no início do teste de tração, localizada na parte reta do gráfico onde a tensão é proporcional a deformação, ou seja, o material é linearmente elástico, representado pela letra **A**, na Figura 2 (HIBBELER, 2004).

Limite de escoamento: é em algumas situações alternativa ao limite elástico, pois também delimita o início da deformação permanente (pouco acima). Existem materiais que não apresentam nitidamente o limite de escoamento, neste caso é adotado por convenção internacional o limite \underline{n} de escoamento. Para aços com baixo teor de carbono, especifica-se \underline{n} como 0,2%, o que corresponde a uma deformação plástica de 0,002 por unidade de comprimento. Para determiná-lo, traça uma linha paralela ao trecho reto do gráfico tensão-deformação, a partir do ponto \underline{n} , localizado no eixo da deformação. Quando esta linha intercepta a curva, o limite de escoamento é determinado (LE), como mostra a Figura 2. (HIBBELER,2004).

Ductilidade: todo material que é capaz de se submeter a grandes deformações antes da ruptura é chamado de material dúctil, representada pela região **B** na Figura 2. Uma das maneiras de quantificar a ductilidade do material é informar a porcentagem da redução da área no instante da quebra. A porcentagem de alongamento é a deformação de ruptura do corpo de prova expressada em porcentagem. Outra maneira de quantificar a ductilidade é, por meio da estrição, que é a redução porcentual da área da seção transversal do corpo de

prova na região onde ocorre a ruptura. Quanto maior for a porcentagem de estrição, maior será a ductilidade do material (HIBBELER,2004).

Estas propriedades, e outras como, tenacidade, resiliência e fragilidade, estão intrínsecas com as características das ligas do material e que podem ser vistas através da metalográfica. (MARMONTEL, 2011).

Há dois métodos para analisar o produto, o dimensional, usado para verificar as dimensões físicas de um determinado produto, denominado de metrologia; e o metalográfico que determina o material que forma a peça, em relação a sua composição, propriedade e estrutura (COLPAERT, 1974).

Pode-se realizar dois tipos de ensaios dentro da metalografia, o macrográfico e o micrográfico. O macrográfico é examinado a olho nu ou com uma ampliação de até 50x, após a peça estar devidamente polida e atacada com um reagente adequado. O micrográfico consiste no estudo dos produtos metalúrgicos e utiliza o microscópio para identificar a granulação do material (tamanho de grão), a quantidade de carbono, a estrutura e a distribuição de certos constituintes ou de certas inclusões, contidos no material (COLPAERT, 1974).

Sabendo-se disto, teve por objetivo realizar um ensaio de tração do aço SAE 1020, analisando suas propriedades mecânicas através do gráfico tensão e deformação, e de cálculos, relacionando-os com as características internas do material, por meio da metalográfica.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Ensaio de Tração

Foi adicionado o corpo de prova do aço carbono 1020 nas garras da máquina universal WDW-100e, marca SHIGIN, conectada por meio de sensores a um microcomputador responsável por gerar o gráfico tensão e deformação, e a matriz de dados com os valores da força e a variação do alongamento, ao longo do experimento, os quais serão usados para realizar o gráfico tensão e deformação no *Excel*, sendo possível, compará-lo com o fornecido pelo microcomputador. Também usou, paquímetro e

micrometro universal de medição externa (0 ~ 25mm), para dimensionar a amostra, antes e após o ensaio, cujos valores foram usados nos cálculos referentes as propriedades mecânicas do material.

A Figura 3 a seguir mostra o corpo de prova, juntamente com a máquina universal, e a sua garra prendendo a amostra; e o extensômetro, aparelho responsável por medir a deformação do material durante o ensaio.



Figura 3 – Mostra a máquina universal de ensaio de tração e o corpo de prova .

Para calcular as propriedades mecânicas do material utilizou as seguintes equações:

Tensão de engenharia -Equação (1):

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad (1)$$

Onde:

σ = Tensão [MPa];

F = Força (carga) aplicada [N];

S_0 = Área da seção inicial do corpo onde foi diretamente aplicada a carga [mm²].

Deformação de engenharia - Equação (2):

$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \quad (2)$$

Onde:

ε = Deformação [mm/mm];

L_0 = Comprimento inicial [mm];

L = Comprimento instantâneo (no momento da ruptura) [mm].

Módulo de elasticidade - Equação (3):

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

Onde:

E = Módulo de elasticidade [MPa];

σ = Tensão aplicada [MPa];

ε = Deformação linear específica [mm/mm].

Porcentagem de alongamento - Equação (4):

$$AL\% = \frac{L_f - L_0}{L_0} (100) \quad (4)$$

Onde:

AL% = Porcentagem de alongamento (Ductilidade) [%];

L_f = Comprimento no instante da ruptura [mm];

L_0 = Comprimento inicial [mm].

Estricção -Equação (5):

$$AE\% = \frac{A_f - A_0}{A_0} (100) \quad (5)$$

Onde:

$AE\%$ = Porcentagem de redução da área (Estricção) [%];

A_f = Área final no instante da ruptura [mm];

A_0 = Área inicial [mm].

2.2 Metalografia

Para realizar a análise metalográfica, seguiu-se as seguintes etapas: [1] realizou o corte do corpo de prova do aço 1020, usado no teste de tração, utilizando a cortadora modelo AROCOR 40- marca AROTEC. [2] Em seguida, adicionou a amostra na prensa de embutimento, modelo PRE 40mi - marca AROTEC, mantendo a pressão entre 125 e 150 kgf/mm². [3] Após, o embutimento a peça foi lixada na lixadeira (AROTEC) ALM-04 com lixas d'água respectivamente nas seguintes granulometrias: 600, 800, 1000 e 1200 *mesh*, lixando até restar somente os riscos da última lixa utilizada. [4] Usando a máquina Politriz, modelo AROPOL 2V - marca AROTEC, fez o polimento da amostra. E para isto, ajustou a vazão da água, adicionou os abrasivos alumina e um pouco de pasta de diamante; e com as duas mãos foi segurado levemente a peça sobre o pano de polimento até que a superfície ficasse sem nenhum tipo de ranhura. [5] Para que a amostra, pudesse ser analisada microscopicamente, fez-se o ataque químico da mesma, utilizando Nital a 3% (3% de ácido Nítrico e 97% de álcool etílico). Após o ataque químico limpou a amostra para remover os resíduos do processo, através da lavagem com água, sendo em seguida, a mesma seca através do jato de ar quente, proveniente de um secador. [6] Com a amostra devidamente preparada, pode-se realizar a análise de microscópica, por meio do microscópio modelo BX41M-LED -marca OLYMPUS com resolução da lente de 100x.

Os maquinários utilizados para realizar as etapas explicadas, pode ser visto na Figura 4, abaixo.



Figura 4 – Sequência dos equipamentos usados para a realização da metalografia do aço 1020, usado no ensaio de tração.

3. RESULTADOS E DISCUSÕES

As Figuras 5 e 6, mostram respectivamente o gráfico tensão x deformação, sendo o primeiro criado no *Excel*, com a matriz de dados do ensaio, e o último, fornecido pelo microcomputador após a realização do ensaio.

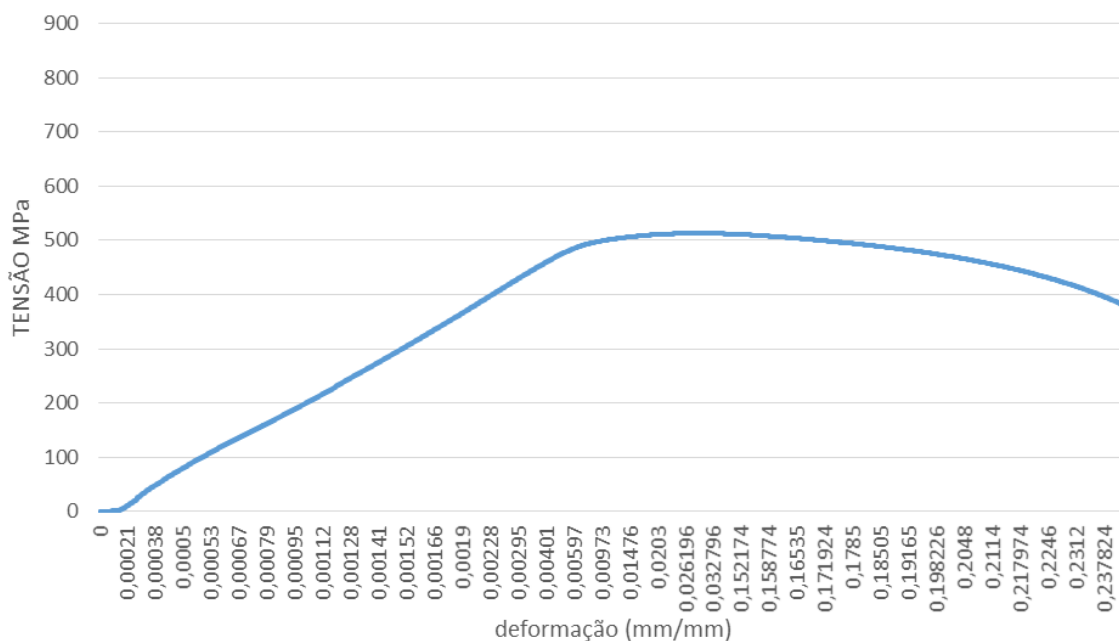


Figura 5- Gráfico tensão x deformação construído no *Excel* por meio da matriz de dados fornecida no ensaio de tração.

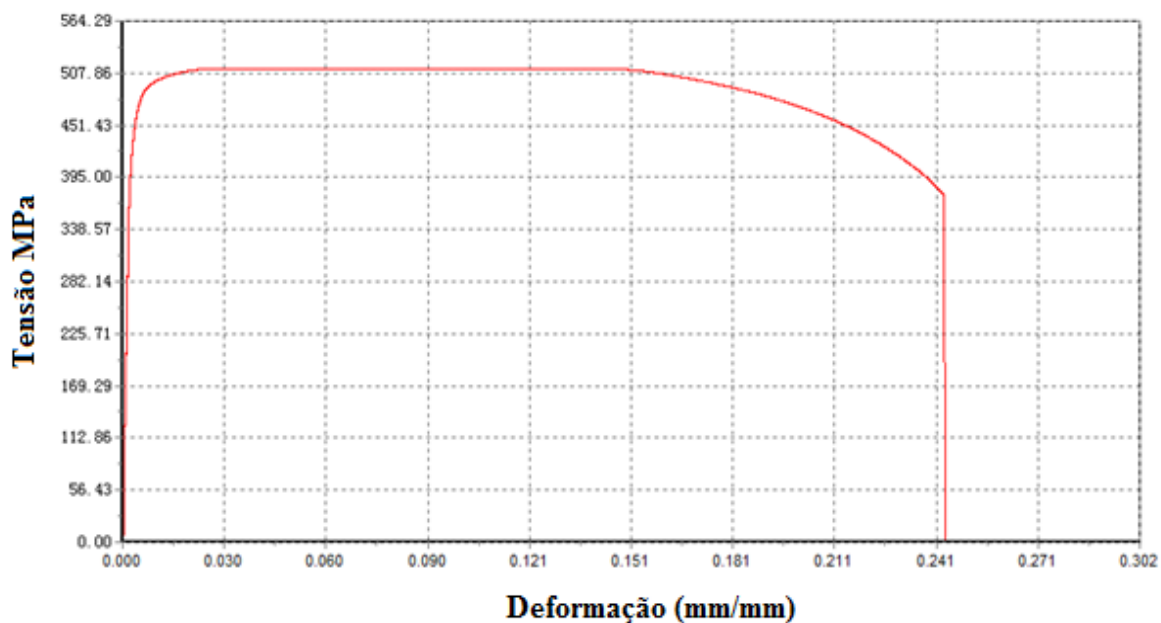


Figura 6- Gráfico tensão x deformação obtido após o ensaio de tração pelo microcomputador.

Variáveis	Alongamento (%)	Estricção (%)	Tensão de resistência (MPa)	Modulo de elasticidade (GPa)	Lim. de escoamento (MPa)
Máquina	11,0	52,49	512,99	185,2789	468,68
Matriz de dados	10,91	52,11	512,85	192,3345	470,55

Como pode-se observar, os gráficos das Figuras 5 e 6, apresentaram comportamento semelhantes, diferenciando minimamente numericamente. Verificando com isto, que as medições da força e do alongamento obtidos na matriz de dados, quando manipulados adequadamente nas equações de tensão e deformação, resultam em valores satisfatórios, para interpretar graficamente o comportamento do material.

A Tabela 1 a seguir, compara os valores das propriedades mecânicas, obtidos por meio dos cálculos, através da matriz de dados, com o fornecido pelo microcomputador, após o ensaio.

Tabela 1- Compara os resultados das propriedades mecânicas entre o maquinário e a matriz de dados.

Por meio da Tabela 2, nota-se que os valores foram próximos, mostrando a eficiência em realizar a adequada metrologia do corpo de prova, e a manipulação das equações.

O aço 1020 apresentou estes valores em relação as propriedades mecânicas, devido as características de estrutura interna, vista na Figura 7, a seguir.

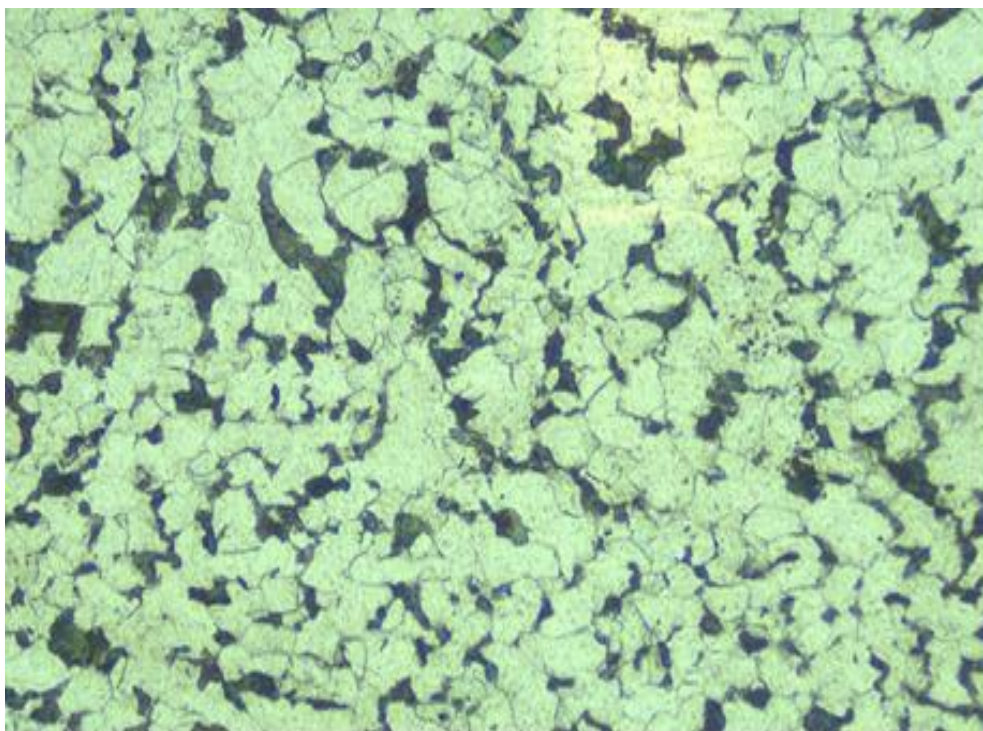


Figura 7 – Imagem metalográfica do aço 1020.

A partir da análise metalográfica, constatou-se que a composição da amostra é composta por cementita 3%, vista na parte escura, e ferrita 97%, na parte verde da Figura 7. Sendo assim, praticamente todo carbono presente no aço 1020 está na forma de cementita ($\text{Fe}_3\text{C} - 6,67\% \text{C} + 93,33\% \text{Fe}$), apesar de representar somente 3% do volume, e o restante está junto a ferrita.

Tais composições, interferem diretamente na resistência do aço, pois quando o carbono (C) liga-se ionicamente com o ferro (Fe) forma-se o Fe_3C , carboneto de ferro, também conhecido como cementita, estrutura cristalina ortorrômbica caracterizada por ser dura, resistente e que suporta altas temperaturas, no entanto, frágil. Logo, quanto maior a porcentagem de carbono na liga de aço, mais cementita haverá, elevando a dureza do material, aumentando então, consecutivamente a sua resistência mecânica.

Porém, a fragilidade do material é compensada, pela proporção de ferrita, componente responsável por proporcionar maior ductibilidade, visto que a ferrita possui menor dureza, em relação a austenita e cementita (ferrita < austenita < cementita), garantindo ao material melhor trabalhabilidade.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da metalografia foi possível observar de forma nítida a distribuição da cementita e ferrita no aço SAE 1020, e relacionar a influência que tais estruturas acarretam nas propriedades mecânicas do material. Pois, quanto maior suas concentrações, maior será os valores da tensão de resistência, módulo de elasticidade e ductilidade do aço. Características estas, importantes e que justificam o uso comumente do aço 1020 para fabricação de produtos.

REFERÊNCIAS

- BEER, F. P. & JOHNSTON, E. R. **Resistência dos Materiais. MAKRON Books, 3ª Ed**, 1995. pp. 64–84.
- BRANCO, F. K. **Influência da Microestrutura na Anisotropia de Chapas Metálicas de Diferentes Aços Estruturais**, 2007. Projeto de Iniciação Científica; 2007, FEI, Centro Universitário da FEI, São Paulo, 2007.
- COLPAERT; Hubertus. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**, 3ª Edição, Editora Edgarg Blücher Ltda, São Paulo, 1974.
- HIIBBELER, R. C., **Resistência dos Materiais. Pearson Prentice Hall**, 5ª edição, São Paulo, 2004.
- MARMONTEL, C. F. F; SILVA, J. M. G. G.; OLIVEIRA, L. L.; POLIONI, M. C. **Análise Metalografia de Metais. Arte e Ciência**, 2011.
- POLAKOWSKI, N.H.; RIPLING, E.J. **Strength and structure of engineering materials**. USA. Prentice-Hall, Inc. 1966.