



## ENSAIO DE TRAÇÃO E METALOGRAFICO DO AÇO SAE 1010

### SAE 1010 STEEL AND METALLOGRAPHIC TEST

*Amós Victor Ferreira de Lima<sup>1</sup>*

*Bruno Garcia<sup>2</sup>*

*Caroline Zanardi Marques<sup>3</sup>*

*Caio Jacob Gandra<sup>4</sup>*

*David Alex Correia Correia Naitzke<sup>5</sup>*

*Sueli Leite Souza<sup>6</sup>*

*Lucas Mendes Scarpin<sup>7</sup>*

*Paulo Sergio Barbosa dos Santos<sup>8</sup>*

**RESUMO:** O ensaio de tração consiste em submeter um corpo de prova com geometria definida, a um esforço crescente na direção axial, levando-o a romper. Este ensaio cria um gráfico de tensão por deformação, sendo possível analisar as propriedades mecânicas do material, as quais estão relacionadas a sua capacidade de resistir ou transmitir esforços. Sabido disto, o objetivo do artigo foi realizar o ensaio de tração do aço SAE 1020, para analisar as suas propriedades mecânicas e correlacioná-las com a sua estrutura interna, através da metalografia do material. Após a análise dos resultados, concluiu-se que a

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, UNITOLEDO, 2017.

<sup>2</sup> Graduanda em Engenharia Mecânica, UNITOLEDO, 2017.

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, UNITOLEDO, 2017.

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, UNITOLEDO, 2017.

<sup>5</sup> Graduando em Engenharia Mecânica, UNITOLEDO, 2017.

<sup>6</sup> Mestre em Engenharia Mecânica, UNESP, 2016.

<sup>7</sup> Mestre em Engenharia Mecânica, UNESP, 2014.

<sup>8</sup> Mestre em Engenharia Mecânica, UNESP, 2013.

porcentagem de carbono presente no aço, afeta diretamente nas propriedades mecânicas do material.

**Palavras-chave:** Aço; Ensaio de Tração; Metalografia; Propriedades Mecânicas

**ABSTRACT:** The tensile test consists of subjecting a specimen with defined geometry to an increasing stress in the axial direction, causing it to break. This test creates a strain-strain graph and it is possible to analyze the mechanical properties of the material, which are related to its ability to resist or transmit forces. The aim of the article was to perform the SAE 1020 steel tensile test to analyze its mechanical properties and to correlate them with its internal structure through the metallography of the material. After the analysis of the results, it was concluded that the percentage of carbon present in the steel, directly affects the mechanical properties of the material.

**Key words:** Steel; Traction Test; Metallography; Mechanical properties

## 1. Introdução

O aço é uma liga de natureza complexa e sua definição não é simples, visto que, a rigor, os aços comerciais não são ligas binárias. De fato, apesar dos seus principais elementos de liga serem o ferro e o carbono, eles contêm sempre outros elementos secundários, presentes devido aos processos de fabricação, como: Silício (Si), Manganês(Mn), Fósforo (P) e Enxofre (S). Devido a estas condições, define-se o aço como sendo uma liga Ferro-Carbono, contendo geralmente de 0,008% até aproximadamente 2,11% de carbono (PANNONI, 2002)

Os aços podem ser classificados a partir da sua quantidade de carbono. A classificação normativa, segundo as normas da SAE (*Society of Automotive Engineers - EUA*), é a mais utilizada em todo o mundo para aços-carbono, cuja sua classificação para o aço SAE 1010 é representada abaixo (PANNONI, 2002):

- SAE: Indica a norma utilizada na classificação do aço;
- Quatro algarismos para designar os aços;
- Os dois primeiros algarismos indicam o tipo e a quantidade aproximada dos elementos da liga;

- Quando o primeiro algarismo é um, os aços são simplesmente aços-carbono, desprezando seus teores de mínimos de manganês, silício fosforo e enxofre; e
- Os dois últimos algarismos referem-se ao teor de carbono na liga.

A maior quantidade de aço consumida pertence à categoria dos aços carbono. Isto se deve ao baixo custo e sua ampla gama de propriedades que podem ser obtidas mediante a variação do teor do elemento e do estado de fornecimento (COSTA e SILVA, 1998).

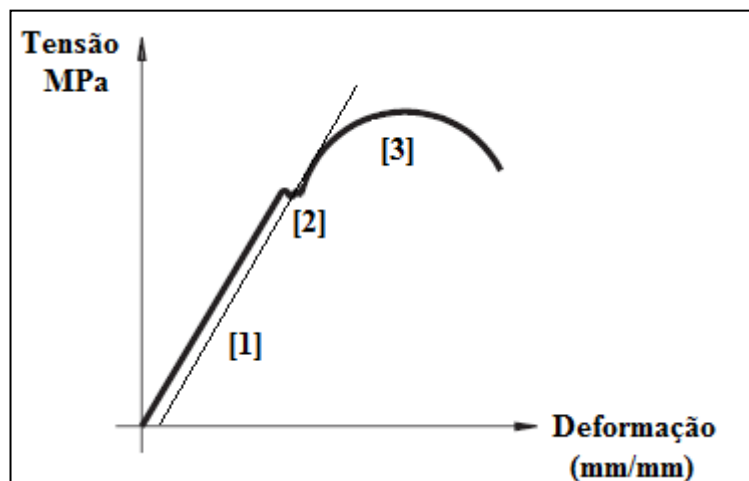
Aços com baixo teor de carbono, abaixo de 0,3%, são aplicados em situações que exigem ductilidade elevada, por exemplo arames, fios, chapas automobilísticas, perfis estruturais e placas utilizadas na fabricação de tubos, construção civil, pontes, latas de folhas-de-flandres e parafusos. O aço 1010 se encontra neste grupo, possuindo 0,1% de teor de carbono em sua composição (COSTA e SILVA, 1998).

Saber a classificação do aço e entender como a sua estrutura interfere nas propriedades mecânicas do material, é de suma importância, pois sabendo-as determina a melhor utilidade do material.

Para conhecer as propriedades mecânicas, ductilidade, fragilidade, resistência a tração, limite de escoamento, resiliência tenacidade, faz-se um ensaio de tração, que consiste em aplicar uma força uniaxial no material, alongando-o até o momento de sua fratura. O corpo de prova é fixado pelas suas extremidades nas garras de fixação da máquina de tração, a qual aplica uma carga gradativa e registra cada valor de força correspondente a um diferente tipo de alongamento do material. Ao termino do ensaio, que se dá na ruptura do material, é obtido um gráfico tensão x deformação (HIBBELER, 2000).

Tensão é uma força aplicada em uma determinada área, sendo esta, a variável responsável por gerar deformações no material, as quais podem ser elástica ou plástica. A deformação elástica desaparece com a retirada das tensões que a originaram, enquanto, a deformação plástica permanece no material. O módulo de elasticidade é uma propriedade intrínseca dos materiais, dependente de sua composição química. É um parâmetro mecânico que proporciona uma medida da rigidez do material sólido, e que é visivelmente vista no gráfico, por seguir a lei de Hooke [1]. Caso, tal lei, não seja atendida havendo um acréscimo de tensão o material, começa a sofrer deformações permanentes, momento denominado de limite de escoamento, cujo valor para aços com baixo teor de carbono, é obtido traçando uma reta paralela a partir da deformação plástica de 0,002 por unidade de comprimento [2]. Sendo possível, em seguida, observar a ductilidade [3], propriedade dos materiais que podem ser submetidos a grandes deformações antes da ruptura. Os

engenheiros escolhem materiais dúcteis para o projeto, pois são capazes de absorver choque ou energia e, quando sobrecarregados, exibem em geral, grande deformação antes de falhar. (HIBBELER, 2000). Tais conceitos podem ser observados na Figura 1.



Fonte: autor

Figura 1: Gráfico Tensão x Deformação

Para analisar o material internamente, tem-se a metalografia, que estuda a morfologia e a estrutura dos metais. O primeiro passo do ensaio é o corte de uma pequena parte do corpo de prova que deve ser representativa do material e ter um tamanho que permita sua manipulação, próxima a um  $\text{cm}^2$ . Com o exemplar em mãos realiza-se o embutimento que é usado principalmente para facilitar o manuseio e proteger o material durante o ensaio. Seguido, das etapas do lixamento, polimento e ataque químico, sendo o último, o responsável por realçar os contornos dos grãos, permitindo a identificação da estrutura no microscópio. (HIBBELER, 2000).

## 2. Objetivos

Realizar o ensaio de tração do aço 1010 e construir por meio da matriz de dados fornecido pelo ensaio, o gráfico tensão e deformação. Sendo este, interpretado por meio do ensaio metalográfico do corpo de prova, relacionando assim, a estrutura íntima do material com as suas propriedades mecânicas, observadas graficamente e constatadas através de cálculos.

## 3. Materiais e Métodos

### 3.1 Ensaio de Tração

O ensaio foi conduzido por meio da máquina eletromecânica universal WDW-100E III (SHIGIN), conectada por meio de sensores a um computador, responsável por gerar o gráfico tensão e deformação, além de criar a matriz de dados com os valores da força e deformação, aplicados no momento do ensaio. O corpo de prova, confeccionado de acordo com o formato e dimensão, da NBR 6152, foi acoplado nas garras da máquina, sendo em seguida tracionado até a sua ruptura.

A Figura 2, a seguir mostra a máquina e as garras responsáveis por tracionar o corpo de prova, no qual está acoplado o extensômetro, aparelho responsável por medir a deformação da amostra.



Fonte: autor

Figura 2: Ensaio de tração e deformação

Além destes equipamentos, usou paquímetro universal e micrometro universal de medição externa (0 ~ 25mm), para medir o dimensionamento do corpo de prova, antes e depois do ensaio, dados estes importantes para efetuar em seguida os cálculos referentes as propriedades mecânicas do material.

Para calcular as propriedade mecânica do material, usou as seguintes equações, cujas medidas foram usada no Sistema Internacional (SI):

Tensão de resistência – Equação (1)

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

Sendo:

$F$  - Força medida em Newtons (N)

$A$  - Área medida e metros (m)

Módulo de elasticidade - Equação (2):

$$\epsilon = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (2)$$

Sendo:

$\epsilon$  - Módulo de elasticidade (MPa);

$\sigma$  - Tensão aplicada (MPa);

$\epsilon$  - Deformação (mm/mm).

Deformação – Equação (3):

$$\epsilon = \frac{L-L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3)$$

Sendo:

$L$  - comprimento final

$L_0$ - comprimento inicial

Ductilidade (Porcentagem de alongamento) – Equação (4)

$$Al\% = \frac{L-L_0}{L_0} * 100 \quad (4)$$

Sendo:

$L$  = Comprimento no instante da ruptura;

$L_0$  = Comprimento inicial

### 3.2 Ensaio Metalográfico

Fez-se o corte de uma parte do corpo de prova ensaiado, com a cortadora metalográfica (AROTEC) [A]. Ao pressionar o corpo de prova, dentro da cortadora, contra o disco abrasivo retirou-se uma parte deste, sendo adicionada dentro da embudadora juntamente com a resina de baquelite para o embutimento (AROTEC) [B]. Após a sua retirada foi feito o lixamento empregando as lixas de granulometrias de 120, 300, 600 e 1200 *mesh* respectivamente, fazendo-se para isto, o uso da lixadeira (AROTEC) ALM-04 [C]. Depois do lixamento a amostra passou pelo polimento em uma politriz (AROTEC) AROPOL-VV-PUD onde foi pressionada contra o disco até verificar se a amostra não possuía mais riscos [D]. O último processo foi o ataque químico onde a peça foi inserida na solução de ácido nítrico e álcool etílico [E]. Em seguida, a amostra foi lavada em água corrente e seca no secador de cabelos à 180° C. Para finalizar, a peça foi analisada em microscópio [F]. Os maquinários descritos, podem ser visualizados na Figura 3, a seguir.



[A]



[B]



[C]



[F]



[E]



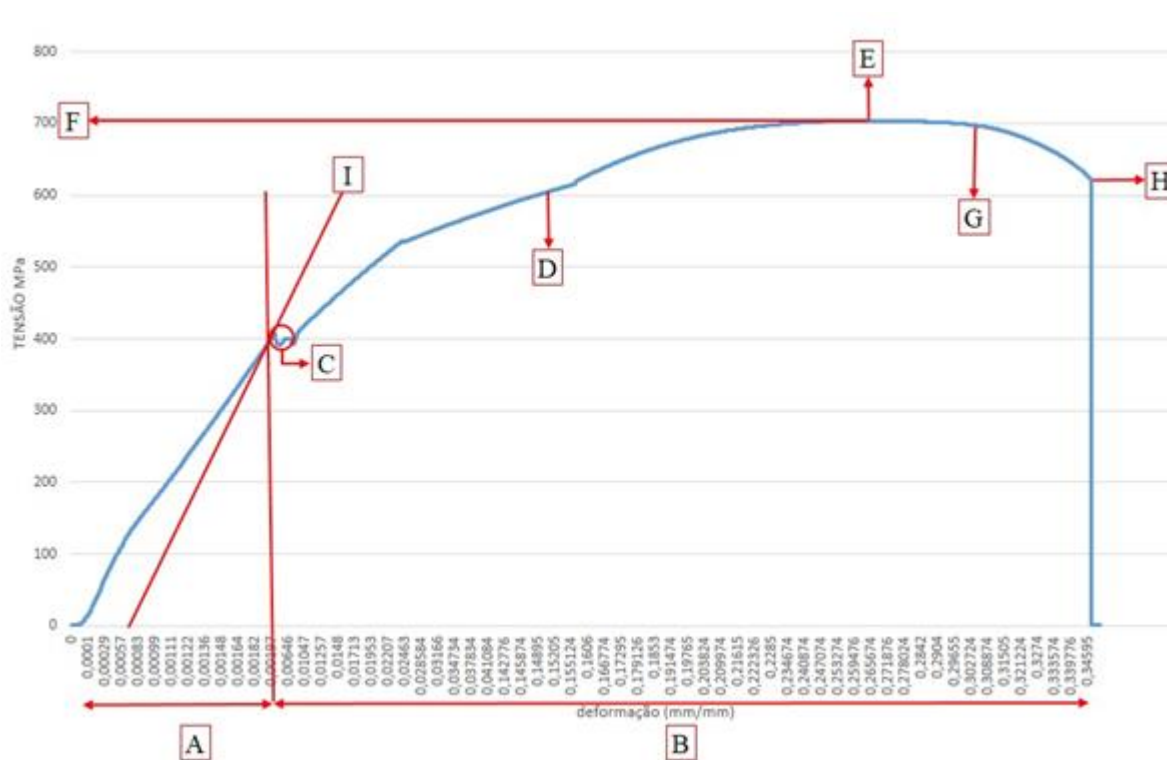
[D]

Fonte: autor

Figura 3- Esquema da sequência dos maquinários utilizados para realizar a metalografia do aço SAE 1010, usado no ensaio de tração.

#### 4. Resultados

A Figura 4, mostra o gráfico tensão x deformação, construído no *Excel* com a matriz de dados obtida no ensaio de tração. Enquanto, a Figura 5, apresenta o gráfico gerado pela EMIC, após a realização do ensaio.



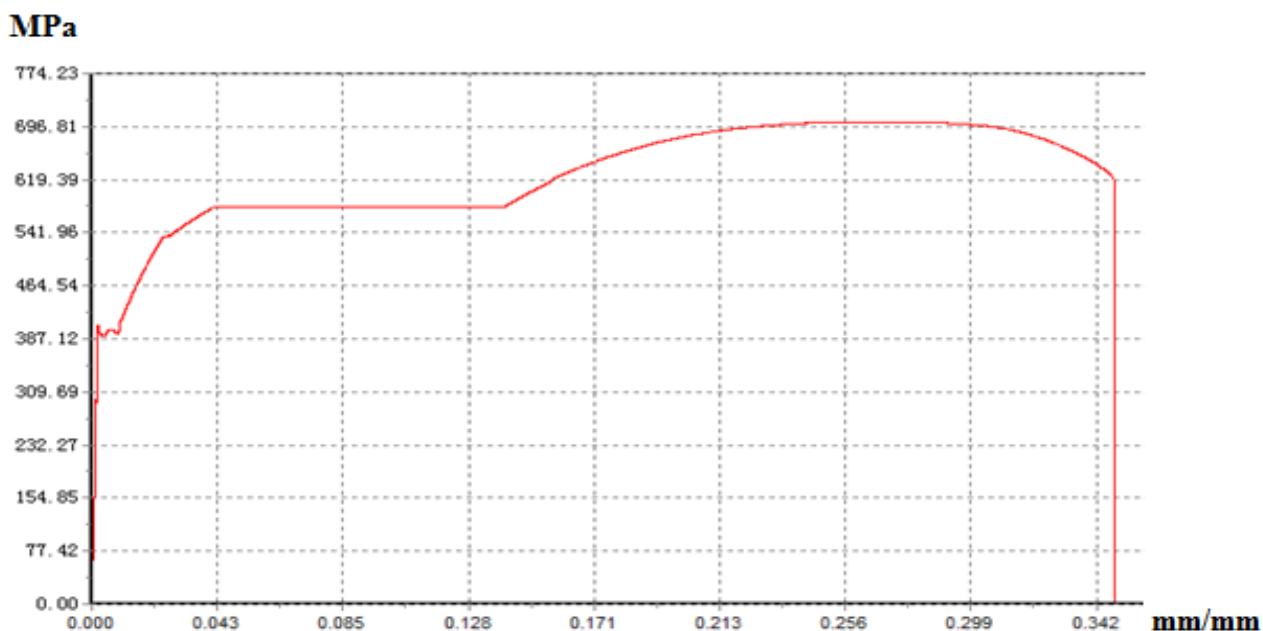
Fonte: autor

Figura 4- Gráfico tensão x deformação construído no *Excel* por meio da matriz de dados fornecida no ensaio de tração e identificado com as partes importantes para análise.

Legenda:



A – Zona Elástica, B – Zona Plástica, C – Região de Deslocamento de Discordância, D – Região de Encruamento Uniforme, E – Início de Ruptura, F – Limite de Resistência à Tração, G - Região de Encruamento Não Uniforme, H – Ruptura do Material, I – Limite de Escoamento.



Fonte: autor

Figura 5- Gráfico tensão x deformação obtido após o ensaio de tração

Observa-se que ao comparar os gráficos das Figuras 4 e 5, estes diferenciam-se minimamente nos valores da tensão e deformação. Sendo assim, pode-se notar que mesmo havendo manipulação da matriz de dados, através de cálculos, possibilitando por isso maior ocorrência de erros, foi possível criar o gráfico de tensão x deformação e analisá-lo, de igual forma ao obtido pelo maquinário.

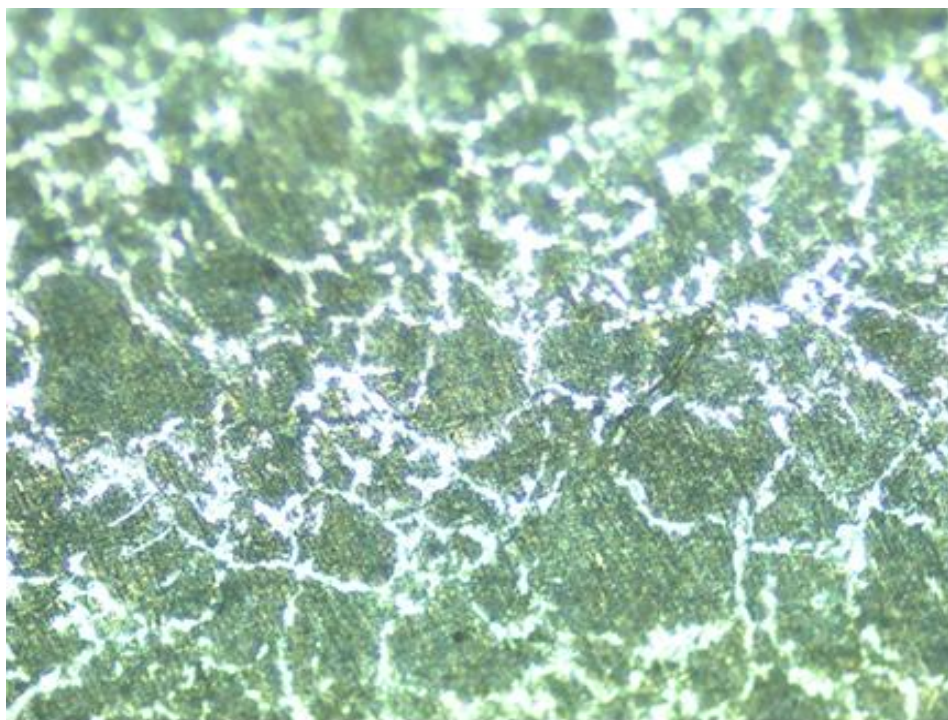
Através dos resultados fornecidos graficamente e por meio da medição do dimensionamento do corpo de prova, foi possível calcular as propriedades mecânicas do material, além de compará-los, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1- Compara os resultados das propriedades mecânicas obtidas pelo maquinário após o ensaio, e as manipuladas pela matriz de dados no *Excel*.

CONDIÇÕES	Módulo de elasticidade (GPa)	Ductibilidade %	Limite de escoamento (MPa)	Tensão de resistência (MPa)
Ensaio	224,523073	17,3	392,03	703,85
Matriz de dados	200,501763	35	396,09	676,09

Por meio da Tabela 1, nota-se que os valores obtidos após o ensaio, com os calculados a partir da matriz de dados, foram próximos, havendo uma discrepância entretanto, no valor da ductilidade, porcentagem do alongamento. Uma hipótese, para isto, foi na realização da metrologia do corpo de prova, cujas medições não foram precisas. No entanto, os demais valores aproximaram-se, comprovando que a utilização das fórmulas foram eficientes para calcular os módulos das propriedades mecânicas do material.

A Figura 6, a seguir mostra a imagem metalográfica realizada com a amostra do aço SAE 1010, utilizado no ensaio de tração. Por meio desta, pode-se observar a presença de carbono, que são visualizadas nas partes escuras da imagem.



Fonte: autor

Figura 6- Imagem metalográfica do aço SAE 1010.

A concentração de carbono no material reflete diretamente nas propriedades mecânicas calculadas, pois quanto menor a quantidade de carbono presente no aço, menor a aplicação de tensões para deformar o material, tornando-o dúctil, propiciando assim, melhor trabalhabilidade, quando comparado a outras ligas, com maior porcentagem de carbono na composição do aço.

Sendo assim, o teor de carbono possui influência significativa na usinabilidade, pois é um fator que reflete na dureza e resistência mecânica do material, devendo portanto, ser rigorosamente monitorado nas aciarias a sua porcentagem na composição do aço.

## **5. Conclusões**

Conclui-se que a matriz de dados obtida no ensaio de tração, manipulada adequadamente por meio das equações, gerou valores semelhantes aos fornecidos pelo maquinário, após o ensaio. Além disso, pode-se relacionar que a estrutura interna do material, formada pela ligação ferro e carbono do aço, influencia diretamente nas propriedades mecânicas do material. E devido ao aço SAE 1010, apresentar baixo teor de carbono, em relação a aços como 1020 e 1045, necessita de menor aplicação da tensão para deformá-lo, tornando-se assim, um material com boa trabalhabilidade e por isso tão aplicado como matéria-prima na indústria metal-mecânica.

## **6. Referências**

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Materiais metálicos. Determinação das Propriedades Mecânicas à Tração – Método de Ensaio (NBR-6152). Rio de Janeiro, 1992

COSTA E SILVA, A. L. e MEI, P. R. Aços e ligas especiais. Sumaré, SP. ELETROMETAL Metais Especiais, 1998

HIBBELER, R.C. Resistência dos Materiais, 3.º Ed., Editora Livros Técnicos e Científicos, 2000.

PANNONI. D. Aços Estruturais, 22 (2002)