

ESTUDO DA MORFOLOGIA E DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO 1010

ESTUDIO DE LA MORFOLOGIA Y DE LAS PROPIEDADES MECÂNICAS DEL ACERO 1010

STUDY OF THE MORPHOLOGY AND MECHANICAL PROPERTIES OF 1010 STEEL

Leonardo Alves da Conceição*

Lacalvesl@hotmail.com

Ricardo Marra Antunes*

marra.antunes@gmail.com

Carlos Antônio da Silva Costa*

carlosantonio@id.uff.br

Ítalo Lázaro Aparecida*

italolazaro@hotmail.com

Allyson Vieira da Luz e Silva*

Allyson.vr@hotmail.com

Alex Noronha da Silva*

Noronha4100@gmail.com

Lucas Ferreira Matos*

lucasfmatos@gmail.com

Ricardo de Freitas Cabral*

ricardo.cabral@foa.org.br

* Mestrado Profissional em Materiais, Centro Universitário de Volta Redonda. RJ – Brasil

Resumo Resumen Abstract

Durante anos os aços são estudados pelos seres humanos com os mais variados objetivos. Sua vasta aplicação motiva a obter evoluções em suas estruturas, ou seja, por necessidade ou interesse em aprimorar os conceitos conhecidos e estabelecidos. Este estudo tem o objetivo de demonstrar como se comporta o SAE 1010 Modificado, um aço de baixo teor carbono que contém o percentual em peso de 1% de Manganês e 0,034% de Nióbio. Nesta pesquisa, foram realizadas as caracterizações de Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), sob elétrons secundários, ensaio de tração e ensaio de dureza Rockwell. Este material apresentou excelentes propriedades mecânicas e micro estruturais com tensão de escoamento de 467 MPa e uma tensão máxima de 529 MPa, dureza média de 82 HRB, e uma microestrutura bem definida e refinada.

PALAVRAS CHAVE: Nióbio, SAE 1010, caracterização do aço, ensaio de tração.

...

Durante años los aceros son estudiados por los seres humanos con los más variados objetivos. Su vasta aplicación motiva a obtener evoluciones en sus estructuras, o sea, por necesidad o interés en perfeccionar los conceptos conocidos y establecidos. Este estudio tiene el objetivo de demostrar cómo se comporta el SAE 1010 Modificado, un acero de bajo contenido de carbono que contiene el porcentaje en peso del 1% de Manganese y el 0,034% de Niobio. En esta

investigación, se realizaron las caracterizaciones de Microscópico Electrónico de Barrido (MEV), bajo electrones secundarios, ensayo de tracción y ensayo de dureza Rockwell. Este material presentó excelentes propiedades mecánicas y micro estructurales con tensión de flujo de 467 MPa y una tensión máxima de 529 MPa, dureza media de 82 HRB, y una microestructura bien definida y refinada.

PALABRAS CLAVE: Niobio, SAE 1010, caracterización del acero, ensayo de tracción.

...

For years, steels are studied by human beings with the most varied objectives. Its wide application motivates to obtain evolutions in its structures, that is, by necessity or interest in improving the known and established concepts. This study aims to demonstrate how the Modified SAE 1010 behaves, a low carbon steel containing the percentage by weight of 1% of Manganese and 0.034% of Niobium. In this research, the Characterization of Electronic Scanning Electron Microscopy (SEM), under secondary electrons, tensile test and Rockwell hardness test were performed. This material presented excellent mechanical and micro structural properties with a yield stress of 467 MPa and a maximum tension of 529 MPa, average hardness of 82 HRB, and a well defined and refined microstructure.

KEYWORDS: Niobium, SAE 1010, characterization of steel, tensile test.

I. Introdução

O aço é uma liga ferro carbono, podendo conter outros elementos de liga adicionados intencionalmente ou não, de forma a alterar as propriedades físicas e químicas do mesmo. A literatura admite um teor de até 2% de carbono (diagrama ferro-carbono), sendo comercialmente encontrado com até 1% (MIRIM, 2011, p. 112).

Como exemplo de outros elementos, pode-se citar o manganês, silício, cobre, cromo, níquel, nióbio, vanádio e titânio comumente adicionados. O enxofre e o fósforo costumam ser elementos residuais indesejados encontrados na composição química. Esses elementos são oriundos principalmente do minério de ferro e do coque, matérias primas do processo de redução no alto forno (CABRAL *et al*, 2018, p. 10-17).

A denominação SAE advém das normas da Society of Automotive Engineers – USA. Esta entidade se propõe a normalizar materiais utilizados na indústria automotiva. A classificação/codificação criada para caracterizar materiais metálicos foi amplamente difundida pelo mundo, tendo sido utilizadas como referência inclusive por outras entidades normativas como, por exemplo, a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (CABRAL *et al*, 2018, p. 10-17). Os aços, conforme sua composição química pode ser classificada em aços baixo, médio e alto teor de carbono, e ainda aços ligados ou aços ao carbono comum (CHIAVERINI, 2008).

O aço carbono é o mais utilizado pela humanidade, por conta da abundância em matéria prima, pelo preço e características físicas e químicas. Dentre os aços, o mais comum, é o que possui 0,1% de carbono, pela facilidade de fabricação, soldagem, características mecânicas entre outros (OLIVEIRA, 2015, p. 73-82).

Aços de baixo carbono podem ser usados na indústria automobilística, perfis de uso geral e estrutural, barras para reforço de concreto armado, vergalhões e outras aplicações.

Possuem ótima tenacidade, ductilidade, usinabilidade e soldabilidade (OLIVEIRA, 2015, p. 73-82).

A adição do elemento Nióbio tem como propósito principal refinar os grãos, promovendo uma estrutura mais homogênea, aumentando a resistência e tenacidade do aço (NISHIOKA; ICHIKAWA, 2012, p.20).

O manganês presente no aço como elemento de liga reduz a temperatura crítica e o teor de carbono no ponto eutetóide, diminui também a temperatura de transição para a zona frágil se contido os teores de 1% ou acima. Em concentrações de 0,6% começa a se manifestar como elemento de liga e se torna eficaz como neutralizador do enxofre a partir de 0,30% a 0,35%. Teores acima de 1% tornam sensíveis a fissuras por processos de soldagem. Retarda o processo de transformações austeníticas. O manganês é utilizado em estruturas por conferir alta resistência ao aço (OLIVEIRA, 2015, p. 73-82).

O objetivo deste estudo foi o de a caracterização química, morfológica e mecânica de uma amostra de aço SAE 1010. Para isso foram realizados as análises químicas, de microscopia óptica e eletrônica e os ensaios mecânicos de dureza e tração.

II. Metodologia

Com exceção do espectrômetro ARL utilizado para a determinação da composição química, todos os equipamentos utilizados são de propriedade do Centro Universitário de Volta Redonda. Realizou-se o preparo da amostra inicialmente com o corte do material na Cortadora Metalográfica Teclago C M40, com objetivo de se obter uma fração do material a ser analisado. Em seguida a amostra foi inserida na Embutidora Metalográfica Teclago EM 30D e sobre a amostra foi adicionada resina (baquelite) com pressões de 80 kgf/cm² a 120 kgf/cm² e temperatura de 160 graus Celsius com o objetivo da amostra ficar fixa e permitir os demais ensaios. Após o processo de embutimento a amostra é lixada e polida na Lixadeira Metalográfica Arotec com lixas de carbeto de silício com granulometrias 220, 320, 400, 600, 1000, 1200 e 1500 e submetida ao polimento com pasta de alumina na Politriz Metalográfica Arotec com objetivo de se obter um espelhamento da amostra. Na próxima etapa a amostra recebe um ataque químico de ácido nítrico e etanol descrito como Nital 2% ficando submersa na solução por 3 segundos com objetivo de revelar os contornos de grãos a serem visualizados no MEV. Em seguida realizou-se o teste de dureza Rockwell no equipamento Durômetro Pantec modelo RASN-RS.

Submeteu-se também o corpo de prova ao ensaio de tração no equipamento Máquina de tração EMIC modelo DL 10000 com capacidade máxima de 100KN com objetivo de obter os valores das propriedades mecânicas que o material possui (tensões de escoamento e de ruptura).

Após ruptura do corpo de prova realizou a verificação do tipo de fratura no Microscópio Eletrônico por Varredura (MEV) Hitachi modelo TM3000 de elétrons secundários.

III. Fundamentação Teórica

III.I. Composição Química

A composição química da amostra foi determinada via espectrômetro de emissão ótica, marca ARL modelo iSpark. Os resultados encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Composição química do aço 1010

COMPOSIÇÃO QUÍMICA (%)								
S	P	Cu	Ni	Cr	Sn	Nb	N*	Aço
0,004	0,024	0,000	0,003	0,019	0,010	0,034	56	1010

*O valor do elemento Nitrogênio(N) é apresentado em partícula por milhão (ppm).

Fonte: Os autores.

III.II. MEV

O MEV utilizado foi da marca Hitachi, modelo TM3000, com capacidade de ampliação de até 30.000x, com tensão de 5 kV. Antes de iniciar cada análise, faz-se necessário criar vácuo para retirada das impurezas. O ensaio foi realizado com dois corpos de prova, uma amostra embutida e uma amostra fraturada, onde ambas foram analisadas por um detector de elétrons secundários.

III.III. Ensaio de tração

O procedimento consistiu na medição do corpo de prova, como descrito na tabela 2 abaixo. A área transversal da amostra possui 81,20 mm². Após esta etapa, foi realizado o ensaio na máquina de tração EMIC modelo DL 10000 equipado com célula de carga de 100KN. O corpo de prova foi posicionado nas garras da máquina e foi aplicada tração até a ruptura do mesmo, com uma taxa de carregamento de 3mm/min.

Tabela 2: Dimensões do corpo de prova em mm

CP		
Medida	Largura (mm)	Espessura (mm)
1°	20,00	4,10
2°	20,10	4,00
Média (mm)	20,05	4,05
Área (mm ²)	81,20	

Fonte: os autores.

Dos Santos (2017) , cita que tensão de resistência e deformação, são definidas pelas equações 1, de tensão e 2, de deformação:

$$\sigma = F/A \quad (1)$$

Sendo:

F - Força medida em Newtons (N)

A - Área medida em milímetros (mm)

$$\varepsilon = (L - L_0)/L_0 = \Delta L/L_0 \quad (2)$$

Sendo:

L - Comprimento final (atingido no momento da ruptura)

L₀ - Comprimento inicial (tamanho inicial antes de aplicar a carga)

III.IV. Dureza Rockwell

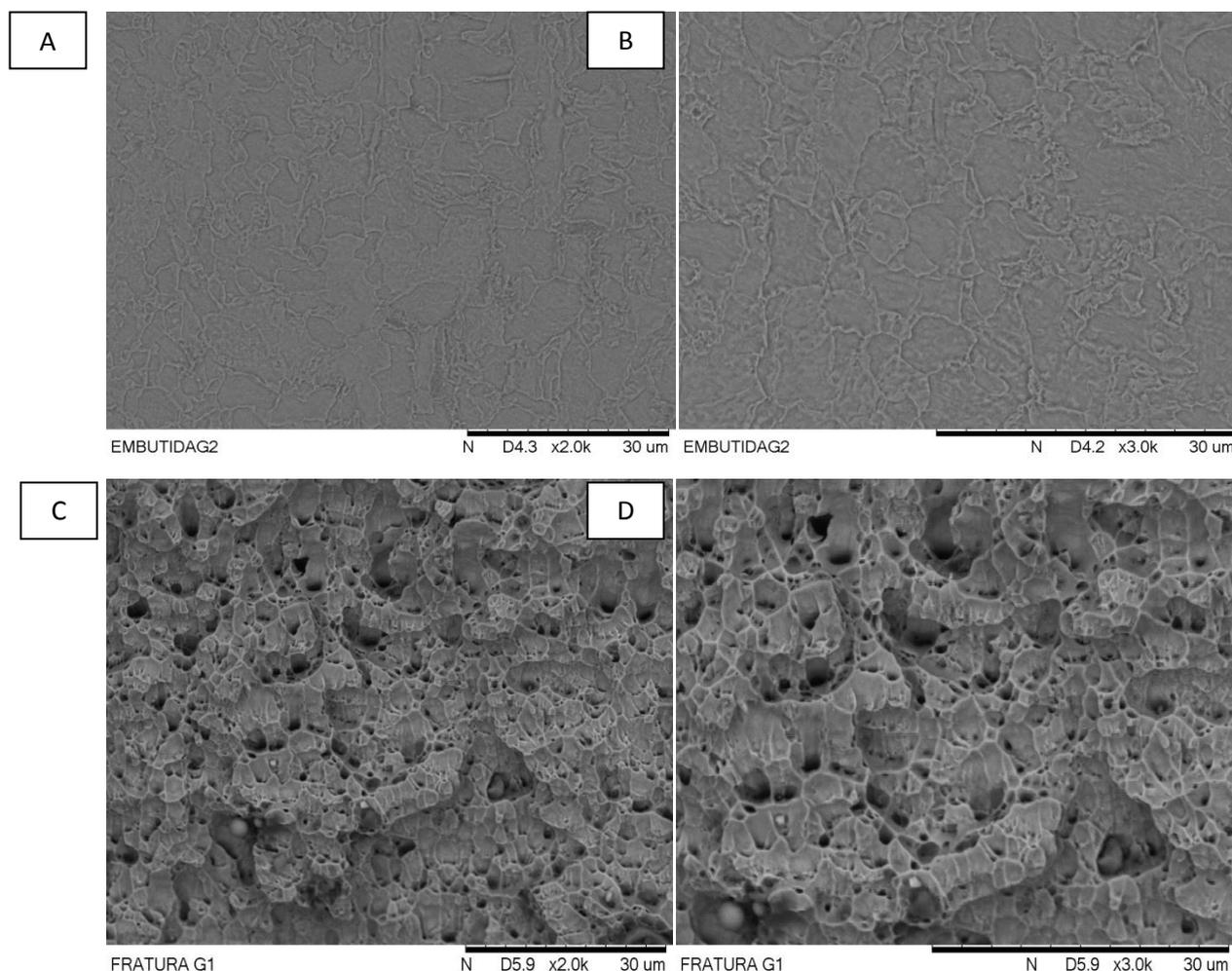
Foi utilizado o equipamento Durômetro Pantec modelo RASN-RS, que utiliza contrapesos. Para iniciar o teste, aplica-se uma pré-carga de 10kgf na amostra, por 15s. Após isso, aplica a carga de 100kgf na amostra, com penetrador de 1/16" de aço temperado. Foram realizados três medidas na mesma amostra.

IV. Resultados e Discussão

IV.I. MEV

As amostras embutidas Figura 1 (a) e (b) apresentam em sua morfologia a estrutura ferrita e perlita e os contornos de grãos bem definidos. Por outro lado, nas amostras fraturadas da Figura 1 (c) e (d) apresentaram muitos contornos de grãos, que tem como características de um material dúctil. Também, antes da ruptura apresenta milhares de vales acentuados, sinal que não há fratura frágil. Nas duas avaliações realizadas pelo MEV (Figura 1) observa-se como o nióbio e o alto manganês influenciam nos contornos e na morfologia do material, este fato também foi observado no trabalho de Dos Santos (2017).

Figura 1. MEV SAE 1010 com 0,034% de Nióbio e 1% de Manganês: (a) e (b) Embutidas com aumento de 2000X e 3000X, respectivamente e (c) e (d) são as Fraturadas com aumento de 2000X e 3000X, respectivamente.



Fonte: Os autores.

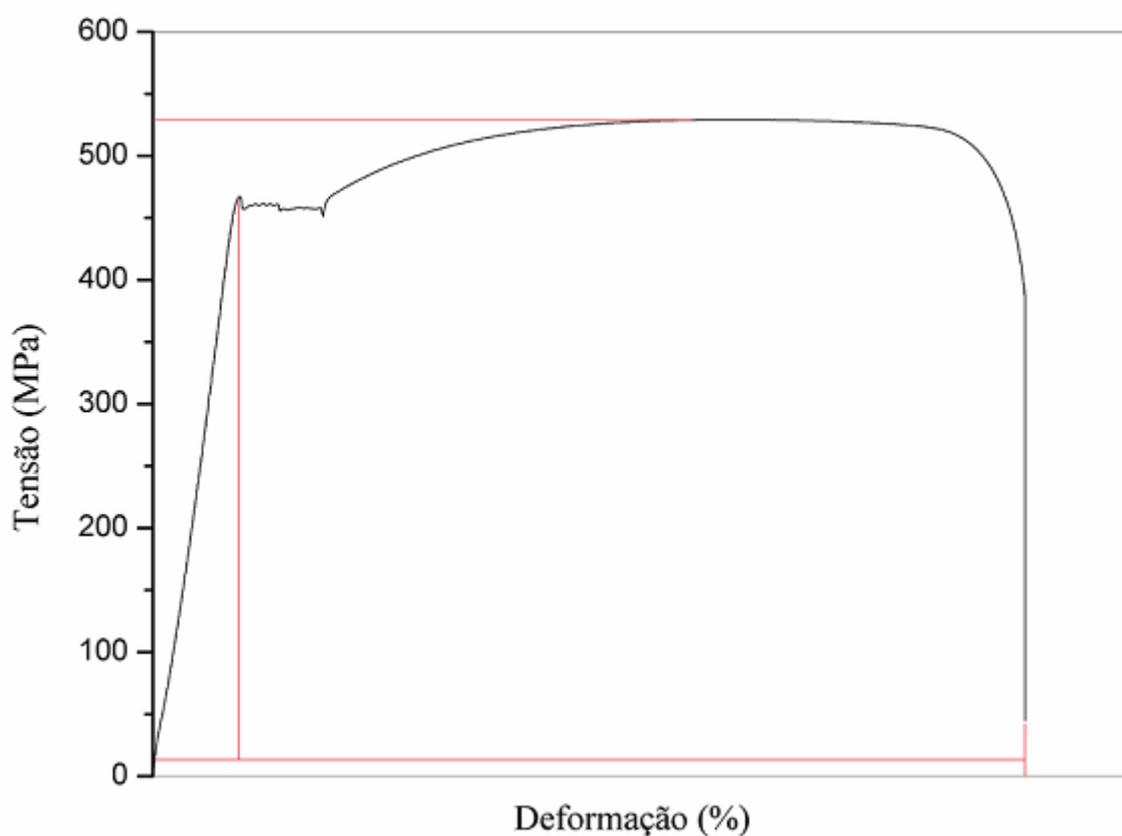
IV.II. Ensaio de tração

Durante o ensaio de tração o material se caracteriza tendo uma tensão de escoamento 467 MPa e suporta uma tensão máxima de 529 MPa. Os valores de limite de escoamento (σ_y), deformação (ΔL) e resistência à tração (σ_t), para cada corpo de prova, foram obtidos realizando-se ensaios de tração, como apresentado no Figura 2.

Verificou-se que os resultados da Figura 2 apresentaram os valores superiores aos obtidos por Dos Santos, (2017) e Zaiden (2010) no aço comum SAE 1010. Usando as pesquisas citadas, podemos demonstrar no gráfico algumas regiões tais como, (a) região elástica, (b)

região plástica, (c) região de encruamento, (d) resistência a tração máxima e (e) ruptura da amostra.

Figura 2. Resultados do ensaio de tração



Fonte: Os autores (2018).

Com os ensaios realizados nota-se um grande aumento nas propriedades mecânicas comparando com os aços sem adição de Nióbio e elevado Manganês. Valores encontrados por Serighelli (2016) em seus ensaios com três corpos de prova de um aço comum SAE 1010 apresentam uma tensão de escoamento de 381MPa e uma tensão de ruptura de 427MPa. Outro comparativo é um dos maiores fabricantes de aço no país a empresa ArcelorMittal seguindo a norma SAE J1397 MAI/92, possui para o aço SAE 1010 comum laminado uma tensão de escoamento de 180MPa e tensão de ruptura 320MPa e o trefilado com tensão de escoamento de 300MPa e 370MPa para a sua tensão de ruptura.

IV.III. Ensaio de tração

Foram realizados três ensaios de dureza Rockwell, com valores obtidos de 81 HRB, 82 HRB e 83 HRV.

O valor médio de dureza HRB encontrado é de 82HRB e desvio padrão de ± 1 HRB, valor acima do normal devido ao refino dos grãos pela adição de nióbio e ao alto manganês que aumentam consideravelmente a dureza e resistência ao desgaste. Comparado ao aço AISI/SAE 4140 sob diversos tratamentos térmicos diferentes que apresenta dureza máxima de 63 HRC segundo Rasma (2015). Outro comparativo é o aço ABNT 1045 que segundo Martins (2002), apresenta uma dureza muito elevada na superfície externa 57 HRC.

V. Considerações Finais

A análise química realizada demonstrou que a amostra foi produzida com aço baixo carbono (C = 0,09%), similar a faixa de carbono do SAE 1010. Porém a amostra não pode ser classificada como SAE 1010 em função do Manganês apresentado ser 1% (o manganês do SAE 1010 deve variar de 0,30 a 0,60%). Houve adição intencional de manganês neste aço certamente para elevar as propriedades mecânicas do mesmo.

Em função dos valores dos elementos residuais serem baixos (Cobre, níquel, cromo e estanho), assim como o nitrogênio, pode-se afirmar que o processo de produção do aço foi via conversor LD, utilizando gusa / minério de ferro como matéria prima principal.

As imagens da fratura sugerem uma fratura típica de ensaio de tração, sem orientação preferencial.

Com relação às propriedades mecânicas, percebe-se no ensaio de tração que a amostra possui limites de escoamento e resistência extremamente elevados para aços baixo carbono de 467 e 529 MPa, respectivamente. Certamente este fato está relacionado com o alto teor de manganês da amostra, que é um elemento endurecedor dos aços.

Esta última observação pode ser atribuída também ao teste de dureza, pois os valores obtidos foram superiores ao do aço 1010 em função do manganês presente.

Referências

CABRAL, R.F.; NEVES, A.S.; SICHÍ, A.; RAMOS JÚNIOR, A.C.; DA SILVA JÚNIOR, C.D.; REIS, G.; LOVATI, K.G.; DE SOUZA, V. Caracterização mecânica e microestrutural de um aço com baixo teor de carbono – SAE 1010. Revista Teccen. Jan./Jun., p. 10-17, 2018.

CHIAVERINI, V. Aços e Ferros fundidos. 7ª ed. São Paulo, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2008

DOS SANTOS, P.S.B.; LIMA, A.V.F.; GARCIA, B.; MARQUES, C. Z.; GANDRA, C. J.; NAITZKE, D.A.C.C.;

SOUZA, S.L.; SCARPIN, L.M. Ensaio de tração e metalográfico do aço SAE 1010. Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v.02,n. 01, p.59-69, jan./ago. 2017.

MARTINS, Marcelo. Temperabilidade Jominy e influência do revenido sobre a dureza: um estudo dos aços estruturais nacionais. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MIRIM, D.C. Investigação da Tensão Residual na

Soldagem Laser Entre o Aço Carbono AISI 1010 e o Aço Inoxidável AISI 304. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais), AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo, 2011.

NISHIOKA, K.; ICHIKAWA, K.; Progress in thermomechanical control of steel plates and their commercialization. National Institute for Materials Science and Technology of Advanced Materials, v. 13, n 2, 2012.

OLIVEIRA, M.R.; JUNIOR, A.R.P.; RAIMUNDO, E.A.; JUNIOR, L.G.V.; ROSA, J.L.; Análise microestrutural em chapas de aço com teor crescente de carbono, soldadas pelo processo gmaw. Reget - Revista de Gestão&Tecnologia, p.73-82, 2015.

RASMA, E.T. Caracterização estrutural e mecânica do aço AISI/SAE 4140 tratado sob diferentes tratamentos térmicos. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - UENF, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes-RJ, 2015

SERIGHELLI, P.H.G., JOSÉ, D.R., TURRA, C.J. Método numérico para a determinação do módulo de tenacidade de materiais a partir de ensaios de tração, 14 a 17 de setembro, 2016, Instituto Federal Catarinense (IFC), 5 p.

ZAIDEN, A.R., PETTERSEN, L.P., OLIVEIRA, S.G. Ensaios Mecânicos de Metais. Universidade Federal de Uberlândia Faculdade de Engenharia mecânica, 2010.

Recebido em: 05/06/2019

Aceito em: 25/08/2019

Endereço para correspondência:

Leonardo Alves da Conceição

lcalves@hotmail.com



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)