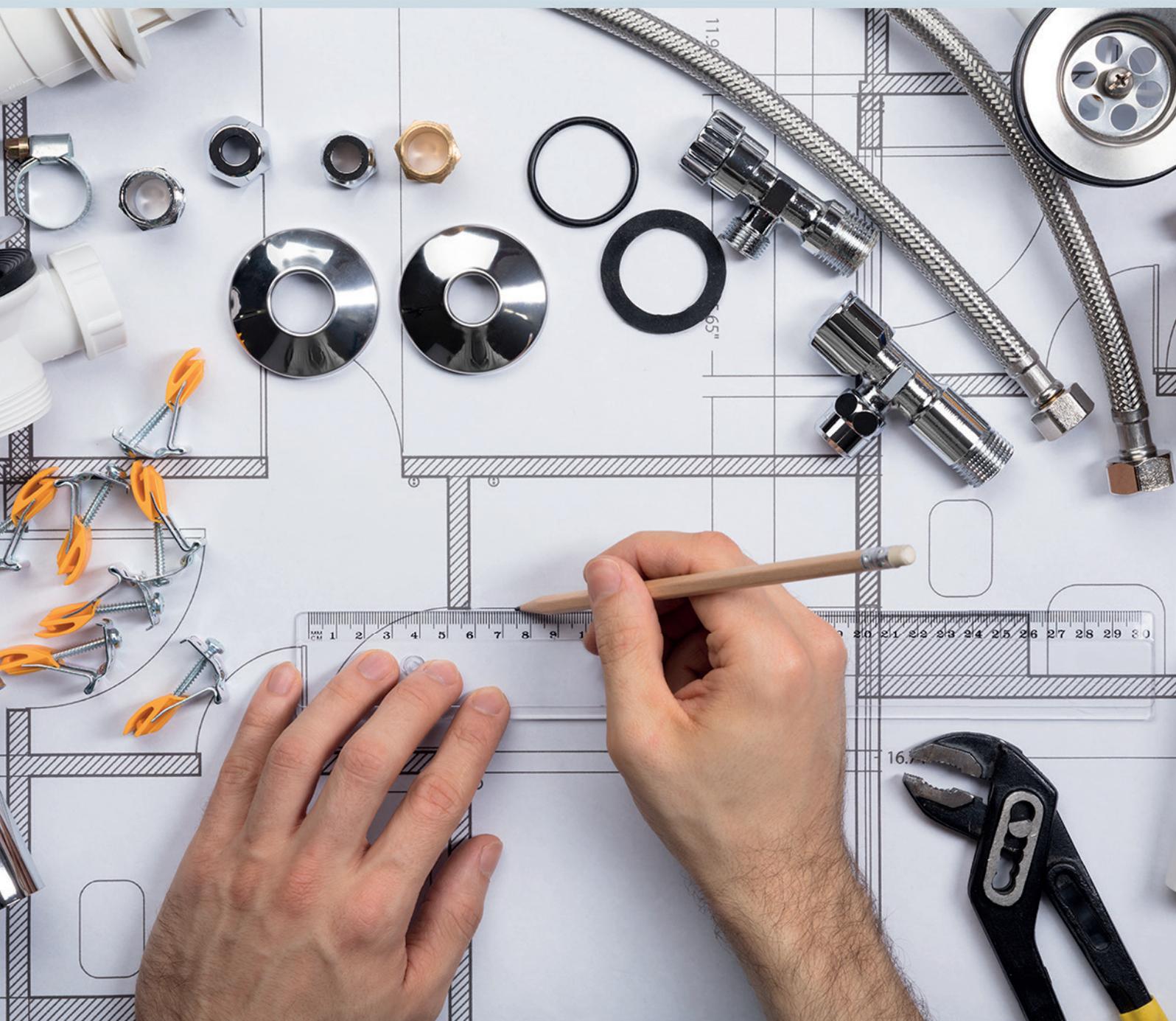


Ciência e Engenharia de Materiais

2

Marcia Regina Werner Schneider Abdala
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2018

MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA

(Organizadora)

Ciência e Engenharia de Materiais

2

Atena Editora

2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e engenharia de materiais 2 [recurso eletrônico] / Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Ciência e Engenharia de Materiais; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-63-5

DOI 10.22533/at.ed.635183010

1. Engenharia. 2. Materiais I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.11

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Você já percebeu a importância dos materiais na sua vida diária? Os materiais estão provavelmente mais imersos na nossa cultura do que a maioria de nós imagina. Diferentes segmentos como habitação, saúde, transportes, segurança, informação/comunicação, vestuário, entre outros, são influenciados em maior ou menor grau pelos materiais.

De fato a utilização dos materiais sempre foi tão importante que os períodos antigos eram denominados de acordo com os materiais utilizados pela sociedade primitiva, como a Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro, etc.

A humanidade está em constante evolução, e os materiais não são exceções. Com o avanço da ciência e da tecnologia a cada dia surgem novos materiais com características específicas que permitem aplicações pormenorizadas e inovação nas mais diferentes áreas.

Todos os dias centenas de pesquisadores estão atentos ao desenvolvimento de novos materiais e ao aprimoramento dos existentes de forma a integrá-los em tecnologias de manufatura economicamente eficientes e ecologicamente seguras.

Estamos entrando em uma nova era caracterizada por novos materiais que podem tornar o futuro mais fácil, seguro e sustentável. O campo da Ciência e Engenharia de Materiais aplicada está seguindo por novos caminhos. A iminente escassez de recursos está exigindo inovações e ideias criativas.

Nesse sentido, este livro evidencia a importância da Ciência e Engenharia de Materiais, apresentando uma coletânea de trabalhos, composta por quatro volumes, que permitem conhecer mais profundamente os diferentes materiais, mediante um exame das relações entre a sua estrutura, as suas propriedades e o seu processamento.

Considerando que a utilização de materiais e os projetos de engenharia mudam continuamente e que o ritmo desta mudança se acelera, não há como prever os avanços de longo prazo nesta área. A busca por novos materiais prossegue continuamente...

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CARBETO DE VANÁDIO NA MOAGEM E NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO AISI 52100, PRODUZIDO POR METALURGIA DO PÓ	
<i>Leandra Fernandes de Oliveira</i>	
<i>Bruna Horta Bastos Kuffner</i>	
<i>Daniela Sachs</i>	
<i>Gilbert Silva</i>	
<i>Geovani Rodrigues</i>	
CAPÍTULO 2	12
INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DO PROCESSO DE SOLDAGEM INNERSHIELD NAS CARACTERÍSTICAS DA SOLDA DE UM AÇO ESTRUTURAL ASTM – A36	
<i>Waldemir dos Passos Martins</i>	
<i>Paulo Victor Cunha Caetano</i>	
<i>Valdemar Silva Leal</i>	
<i>Valter Alves de Meneses</i>	
CAPÍTULO 3	25
CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DO AÇO INOXIDÁVEL 17-4 PH NITRETADO UTILIZADO NA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO E GÁS	
<i>Ane Caroline Celestino Silva</i>	
<i>Lucas da Silva Vicente</i>	
<i>Christian Egídio da Silva</i>	
<i>Cristina de Carvalho Ares Elisei</i>	
<i>Cirlene Fourquet Bandeira</i>	
<i>Sérgio Roberto Montoro</i>	
CAPÍTULO 4	32
PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM AÇO BAIXO CARBONO APÓS PROCESSO DE DEFORMAÇÃO PLÁSTICA	
<i>Vanessa Moura de Souza</i>	
<i>Vinicius Martins</i>	
CAPÍTULO 5	43
COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DAS MATRIZES METÁLICAS DO SISTEMA FE-CU-NB OBTIDAS POR Prensagem a quente	
<i>Hellen Cristine Prata de Oliveira</i>	
<i>Marcello Filgueira</i>	
CAPÍTULO 6	58
ESTUDO DO EFEITO DA VIBRAÇÃO NA SOLIDIFICAÇÃO DA LIGA 356.0	
<i>Laura Ferrazza Kirch</i>	
<i>Amanda Yuki Shimosaka</i>	
<i>Dalmarino Setti</i>	
CAPÍTULO 7	65
ESTUDO SOBRE O PROCESSO DE SINTERIZAÇÃO DAS MATRIZES METÁLICAS DE FE-CU-25%NB E FE-CU-25%CO DURANTE A Prensagem a quente	
<i>Hellen Cristine Prata de Oliveira</i>	
<i>Adriano Corrêa Batista</i>	
<i>Luis Guerra Rosa</i>	
<i>Paulo Santos Assis</i>	

CAPÍTULO 8	84
TRANSIÇÃO OBSERVADA ENTRE OS MODOS DE DESGASTE MICRO-ABRASIVO POR “RISCAMENTO” E POR “ROLAMENTO” EM WC-CO P20 E AÇO-FERRAMENTA M2	
<i>Ronaldo Câmara Cozza</i>	
CAPÍTULO 9	92
ANÁLISE DA DUREZA E MICROESTRUTURA DO AÇO ABNT 1045 APÓS TÊMPERA E REVENIMENTO	
<i>João Paulo Montalván Shica</i>	
<i>Matheus Henryque Almeida e Silva</i>	
CAPÍTULO 10	105
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA PERDA DE RIGIDEZ SOBRE AS FREQUÊNCIAS NATURAIS DE PLACAS DE ALUMÍNIO	
<i>Pietro Olegário da Silva</i>	
<i>Adriana Amaro Diacenco</i>	
CAPÍTULO 11	118
ANÁLISE DA MICRODUREZA E CORROSÃO NO PROCESSO DE SOLDAGEM GMAW NA CHAPA DE AÇO DOBRADA TIPO U	
<i>Josemairon Prado Pereira</i>	
<i>Gilberto de Magalhães Bento Gonçalves</i>	
CAPÍTULO 12	129
ANÁLISE DO CICLO TÉRMICO DE UM AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA BAIXA LIGA UTILIZANDO MÉTODO DIRETO E EQUAÇÕES DE SOLDAGEM	
<i>Thyálita Coêlho Moreira Mousinho</i>	
<i>Thaís Spíndola Garcêz</i>	
<i>José Francisco dos Reis Sobrinho</i>	
<i>Nelson Guedes de Alcântara</i>	
CAPÍTULO 13	138
MICROFURAÇÃO COM LASER PULSADO ND:YAG EM CHAPAS DE AÇO INOXIDÁVEL AISI 316L	
<i>Dair Ferreira Salgado Junior</i>	
<i>Vicente Afonso Ventrella</i>	
<i>Juno Gallego</i>	
CAPÍTULO 14	153
ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE LÂMINAS DE SERRA NO CORTE DA MADEIRA COM APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS	
<i>Daniel Villas Bôas</i>	
<i>Elder Jesus Lima Machado</i>	
<i>Vanessa Ferreira Neves</i>	
CAPÍTULO 15	160
O EFEITO DE DIFERENTES TIPOS DE HOMOGENEIZAÇÃO SOBRE O COMPORTAMENTO EM DEFORMAÇÃO A FRIO DAS LIGAS TI-35NB E TI-35NB-0,15SI	
<i>Késia Filadélfia Dionizio Silva Ramos</i>	
<i>Helton José Rodrigues Cabral</i>	
<i>Reinan Tiago Fernandes dos Santos</i>	
<i>Wilton Walter Batista</i>	
CAPÍTULO 16	173
LIGA DE MAGNÉSIO AZ91D: AVALIAÇÃO DA BIODEGRABILIDADE E DO COMPORTAMENTO MECÂNICO	
<i>Ronaldo Veronês Nascimento</i>	
<i>Ângela Beatriz Coelho Arnt</i>	
<i>Marcio Roberto da Rocha</i>	
<i>Steferson Luiz Stares</i>	

CAPÍTULO 17	184
INFLUÊNCIA DO PH E DO TEMPO DE IMERSÃO NA SILANIZAÇÃO JUNTO DE TANINOS PARA PROTEÇÃO ANTICORROSIVA DE AÇOS GALVANIZADOS	
<i>Bruno Pienis Garcia</i> <i>Álvaro Meneguzzi</i>	
CAPÍTULO 18	194
A NEW PROCEDURE TO DETERMINE THE PERMITTIVITY OF RADAR ABSORBING MATERIALS	
<i>Tamara Indrusiak Silva</i> <i>Iaci Miranda Pereira</i> <i>Jorge A. Mitrione Souza</i> <i>Marbey Manhães Mosso</i> <i>Ângelo M. Leite Denadai</i> <i>Jéferson Gomes da Silva</i> <i>Alan Reis de Oliveira</i> <i>Bluma Guenther Soares</i>	
CAPÍTULO 19	204
DESENVOLVIMENTO DE UM REVESTIMENTO A BASE DE NIÓBIO PARA PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO DE AÇO-CARBONO (SAE 1020)	
<i>Paloma Detlinger</i> <i>Brian Utri</i> <i>Guilherme Arielo Rodrigues Maia</i> <i>Rodrigo Helleis</i> <i>Cynthia Beatriz Fürstenberger</i> <i>Everson do Prado Banczek</i>	
CAPÍTULO 20	213
CORROSÃO E BIOCORROSÃO EM AÇO CARBONO	
<i>Diana Magalhães Frazão</i> <i>Ivanilda Ramos de Melo</i> <i>Severino Leopoldino Urtiga Filho</i>	
SOBRE A ORGANIZADORA	218

PROPRIEDADES MECÂNICAS DE UM AÇO BAIXO CARBONO APÓS PROCESSO DE DEFORMAÇÃO PLÁSTICA

Vanessa Moura de Souza

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre – Rio Grande do Sul

Vinicius Martins

IFSul – Instituto Federal Sul Rio-Grandense

Sapucaia do Sul – Rio Grande do Sul

RESUMO: O conhecimento das propriedades mecânicas é de suma importância para as questões de escolha de materiais. Em processos e projetos, determinados componentes de máquinas e estruturas metálicas se encontram mecanicamente solicitados, a análise destes permite a obtenção das condições de trabalho desejadas. Deste modo, é necessário identificar os valores de tensão e deformação que levarão a peça a uma falha. Este trabalho objetiva caracterizar o processo de deformação plástica de um aço AISI 1045 antes e após um processo de trefilação para uma redução em área de seção transversal. As curvas de escoamento real, convencional e de Hollomon, obtidas por meio de ensaios experimentais de tração e compressão para amostras jateadas e trefiladas caracterizaram o material utilizado. Os resultados sugerem as características das condições analisadas, assim como as propriedades intrínsecas do objeto de estudo. Além disso, as equações encontradas poderão

ser utilizadas para alimentação de softwares de simulação computacional para descrever e/ou otimizar o processo de trefilação em questão.

PALAVRAS-CHAVE: AISI 1045, tração, compressão, trefilação, curva escoamento.

ABSTRACT: The knowledge of mechanical properties is of paramount importance when choosing materials as certain machinery components and steel structures are mechanically requested on projects. A well-defined process has better engine and tooling efficiency; lower manufacturing costs; and consequently, greater energy efficiency in production, operating with industrial and economic focus on sustainability. This way, it is necessary to identify the tension and deformation values that could lead a mechanical piece to fail. This paper aims to characterize the plastic deformation process of an AISI 1045 steel before and after drawing processing it for a reduction in cross-sectional area. The true flow, conventional and Hollomon curves obtained by traction and compression tests with blasted and wire drawn samples characterize the used material. The results suggest the characteristics of the studied conditions, as well as the intrinsic properties of the object of study, demonstrating the increased resistance that the material acquires after the plastic deformation process. Furthermore, the found equations may be used

as input for computational simulation software to help describing and optimizing the wire drawing process.

KEYWORDS: AISI 1045, traction, compression, wire drawing, flow curve.

1 | INTRODUÇÃO

Durante um processo de deformação plástica a frio, materiais metálicos têm suas propriedades mecânicas alteradas devido ao escoamento dos planos cristalinos, conhecido como encruamento (BRESCIANI FILHO et al, 2011). Este fenômeno é inerente à conformação mecânica massiva e está presente na fabricação de barras de aço trefiladas, que serão utilizadas, por exemplo, em amortecedores de automóveis (SOUZA, 1986). A evolução dos processos de fabricação, bem como a crescente competitividade e a necessidade de se evitar a perda de matéria-prima, requer que os fenômenos envolvidos sejam controlados. Desta forma, evitam-se custos desnecessários e o desperdício de energia para que se melhorem as propriedades da peça (SCHAEFFER, 2004). Um conhecimento mais aprofundado dos parâmetros e das características do material permitirá a produção de barras de aço com menores perdas e, portanto, evitando-se custos elevados, por meio da redução de consumo energético, permitindo uma fabricação mais sustentável.

Neste trabalho serão levantadas as curvas de escoamento de barras de um aço de médio teor de carbono, AISI 1045, que são utilizadas na produção de componentes da indústria. A importância do tema está referenciada no aumento de resistência ao escoamento e da resistência à ruptura em barras de aço do material estudado, submetidas a um processo de trefilação, com uma redução de área de seção transversal conhecida.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho está dividida em cinco etapas fundamentais: pesquisa bibliográfica, aquisição das barras de aço no processo industrial, usinagem dos corpos de prova, realização dos ensaios e análise/tratamento dos dados. O método experimental foi realizado com a coleta de corpos de prova do aço AISI 1045 antes e após o processo de trefilação para efetuar ensaios de tração, compressão.

2.1 Preparação das Amostras

As amostras foram retiradas a partir de duas barras de aço de 1 metro de comprimento de um processo industrial de trefilação combinada em duas diferentes regiões, jateada e trefilada, conforme apresentado no processo de trefilação

combinada na Figura 1 (SOUZA, 2011). Foram ensaiados 3 corpos de prova para cada condição.

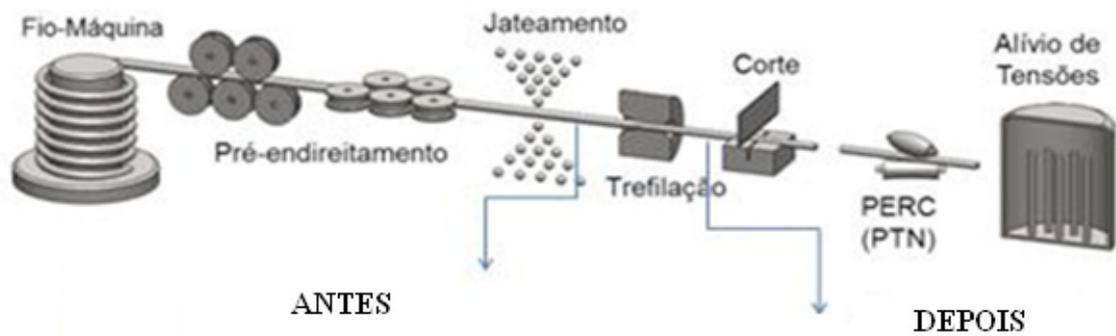


Figura 1. Processo de trefilação combinada

Os corpos de prova cilíndricos utilizados no ensaio de tração foram preparados de acordo com a norma ABNT:NBR 6152 (ABNT, 1992), na Figura 2 têm-se as dimensões utilizadas. A área útil considerada foi de 122,72 mm², considerando o diâmetro inicial de 12,5 mm com altura inicial de 75 mm de comprimento.

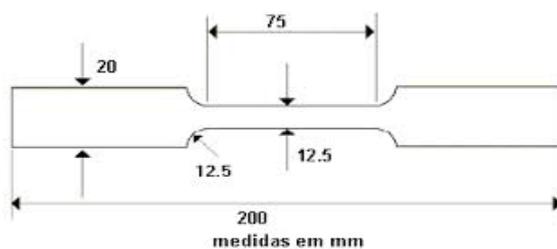


Figura 2. Corpo de prova de ensaio de tração

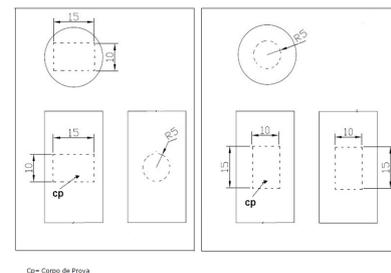


Figura 3. Corpo de prova de ensaio de compressão

Os corpos de prova para compressão foram dimensionados conforme Norma ASTM: E9 (ASTM, 2000), esquematizados na Figura 3, onde a área útil considerada foi de 78,54 mm², considerando o diâmetro inicial de 10 mm com altura inicial de 15 mm de comprimento.

2.2. Equipamento

O equipamento utilizado para a realização dos ensaios foi uma máquina universal de ensaios EMIC®. Os experimentos foram conduzidos com taxa de carregamento de 5 mm/min em um ambiente com temperatura ambiente de 23°C. (±1). A Tabela 1 apresenta a descrição da máquina utilizada.

Equipamento	EMIC DL100t
Capacidade	10.000(Kgf)/100kN
Acionamento	Eletromecânico
Velocidade (mm/min)	250

Tabela 1. Características técnicas do equipamento

2.3. Ensaio de Tração e Ensaio de Compressão

No ensaio de tração as amostras foram fixadas no dispositivo acoplado à máquina, no qual o sistema fez a aplicação de forças crescentes de tração; de maneira contínua até a ruptura do corpo de prova. O material foi alongado sob tração uniaxial a uma velocidade constante. A carga necessária para alongar o corpo de prova foi registrada em função do tempo e do alongamento, obtendo-se, desta forma, uma curva do material ensaiado, sendo a força é registrada em Newtons e o aumento de comprimento em milímetro.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Ensaio de Tração

Os resultados obtidos demonstram valores médios de tensão máxima de 630 MPa no ensaio de tração e chegaram a 930 MPa em compressão, Figura 4. A região de deformação elástica difere entre os dois testes devido às diferenças no método de aquisição dos dados de deslocamento dos corpos de prova, a fixação da amostra ao aparelho pode ter sido um dos fatores que acarretou valores diferentes para o ensaio de compressão (SPIM; GARCIA; SANTOS, 2012).

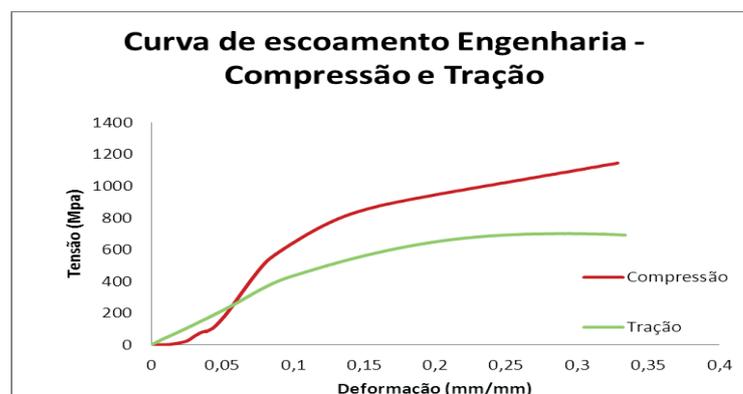


Figura 4. Curva de escoamento Engenharia - Compressão e tração

A Figura 5 demonstra a comparação entre as curvas tensão-deformação real e de engenharia para a amostra jateada no ensaio de tração, já a Figura 6 apresenta

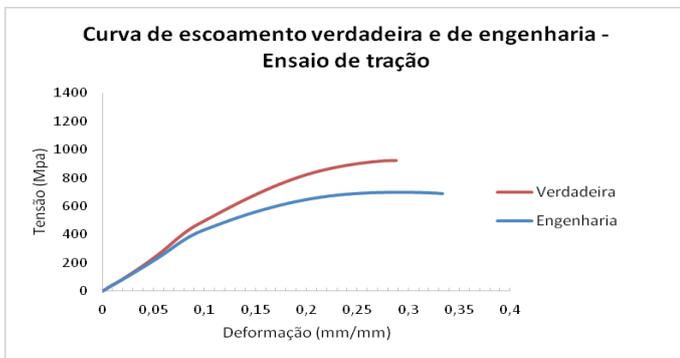


Figura 5. Curva de escoamento verdadeira e de engenharia - Ensaio de tração

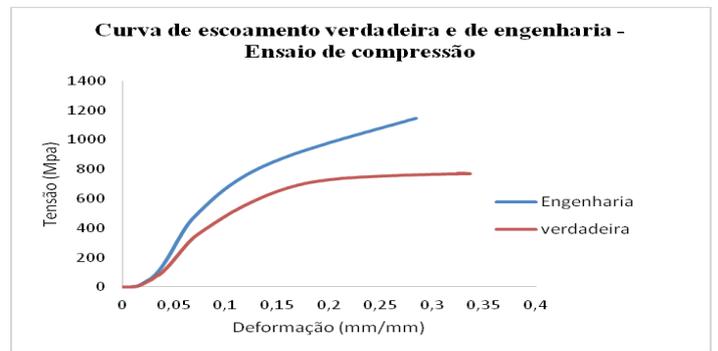


Figura 6. Curva de escoamento verdadeira e de engenharia - Ensaio de compressão

a comparação entre essas curvas para a amostra jateada no ensaio de compressão.

Neste comparativo pôde-se verificar que a curva de engenharia para o ensaio de tração localiza-se abaixo da curva real, já para o ensaio de compressão, esse comportamento apresenta-se de forma inversa. De acordo com Dieter (1996), a deformação verdadeira é válida somente até o ponto anterior ao início da estricção, onde o carregamento é máximo e as deformações excedem significativamente a deformação de engenharia calculada.

Na Figura 7 são apresentadas as curvas de escoamento para os três corpos de prova jateados ensaiados em tração.

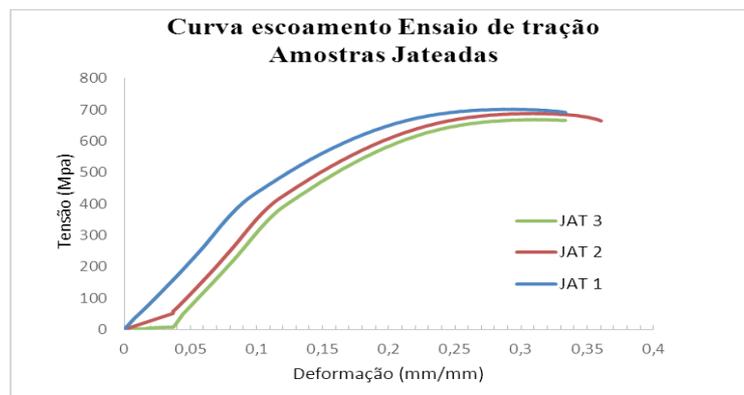


Figura 7. Curva de escoamento das amostras jateadas - Ensaio de tração

Conforme Spim, Garcia e Santos (2012), os mesmos materiais não apresentarão diagramas iguais, devido aos fatores que influenciam nos resultados como composição, imperfeições microscópicas, fabricação, taxa de carga e temperatura utilizada no teste. Entretanto, considerando o mesmo processo de fabricação, velocidade e temperatura dos ensaios, os valores obtidos nas amostras jateadas apresentam similaridade nos valores obtidos.

Conforme apresentado na Tabela 2 verificam-se as propriedades mecânicas das amostras jateadas analisadas por meio do ensaio de tração.

Ensaio de tração - curva de engenharia				
Propriedade	Resistência Escoamento (0,2%)	Resistência Mecânica	Módulo de elasticidade	Alongamento uniforme
Unidade	MPa	Mpa	GPa	%
Jateada1	407,4	701,4	214	33%
Jateada2	400,9	688,1	241	37%
Jateada3	383,0	668,5	221	39%
Média	397,1	686,0	225	36%
Desvio	10	14	12	2%

Tabela 2. Propriedades mecânicas das amostras jateadas - Ensaio de tração

A resistência de escoamento condiz com a determinação da ASTM (ASTM, 2000), de 310 a 485 MPa. Este valor representa a mudança da zona elástica para a plástica, quando o fenômeno não é bem definido, considera-se na deformação de 0,002 mm/mm. Os resultados obtidos nas amostras jateadas, apresentaram uma média de 686 MPa, que também estão no alcance dos valores esperados para aços médio carbono que estão na faixa de 585 a 690MPa.

O módulo de elasticidade ou de Young pode ser considerado como a rigidez, ou uma resistência do material à deformação elástica, em que é válida a Lei de Hooke. Nas amostras encontrou-se o valor médio de 225 GPa, ligeiramente acima do que se espera de um aço de médio teor de carbono que é 200GPa. Quanto ao alongamento uniforme obteve-se a média de 36%, valor superior quando comparado à literatura, que está na faixa de 16% (ASTM, 2000). Quando comparado aos valores sugeridos por Chiaverini (1990), aços de médio carbono 1050 apresentam alongamento na faixa de 10 a 30%, os resultados obtidos são coerentes.

O corpo de prova obtido após o ensaio de tração das amostras jateadas apresentou fratura dúctil, Figura 8, percebe-se que o aço rompeu de forma dúctil pelo perfil “taça” na região de fratura. Este tipo de fratura pode se formar na superfície do corpo de prova após o limite de carregamento e que como consequência atingiu o limite de resistência à fratura do material. A fratura dúctil é caracterizada por uma extensa deformação plástica, diferente da deformação mínima obtida em matérias frágeis (ASKELAND; PHULÉ, 2008).



Figura 8. Amostra jateada - fratura dúctil.

A Figura 9 apresenta que a amostra trefilada atingiu uma deformação em torno de 13% do seu tamanho inicial de 75 mm, sem romper o corpo de prova.



Figura 9. Amostra trefilada após ensaio de tração.

3.2. Ensaio de Compressão

Na Figura 10 são apresentadas as curvas de escoamento para o ensaio de compressão para as amostras jateadas.

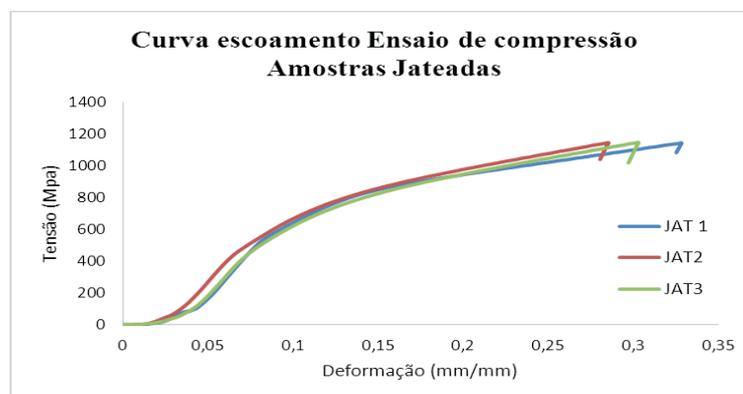


Figura 10. Curva de escoamento das amostras jateadas - Ensaio de compressão

A resistência mecânica para o material alcança um valor médio de 1131 MPa e os valores de alongamento máximos são de 31% e a resistência ao escoamento atingiu um valor médio de 556 MPa, conforme Tabela 3.

Ensaio de compressão - curva de engenharia				
Propriedade	Resistência Escoamento (0,2%)	Resistência Mecânica	Módulo de elasticidade	Alongamento uniforme
Unidade	MPa	MPa	GPa	%
Jateada 1	536	1126	214	33%
Jateada 2	555	1138	241	29%
Jateada 3	579	1130	221	30%
Média	556	1131	225	31%
Desvio	18	5	12	2%

Tabela 3. Propriedades mecânicas das amostras jateadas – ensaio de compressão

Tanto os valores de resistência mecânica quanto de resistência ao escoamento apresentam diferenças em relação aos valores encontrados na amostra jateada para o ensaio de tração, para a resistência ao escoamento a diferença foi em torno de 28% e para a resistência mecânica a diferença foi de 39%. Estas diferenças são devidas às características intrínsecas de cada ensaio, além disso, este valor também se deve à forma como se dá a medição em relação ao fenômeno de estricção, que ocorre apenas no ensaio de tração.

Na Figura 11 são apresentadas as curvas de escoamento para o ensaio de compressão para as amostras trefiladas, conforme Tabela 4.

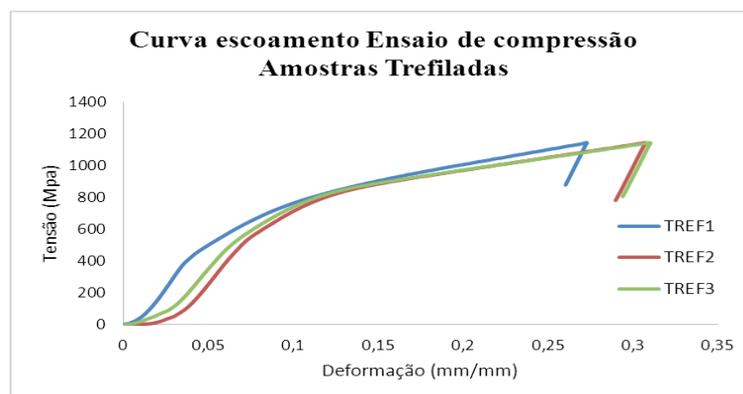


Figura 11. Curva de escoamento das amostras trefiladas - Ensaio de compressão

Ensaio de compressão - curva de engenharia				
Propriedade	Resistência Escoamento (0,2 %)	Resistência Mecânica	Módulo de elasticidade	Alongamento uniforme
Unidade	MPa	Mpa	GPa	%
Trefilada 1	673	1146	214	27%
Trefilada 2	615	1148	241	31%
Trefilada 3	647	1149	221	31%
Média	645	1148	225	27%
Desvio	24	1	12	2%

Tabela 4. Propriedades mecânicas das amostras trefiladas

Na comparação dos resultados das amostras jateadas e trefiladas para o ensaio de compressão, observaram-se valores (Tabela 3 e Tabela 4) de 556 MPa e 645MPa, respectivamente, para os valores de resistência ao escoamento. Para a resistência mecânica encontrou-se um valor de 1131 MPa para a jateada e 1148 MPa para a trefilada. O processo de encruamento proporcionou um ganho de resistência ao escoamento de 13% para esta redução em trefilação, o que significa que este processo de fabricação garante um ganho de resistência ao material. O metal mais encruado apresenta maiores limites de escoamento, maior dureza e menor alongamento e estrição. À medida que a resistência se eleva pelo encruamento a ductilidade decresce (BRESCIANI FILHO et al, 2011). A resistência mecânica para ambas as condições analisadas não apresentou diferenças significativas.

3.3. Equação de Hollomon

Para obter a equação de Hollomon, que descreve a resistência ao escoamento (K_f) como função da deformação verdadeira no processo de deformação a frio, utilizaram-se os dados obtidos na Tabela 5.

Ensaio	Linearização		Ensaio	Linearização	
	C	N		C	N
Jateada 1	1045	0,23	Trefilada 1	1038	0,17
Jateada 2	1140	0,26	Trefilada 2	963	0,15
Jateada 3	1127	0,28	Trefilada 3	930	0,13
Média	1104	0,26	Média	977	0,15
Desvio	52	0,03	Desvio	55	0,02

Tabela 5. Dados obtidos na linearização de tensão e deformação

O coeficiente de encruamento médio encontrado foi de 0,26 para os materiais jateados e 0,15 para os trefilados. Esta medida também pode ser considerada como o valor da ductilidade, uma vez que ele indica a deformação verdadeira para a qual se inicia a estrição do metal, o que significa um valor de 26% de alongamento

para jateados e 15% para os trefilados. O que se justifica, visto que materiais mais endurecidos apresentam menos ductibilidade. Segundo Helman e Cetlin (2006), os valores estão de acordo para aços de médio teor de carbono, $n = 0,26$.

Já o parâmetro C, valor indicativo da tensão de escoamento máxima obtido, foi de 1104 MPa para o material jateado e 977 MPa para o material trefilado. As equações de escoamento de Hollomon encontradas para o material analisado são apresentadas na Tabela 6.

Amostras Jateadas	$K_f = 1104 \cdot \Phi^{0,26}$
Amostras Trefiladas	$K_f = 977 \cdot \Phi^{0,15}$

Tabela 6. Equações de Hollomon para as amostras analisadas

4 | CONCLUSÕES

Este estudo voltou-se para a avaliação do comportamento e das propriedades mecânicas de um aço AISI 1045, antes e após o processo de trefilação, o qual foi submetido a uma redução de 11% da área de seção transversal. Foram analisados aspectos da caracterização e do ganho de resistência mecânica, antes e após o processo de deformação plástica.

Diante dos resultados experimentais obtidos e a partir das discussões apresentadas é podemos concluir que o material objeto deste estudo apresentou coeficiente de elasticidade, resistência mecânica e coeficiente de encruamento condizente com a literatura, além disso, estas equações poderão ser utilizadas futuramente para alimentação de softwares de simulação computacional para descrever ou otimizar o processo de trefilação em questão.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. - Materiais metálicos: Ensaio de tração à temperatura ambiente. **NBR 6152**. Rio de Janeiro, 1992.

ASKELAND, Donald R.; PHULÉ, Pradeep P. **Ciência e engenharia dos materiais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

ASTM – American Society for Testing and Materials, Standard Test Methods of Compression Testing of Metallic Marials at Room Temperature. **ASTM:E9 – 89^a**. West Conshohocken, PA. United Sates, 2000.

BRESCIANI FILHO, E. et al. **Conformação Plástica dos Metais**. Volume 1. São Paulo: UPUSP, 2011.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica – Processo de fabricação e tratamento**, Volume 3, 2ªEd. New York: Mcgraw-Hill, 1990.

DIETER, G. E. **Metalurgia Mecânica**. 4ªed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1996.

HELMAN, H. e CETLIN, P. R. **Fundamentos da Conformação Mecânica dos Metais**. 2ªed. São Paulo: Artiliber, 2006.

SCHAEFFER, Lirio. **Conformação mecânica**. 2ª ed. Porto Alegre: Imprensa Livre Editora, 2004.

SOUZA, Sergio Augusto de - **Ensaio Mecânicos de Materiais Metálicos**. 5ª Ed. São Paulo, Blucher, 1986.

SOUZA, Tomaz Fantin de. **Simulação computacional de um processo de trefilação para produção de barras redondas de aço AISI 1045**. Dissertação de mestrado em Engenharia na área de Processos de Fabricação. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

SPIM, J.A.; GARCIA, A.; SANTOS, C.A. **Ensaio dos materiais**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

SOBRE A ORGANIZADORA:

Marcia Regina Werner Schneider Abdala: Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui experiência na área de Educação a mais de 06 anos, atuando na área de gestão acadêmica como coordenadora de curso de Engenharia e Tecnologia. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se a atuação como professora de ensino superior atuando em várias áreas de graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Atuou como inspetora de Aviação Civil, nas áreas de infraestrutura aeroportuária e segurança operacional em uma instituição federal.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-63-5

