



Cleberton Correia Santos
(Organizador)

**Estudos Interdisciplinares
nas Ciências e da Terra
e Engenharias 5**

Cleberton Correia Santos
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 5

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 5 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 5)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-623-2 DOI 10.22533/at.ed.232191109</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 5º volume 37 capítulos com temáticas voltadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DETERMINAÇÃO DA ALTURA MANOMÉTRICA DOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE FLUIDOS DO REATOR TUBULAR PRESENTE NO MÓDULO DIDÁTICO DE CINÉTICA E CÁLCULO DE REATORES	
Shara Katerine Moreira Jorge Leal Rosilanny Soares Carvalho Daiane Antunes Pinheiro Vitor Soares	
DOI 10.22533/at.ed.2321911091	
CAPÍTULO 2	12
ESTATÍSTICA COMO ELEMENTO NORTEADOR DO TRABALHO COM CONCEITOS MATEMÁTICOS NOS ANOS INICIAIS	
Daiani Finatto Bianchini Cátia Maria Nehring	
DOI 10.22533/at.ed.2321911092	
CAPÍTULO 3	26
AÇÃO CATALÍTICA DO CATALISADOR DE 2ª GERAÇÃO DE GRUBBS NA AUTO-METÁTESE DA PIPERINA	
Aline Aparecida Carvalho França Vanessa Borges Vieira Thais Teixeira da Silva Sâmia Dantas Braga Ludyane Nascimento Costa John Cleiton dos Santos Denise Araújo Sousa Alexandre Diógenes Pereira Benedito dos Santos Lima Neto Francielle Aline Martins José Luiz Silva Sá José Milton Elias de Matos	
DOI 10.22533/at.ed.2321911093	
CAPÍTULO 4	35
ACUMULADOR DE ENERGIA SOLAR PARA SECAGEM DAS AMENDOAS DE CACAU	
Luiz Vinicius de Menezes Soglia Jorge Henrique de Oliveiras Sales Pedro Henrique Sales Giroto	
DOI 10.22533/at.ed.2321911094	
CAPÍTULO 5	47
ÁLGEBRA LINEAR NA ESCOLA E NA HISTÓRIA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA DOS PRINCIPAIS TÓPICOS ENSINADOS	
Leandro Teles Antunes dos Santos Erasmus Tales Fonseca Patrícia Milagre de Freitas	
DOI 10.22533/at.ed.2321911095	

CAPÍTULO 6	58
UMA POSSIBILIDADE DE CONCEBER A MATEMÁTICA E REALIDADE - MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO	
Morgana Scheller Lariça de Frena Alan Felipe Bepler Tayana Cruz de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.2321911096	
CAPÍTULO 7	71
LETRAMENTO MATEMÁTICO: A ALFABETIZAÇÃO MATEMÁTICA A PARTIR DE MATERIAIS MANIPULÁVEIS	
Pamela Suelen Pantoja Egues Cristiane Ruiz Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.2321911097	
CAPÍTULO 8	79
MÉTODO DE MÚLTIPLAS ESCALAS APLICADO AO OSCILADOR DE VAN DER POL	
Higor Luis Silva Denner Miranda Borges	
DOI 10.22533/at.ed.2321911098	
CAPÍTULO 9	86
ANALISE DE VIABILIDADE DE EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS COM O USO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	
Ianyqui Falcão Costa	
DOI 10.22533/at.ed.2321911099	
CAPÍTULO 10	103
DESENVOLVIMENTO DE APLICAÇÃO MÓVEL EDUCATIVA PARA ACOMPANHANTES DE PARTURIENTES	
Adriana Parahyba Barroso Jocileide Sales Campos Edgar Marçal	
DOI 10.22533/at.ed.23219110910	
CAPÍTULO 11	113
ASPECTOS DO CICLO DE VIDA DE DADOS EM PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS BIOMÉDICAS	
Jeanne Louize Emygdio Eduardo Ribeiro Felipe Maurício Barcellos Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.23219110911	
CAPÍTULO 12	126
AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DE VINHOS UTILIZANDO TÉCNICAS ELETROANALÍTICAS E ESPECTROFOTOMÉTRICAS	
Isaide de Araujo Rodrigues Deracilde Santana da Silva Viégas Ziel dos Santos Cardoso Ana Maria de Oliveira Brett	
DOI 10.22533/at.ed.23219110912	

CAPÍTULO 13 138

AVALIAÇÃO DE ADITIVOS ANTIOXIDANTES COMO INIBIDORES DA CORROSÃO PROVOCADA PELO BIODIESEL DE DIFERENTES MATÉRIAS-PRIMAS

José Geraldo Rocha Junior
Marcelle Dias dos Reis
Luana de Oliveira Santos
Andressa da Silva Antunes
Cristina Maria Barra
Sheisi Fonseca Leite da Silva Rocha
Otavio Raymundo Lã
Rosane Nora Castro
Matthieu Tubino
Acácia Adriana Salomão
Willian Leonardo Gomes da Silva

DOI 10.22533/at.ed.23219110913

CAPÍTULO 14 149

AVALIAÇÃO DO TEOR DE FIBRAS EM IOGURTE SABOR CHOCOLATE ELABORADO COM ADIÇÃO DE BIOMASSA DE BANANA VERDE

Ana Cléia Moreira de Assis Frota
Márcia Facundo Aragão

DOI 10.22533/at.ed.23219110914

CAPÍTULO 15 155

DIAGNÓSTICO DAS PERDAS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Daniel Ramos de Souza
Maycon Mickael Ribeiro Vasconcelos
Evandro Schmitt
Írismar da Silva Genuíno

DOI 10.22533/at.ed.23219110915

CAPÍTULO 16 164

ESTUDO DE AQUECIMENTOS NOTURNOS SIMULTANEAMENTE À DIMINUIÇÃO DA UMIDADE SOBRE A CIDADE DO RIO DE JANEIRO

Hana Carolina Vieira da Silveira
Ana Cristina Pinto de Almeida Palmeira

DOI 10.22533/at.ed.23219110916

CAPÍTULO 17 175

EXTRAÇÃO, PURIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO LÍQUIDO CELOMÁTICO DE MINHOCA DA ESPÉCIE *Eisenia andrei*

Taisa Werle
Jordana Finatto
Ketlin Fernanda Rodrigues
Gabriela Vettorello
Ani Carolina Weber
Sabrina Grando Cordeiro
Verônica Vanessa Brandt
Ytan Andreine Schweizer
Valeriano Antônio Coberllini
Elisete Maria de Freitas
Eduardo Miranda Ethur
Lucélia Hoehne

DOI 10.22533/at.ed.23219110917

CAPÍTULO 18	188
A ABORDAGEM HISTÓRICA DE MATRIZ, DETERMINANTE E SISTEMAS LINEARES NOS LIVROS DIDÁTICOS	
Daniel Martins Nunes Fábio Mendes Ramos Fabricia Gracielle Santos	
DOI 10.22533/at.ed.23219110918	
CAPÍTULO 19	195
A QUÍMICA DA MARCHETARIA: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE QUÍMICA	
Caroline Ketlyn M. Da Silva Francisca Georgiana M. do Nascimento	
DOI 10.22533/at.ed.23219110919	
CAPÍTULO 20	209
A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO SUPERIOR	
Robert Mady Nunes Wilmar Borges Leal Júnior Marcos Dias da Conceição Valber Sardi Lopes Greice Quele Mesquita Almeida Andrea Barboza Proto Helaís Santana Lourenço Mady Suzane Aparecida Cordeiro	
DOI 10.22533/at.ed.23219110920	
CAPÍTULO 21	221
SOLUÇÃO PARA EQUAÇÃO INTEGRAL DE SCHRÖDINGER DE UMA ONDA ESPALHADA VIA MÉTODO DE FREDHOLM	
Pedro Henrique Sales Giroto Jorge Henrique de Oliveiras Sales	
DOI 10.22533/at.ed.23219110921	
CAPÍTULO 22	233
ESTUDO MORFOLÓGICO E CRISTALOGRÁFICO DE DIFERENTES TIPOS DE CIMENTO PORTLAND	
Bento Francisco dos Santos Júnior Fabiane Santos Serpa Eduardo Ubirajara Rodrigues Batista Thuany Reis Sales Adriele Santos Souza Antonio Vieira Matos Neto	
DOI 10.22533/at.ed.23219110922	
CAPÍTULO 23	248
FATORES SOCIOECONÔMICOS DO PERFIL DO EMPREENDEDOR BRASILEIRO	
Felipe Kupka Feliciano Antonio Marcos Feliciano César Panisson Édis Mafra Lapolli	
DOI 10.22533/at.ed.23219110923	

CAPÍTULO 24	262
IDENTIFICAÇÃO DE DANOS ESTRUTURAIS USANDO REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS BASEADA EM UM MODELO DE DANO CONTÍNUO	
Rosilene Abreu Portella Corrêa Cleber de Almeida Corrêa Junior Jorge Luiz Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.23219110924	
CAPÍTULO 25	274
APLICAÇÃO DA TEORIA DE REDES PARA ANÁLISE LOGÍSTICA DOS <i>HUBPORTS</i> DA CABOTAGEM BRASILEIRA	
Carlos César Ribeiro Santos Hernane Borges de Barros Pereira Anderson da Silva Palmeira Marcelo do Vale Cunha	
DOI 10.22533/at.ed.23219110925	
CAPÍTULO 26	287
IMPREGNAÇÃO INCIPIENTE DE HSiW EM ZEÓLITA Y PARA PRODUÇÃO DE ACETATO DE BUTILA	
Mateus Freitas Paiva Juliane Oliveira Campos de França Elon Ferreira de Freitas José Alves Dias Sílvia Cláudia Loureiro Dias	
DOI 10.22533/at.ed.23219110926	
CAPÍTULO 27	298
MULTISCALE SPATIAL INFLUENCE ON METABOLITES IN JABUTICABA	
Gustavo Amorim Santos Luciane Dias Pereira Suzana da Costa Santos Pedro Henrique Ferri	
DOI 10.22533/at.ed.23219110927	
CAPÍTULO 28	310
O ENSINO DE MATEMÁTICA POR MEIO DA LINGUAGEM TEATRAL	
Fabiana Geresa Leindeker da Silva Tamires Bon Vieira Monalisa da Silva Leonardo Geziel de Matos Dada Carla Daniela Guasseli da Silva Engel	
DOI 10.22533/at.ed.23219110928	
CAPÍTULO 29	319
O ESTUDO DE PIRÂMIDES COM A UTILIZAÇÃO DO “VOLPIR”	
Renato Darcio Noleto Silva Cinthia Cunha Maradei Pereira Fábio José da Costa Alves	
DOI 10.22533/at.ed.23219110929	

CAPÍTULO 30	333
O USO DO CELULAR NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS DE VYGOTSKY	
Jerry Wendell Rocha Salazar Delcineide Maria Ferreira Segadilha	
DOI 10.22533/at.ed.23219110930	
CAPÍTULO 31	345
BREVE ANÁLISE DA FERRAMENTA CONSTRUCT 2® COMO OBJETO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA	
Monys Martins Nicolau Eryslânia Abrantes Lima Solon Diego Garcia Moreira Amanda Oliveira de Miranda Saymon Bezerra de Sousa Maciel Elder Gonçalves Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.23219110931	
CAPÍTULO 32	355
PERCEPÇÃO DOCENTE SOBRE AS DIFICULDADES DOS ACADÊMICOS NA ELABORAÇÃO DE RELATÓRIOS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA	
Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi Hudinilson Kendy de Lima Yamaguchi Vera Lúcia Imbiriba Bentes	
DOI 10.22533/at.ed.23219110932	
CAPÍTULO 33	366
PROPOSTA DE UM INSTRUMENTO PARA LEVANTAMENTO DE REQUISITOS FUNCIONAIS PARA A CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA DE GESTÃO DO CONHECIMENTO NA INDÚSTRIA DE SOFTWARE	
Gisele Caroline Urbano Lourenço Mariana Oliveira Danieli Pinto Nelson Tenório Pedro Henrique Lobato Amanda Vidotti	
DOI 10.22533/at.ed.23219110933	
CAPÍTULO 34	376
O <i>SOFTWARE</i> GEOGEBRA: MEDIADOR DA APRENDIZAGEM DE CONCEITOS DE GEOMETRIA DE UMA ALUNA NÃO ALFABETIZADA	
Taiane de Oliveira Rocha Araújo Maria Deusa Ferreira da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.23219110934	
CAPÍTULO 35	385
RESOLUÇÃO CINÉTICA DINÂMICA DE AMINAS BENZÍLICAS SUBSTITUÍDAS UTILIZANDO CATALISADOR DE Pd SUPOSTADO EM MgCO ₃	
Fernanda Amaral de Siqueira Camila Rodrigues Cabreira Pedro Henrique Kamogawa Chaves	
DOI 10.22533/at.ed.23219110935	

CAPÍTULO 36	396
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA UTILIZANDO JOGOS DIGITAIS: UMA VISÃO TEÓRICA	
Francisco Glauber de Brito Silva Leonardo Alcântara Alves	
DOI 10.22533/at.ed.23219110936	
CAPÍTULO 37	407
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À PUNCTURA DO COBRE POR ENSAIO PADRONIZADO DE ULTRAMICRODUREZA	
Eduardo Braga Costa Santos Denise Dantas Muniz Eliandro Pereira Teles Danielle Guedes de Lima Cavalcante Ricardo Alves da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.23219110937	
SOBRE O ORGANIZADOR	419
ÍNDICE REMISSIVO	420

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA À PUNCTURA DO COBRE POR ENSAIO PADRONIZADO DE ULTRAMICRODUREZA

Eduardo Braga Costa Santos

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – João Pessoa, PB, Brasil.

Denise Dantas Muniz

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – João Pessoa, PB, Brasil.

Eliandro Pereira Teles

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Graduação em Engenharia de Materiais – João Pessoa, PB, Brasil

Danielle Guedes de Lima Cavalcante

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – João Pessoa, PB, Brasil.

Ricardo Alves da Silva

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia – Areia, PB, Brasil.

RESUMO: O cobre é um dos elementos de grande valor e importância na indústria, sendo aplicado devido a sua facilidade de obtenção, boa condutibilidade térmica e elétrica, além da capacidade de trabalhabilidade deste material quando em temperatura ambiente. Este trabalho tem por objetivo analisar as características

superficiais do cobre quando submetido a punctura, analisando sua resistência mecânica à penetração por indentador e em função do tratamento superficial recebido. A amostra foi analisada em microscopia ótica em diversas fases durante o tratamento superficial recebido e submetido a ensaio de ultramicrodureza variando a carga aplicada em 4 valores específicos. Os resultados apontam uma melhoria significativa da amostra quando submetido a tratamento superficial de lixamento e polimento com alumina, reduzindo drasticamente as rugosidades superficiais. Observou-se que o ataque com cloreto de ferro hexahidratado proporciona uma melhor visualização dos contornos de grão a partir dos 25 segundos de imersão da superfície.

PALAVRAS-CHAVE: Cobre, Ultramicrodureza, Resistência à penetração, Tratamento Superficial.

ABSTRACT: Copper is one of the elements of great value and importance in the industry, being applied due to its ease of production, good thermal and electrical conductivity, and the workability of this material when at room temperature. This work aims to analyze the surface characteristics of copper when subjected to puncture, analyzing its mechanical resistance to penetration by indenter and as a function of received surface treatment. The

sample was analyzed under optical microscopy in several phases during the surface treatment and submitted to ultramicrohardness test varying the applied load in 4 specific values. The results indicate a significant improvement of the sample when submitted to surface treatment of sanding and polishing with alumina, drastically reducing surface roughness. It was observed that etching with hexahydrated iron chloride provides a better visualization of the grain boundaries from the 25 seconds of surface immersion. **KEYWORDS:** Copper, Ultramicrohardness, Puncture, Surface treatment

1 | INTRODUÇÃO

O cobre é um metal de transição localizado na família 1B (grupo 11) da tabela periódica, com número atômico 29, massa atômica 63,546 e raio atômico calculado de 128 pm (picômetros = 10^{-12}). Sua estrutura é cúbica de face centrada, cujas propriedades físicas mais importantes são o ponto de fusão (1357,77 K), ponto de ebulição (2835 K), entalpia de fusão (13,26 kJ/mol), entalpia de ebulição (300,4 kJ/mol), densidade teórica de 8,92 g/cm³ e condutividade térmica de 401 W/(m·K) (BROCCHI, 2007; CALLISTER E RETHWISCH, 2012; SMITH E HASHEMI, 2012). Suas principais características envolvem a maleabilidade, boa condutividade térmica e elétrica, boa trabalhabilidade, ductibilidade, usinabilidade e resistência mecânica, sendo considerado um metal nobre na indústria.

Suas principais aplicações incluem a produção de ligas metálicas como o latão (zinco), bronze (estanho), cuproaluminios, cuproníqueis e ouro 18k (75% ouro e 25% cobre). Porém sua aplicação mais observável é na produção de condutores elétricos (cabos, conectores, contatos elétricos, fabricação de motores) e equipamentos (aquecedores solares, condutores de calor, tubulações de água). Para identificar características em escala microscópica do cobre e delimitar uma aplicação em função de sua microestrutura, se faz necessário o uso da microscopia (BROCCHI, 2007; CALLISTER E RETHWISCH, 2012; SMITH E HASHEMI, 2012).

A microscopia é uma técnica de captura e análise de imagem cujo objetivo é obter imagens ampliadas de um objeto, permitindo a distinção de detalhes não visíveis a olho nu, considerando a análise sob três parâmetros: aumento, resolução e contraste (COLPAERT, 2008; MANNHEIMER, 2002). No caso de metais, a microscopia ótica é utilizada para identificar na área de superfície elementos como contornos de grão, efeitos de ataque químico à superfície lixada e polida, existência de rugosidades, qualidade do lixamento e polimento em amostras para realização de ensaios de dureza, microdureza e ultramicrodureza.

Um dos ensaios não destrutivos (END) mais utilizados é o ensaio de dureza, cujo procedimento usual se faz por indentação instrumentada de uma amostra. A dureza é uma propriedade no qual o material oferece resistência ao riscamento de sua superfície, à penetração de um material sobre este, ao corte por uma ferramenta, à deformação plástica permanente e/ou ao tratamento térmico ou mecânico de um

metal e respectivo desgaste (SOUZA, 1995; SILVA JÚNIOR E MARQUES, 2006; SMITH E HASHEMI, 2012; SCHON, 2013).

Os ensaios de dureza mais utilizadas são o Brinell, Rockwell, Vickers e Knoop. As principais escalas de dureza juntamente com uma breve descrição são apresentadas na Tabela 1, onde os valores obtidos estão em função de medições ou conversões de unidades de força pela área de superfície de contato, conforme Souza (1995) descreve. O valor de dureza para cada um destes tipos de ensaio depende da forma do indentador e da carga aplicada, sendo estes indentadores feitos de aço temperado, carbeto de tungstênio ou diamante (SMITH E HASHEMI, 2012). Os ensaios normalizados são realizados aplicando-se lentamente uma determinada carga ao indentador, que o faz penetrar perpendicularmente à superfície da amostra (SMITH E HASHEMI, 2012; SCHON, 2013).

Escola	Surgimento	Descrição geral do método	Fórmula
Mohs	1822	Mede a capacidade de um material riscar o outro	Mínimo: Talco (1) Máximo: Diamante (10)
Martens	1890	Dureza por risco. Carga e ângulo do penetrador fixos.	-----
Brinell (HB)	1900	Penetração de uma esfera de aço de diâmetro "D" sob ação de uma força F. Impressão é uma calota esférica de diâmetro "d".	$HB = \frac{2F}{\pi D D - \sqrt{D^2 - d^2}}$
Rockwell (HR)	1922	Mede-se a penetração de uma ponta sob ação de uma carga fixa. Usa-se várias pontas e cargas.	-----
Vickers (HV)	1925	Mede-se as diagonais da base "d" da <u>indentação</u> causada pela penetração de uma pirâmide sob ação de uma força F.	$HV = 1,8544 \frac{F}{d^2}$

Tabela 1 – Principais escalas de dureza (SOUZA, 1995).

A tabela supracitada aponta as principais características observadas para a realização das medidas de dureza de acordo com os recursos disponibilizados, de forma que as medidas Brinell e Vickers são as mais utilizadas por possuírem um modelo de análise objetivo dos dados aferidos.

Ensaio de ultramicrodureza são ensaios de dureza dinâmica, a qual relaciona força máxima aplicada durante o ciclo de indentação se referem às indentações estáticas provocadas por cargas inferiores a 2N e penetração inferior a 0,2 µm, podendo os indentadores serem pirâmides de base quadrada de Vickers ou de base triangular de Berkovich, conforme ISO 14577-1 (ISO, 2015) e ASTM E-384 (ASTM, 2017). O procedimento é muito semelhante ao teste padrão Vickers, com exceção da escala aplicada – microscópica – e da precisão superior dos instrumentos (SOUZA, 1995).

O indentador de Berkovich é um tipo de indentador no qual sua geometria é

de uma pirâmide de três lados que é geometricamente auto-similar, cujo perfil muito plano, tem um ângulo total de $142,3^\circ$ e ângulo médio de $65,27^\circ$. Este indentador de Berkovich tem a mesma proporção projetada de área para profundidade como o indentador Vickers e tem a vantagem de manter a geometria em escalas nanométricas (DE LIMA, 2011).

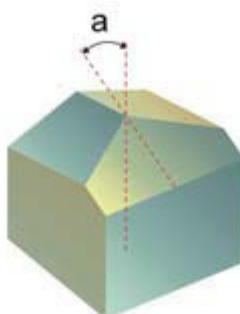


Figura 2 – Esquemática de um indentador Berkovich mostrando um ângulo médio.

Como o indentador é um tetraedro, é mais fácil das pontas serem mantidas em seu formato original e mais facilmente utilizadas para os testes de nanoindentação. É tipicamente utilizado para ensaiar materiais preenchidos e filmes finos com espessuras conforme normas (ISO, 2015; ASTM, 2017). O objetivo deste trabalho foi caracterizar o cobre através do ensaio de ultramicrodureza e avaliar a propriedade de resistência a punctura do material metálico cobre, analisando a variação da profundidade de penetração residual do cobre em função da carga aplicada, determinando dureza e o módulo de elasticidade, assim como analisar as características da superfície em função do tratamento superficial realizado.

2 | METODOLOGIA

Todo o procedimento foi realizado na área de Metalografia do Laboratório de Solidificação Rápida da Universidade Federal da Paraíba (LSR – UFPB) e a preparação da amostra seguiu as recomendações observadas em Colpaert (2008).

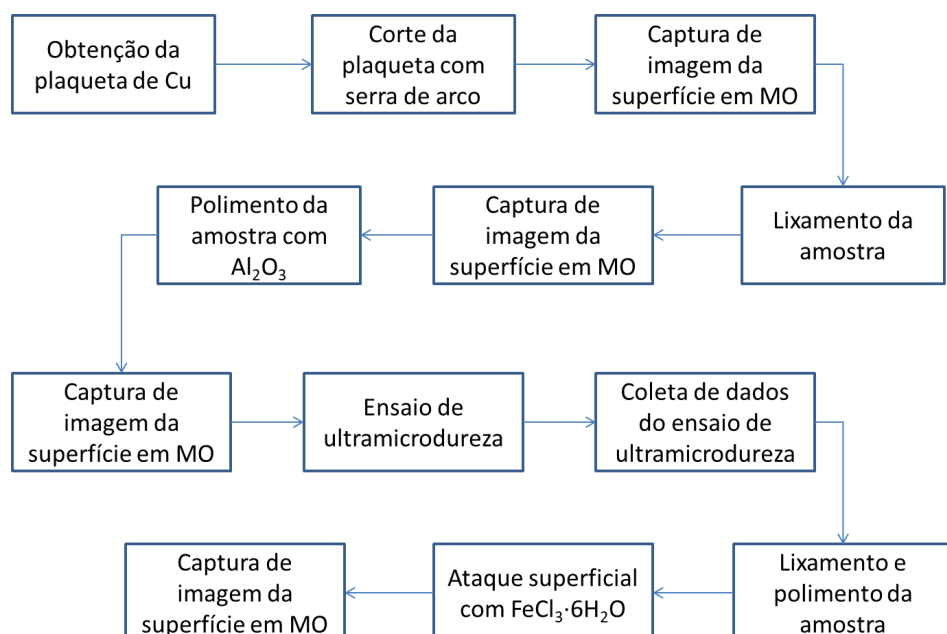
A amostra de cobre foi cortada com serra de arco, gerando 3 amostras e a amostra com superfície visualmente menos danificada foi analisada no microscópio ótico (MO) modelo BX41M-LED, marca Olympus com resolução de 50x. Em seguida, lixas d'água no tamanho de 200, 320, 420, 600, 800, 1000 e 1200 foram utilizadas em um suporte para lixas para realizar o lixamento em água corrente de fluxo controlado.

Foram realizados movimentos unidirecionais de baixo para cima e girando a amostra em 90° a cada 20 passadas contadas e perfazendo um total de 80 passadas em cada tamanho de lixa, totalizando um total de 560 passadas antes de nova captura de imagem pelo MO.

Após o MO da amostra lixada, esta foi levada para ser polida em politriz utilizando para tal uma solução de alumina disponível na área de metalografia do LSR. A politriz já estava montada com lixa apropriada para polimento de metais e a alumina foi colocada em quantidade considerada suficiente para realizar o polimento a uma velocidade de 125 rpm durante $1 \pm 0,05$ minuto, contrarrotacionando em 90° a amostra a cada $10 \pm 0,5$ segundos para efetivar o polimento da superfície da amostra.

A amostra polida então foi lavada em água destilada expelida por pisseta e seca em secador semiprofissional para cabelos durante 30 ± 1 segundos, sendo esta levada novamente para MO e capturada imagens da superfície polida. Em seguida, realizou-se o ensaio de ultramicrodureza, utilizando ultramicrodurômetro da marca Shimadzu modelo DUH-211S com indentador de Berkovich, variando as cargas em 250, 500, 750 e 1000 mN em triplicata durante 10 segundos, com velocidade de carga de $13,47 \text{ mN} \cdot \text{s}^{-1}$, coeficiente de Poisson de 0,3 e força mínima em 1,96 mN. O número de ensaio para cada carga, bem como o número de penetrações para cada carga foram selecionados e realizados conforme especificações da norma ISO 14577-1 (2015). Tanto os valores de dureza como o módulo de elasticidade foram fornecidos pelo ultramicrodurômetro Shimadzu modelo DUH-211S. Após o ensaio de ultramicrodureza realizado, os valores médios de dureza para cada carga, assim como o módulo obtido para cada carga foram coletados e podem ser verificados na Tabela 2.

Em seguida a amostra foi novamente lixada e polida, conforme supracitado, para realização de ataque com cloreto de ferro hexahidratado. A imersão da amostra foi realizada em dois tempos: 15 e 25 (± 1) segundos, lavada logo em seguida com álcool etílico e seca em secador semiprofissional para cabelos por 15 ± 1 segundos. Novo MO foi realizado e repetição do procedimento completo realizado para a imagem com ataque por 25 segundos, conforme figura 2 seguinte.



3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do processo descrito na figura 2, é necessário observar a questão da repetibilidade do procedimento, uma vez que não é descrito na literatura padrões objetivos quanto ao lixamento e polimento de amostras para se averiguar a qualidade deste processo, de forma que a avaliação da qualidade do polimento normalmente é realizado sob parâmetros subjetivos e que dependem diretamente da percepção do pesquisador para realizar os procedimentos do ensaio de ultramicrodureza, o que não é aplicado neste estudo.

De acordo com as imagens obtidas em microscopia, a amostra inicialmente apresentou uma grande quantidade de rugosidades superficiais e possíveis oxidações decorrentes da submissão da amostra às condições ambientais na qual estava submetida, conforme figura 3.



Figura 3 – Amostra de cobre sem tratamento superficial. Ampliação 50x.

O lixamento sequencial da amostra, conforme metodologia apresentada, removeu as rugosidades superficiais mais evidentes e as oxidações nas camadas mais externas, permitindo observar a amostra com maior distinção e averiguar o brilho refletido pelo mesmo. No entanto, a amostra ainda se mostra inadequada para o ensaio de ultramicrodureza devido as marcas do próprio lixamento, conforme figura 4.

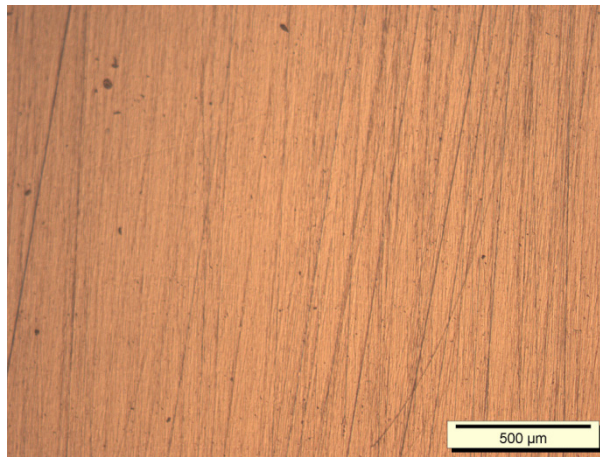


Figura 4 – Amostra de cobre após lixamento em lixa d’água na sequência 200, 320, 420, 600, 800, 1000 e 1200. Micrografia após a lixa 1200. Ampliação 50x.

Face a esta condição, o polimento realizado com solução de alumina na amostra eliminou as ranhuras do lixamento na superfície da amostra de forma efetiva, eliminando as rugosidades que poderiam comprometer a qualidade das medidas do ensaio de ultramicrodureza e mostrando pontos na superfície da amostra, conforme figura 5, que podem ser microdefeitos provocados pelo aquecimento decorrente do corte da peça com a serra de arco.

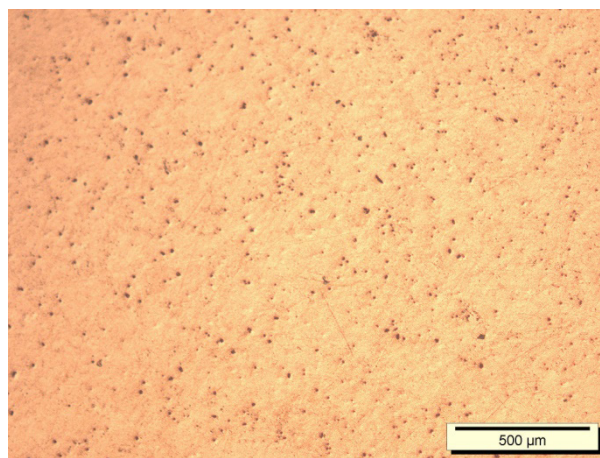


Figura 5 – Amostra de cobre após lixamento e polimento com solução de alumina. Ampliação 50x.

Nos ensaios de ultramicrodureza, conforme os procedimentos estabelecidos pela norma ISO 14577-1 (2015), os resultados obtidos mostram que, à medida que se aumenta a carga aplicada na amostra, o módulo de elasticidade e sua profundidade de penetração aumentam. No entanto, é possível averiguar que a evolução da força aplicada chega a um determinado valor limite, estabiliza e decai rapidamente sem haver uma redução da profundidade de penetração e, em seguida, há uma redução da profundidade quando a força aplicada está em níveis residuais.

Esta característica indica que o cobre tem a capacidade de recuperação elástica parcial, mesmo que a amostra tenha sido submetida a uma deformação

plástica, conforme a figura 6 seguinte. Destaca-se que para a indentação a 750 mN, a evolução da profundidade de penetração se mostra menos resistente do que as demais cargas aplicadas, devido à provável presença de falha na microrregião indentada com esta carga.

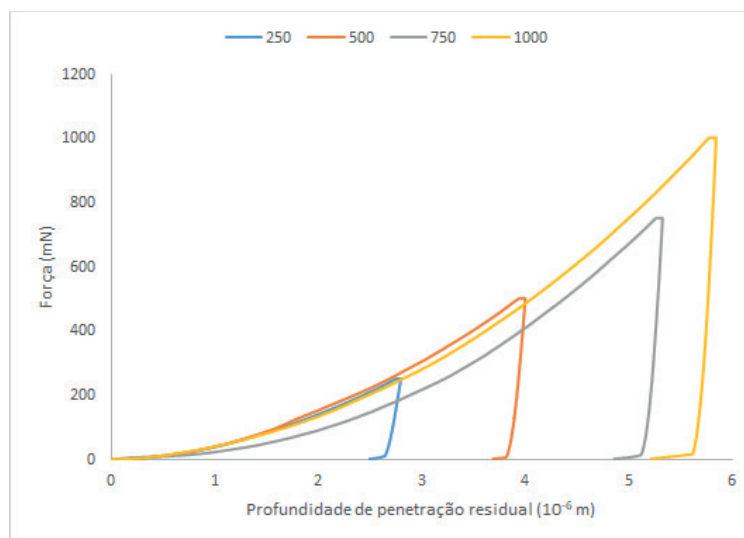


Figura 6 – Relação Força x Penetração na amostra de cobre.

Para os valores obtidos de dureza, conforme tabela 2 seguinte, indica que o aumento da carga aplicada, de 250 a 1000 mN, indica uma redução da leitura de dureza do material de forma que a dispersão dos dados não é uniforme, indicando variabilidade da propriedade de dureza do cobre em função da carga aplicada. Deste modo, a dureza pode ser correlacionada com o limite de proporcionalidade (ASTM, 2017), indicando que o cobre atinge sua capacidade limite de acomodação espacial da microestrutura quando submetido a uma carga de 750 mN, consequência de um possível defeito microestrutural presente na microrregião analisada. Qualquer carga de valor superior não oferece o tempo necessário para que a estrutura de cobre possa se rearranjar e acomodar a carga e, com isto, a estrutura oferece resistência à penetração e a dureza toma sentido crescente, conforme figura 7 demonstra.

Força (mN)	Dureza (HV)	Módulo de elasticidade (MPa)	Profundidade máxima de penetração (μm)
250	110,01	1,28x10 ⁵	2,6707
500	107,32	1,89x10 ⁵	3,8752
750	90,698	1,97x10 ⁵	5,1916
1000	100,405	2,30x10 ⁵	5,6999

Tabela 2 – Dureza, módulo de elasticidade e profundidade de penetração média em função da carga aplicada.

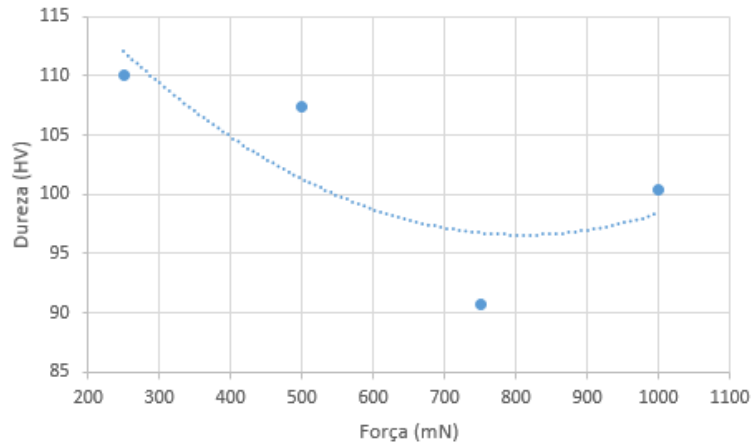


Figura 7 – Dureza em função da carga aplicada.

A Lei de Hooke (SILVA JÚNIOR E MARQUES, 2006; GARCIA, SPIM, DOS SANTOS, 2012) determina que, uma vez atingida a tensão limite de proporcionalidade, a deformação nele produzida é proporcional e sua relação é linear. Visto isso, é possível deduzir que a carga aplicada é diretamente proporcional ao módulo de elasticidade (E) do material. As variações mais significativas estão na faixa de 250 para 500 mN (+47,65%) e de 750 para 1000 mN (+16,75%), conforme figura 8, indicando a sua linha de tendência linear que existe uma correlação significativa entre os valores obtidos do E com a carga aplicada, uma vez que a dispersão dos pontos é menor em relação à dureza.

Observa-se também que a profundidade máxima de penetração aumenta com a carga aplicada, porém a variação de penetração reduz e identifica-se uma forte correlação entre a profundidade máxima e a carga aplicada no cobre, conforme figura 9. Isto indica que a velocidade de conformação da microestrutura do cobre aumenta conforme o aumento da carga aplicada, corroborando com as informações da tabela 2.

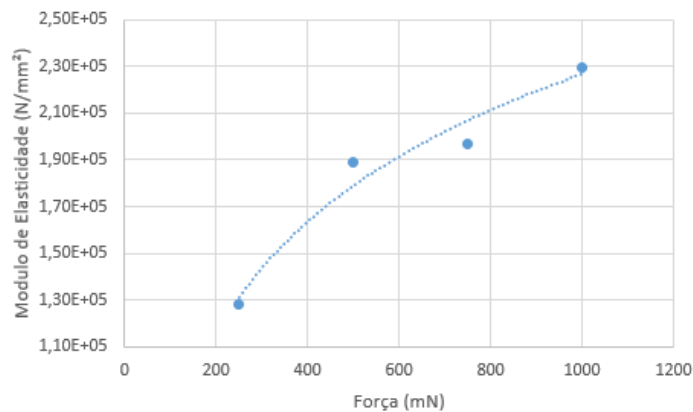


Figura 8 – Módulo de elasticidade em função da carga aplicada.

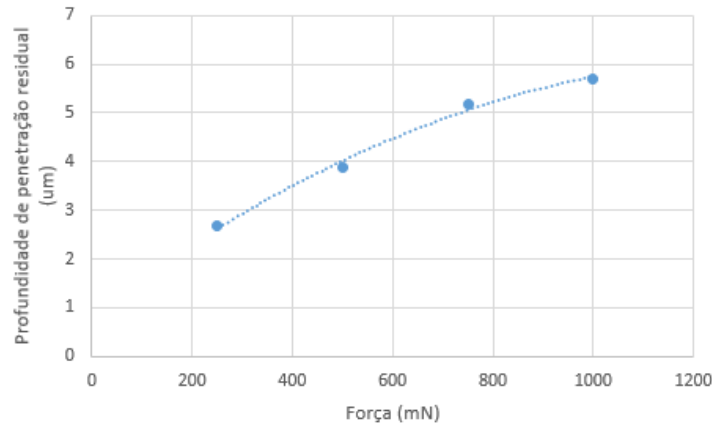


Figura 9 – Profundidade máxima de penetração em função da carga aplicada.

Após o ensaio, a amostra foi lixada e polida novamente para a execução do ataque com $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (cloreto de ferro hexahidratado) para observar a formação de contornos de grão. Os ataques realizados em 15 e 25 segundos, respectivamente, mostram que aos 15 segundos, a amostra não agiu de forma efetiva ao fazer o ataque e os contornos de grão não se apresentam. Em 25 segundos, o ataque apresentou os primeiros sinais de efetividade, apresentando no canto superior direito princípios de contorno de grão, conforme figura 10 seguinte, removendo quase em sua totalidade os defeitos observados na figura 5.

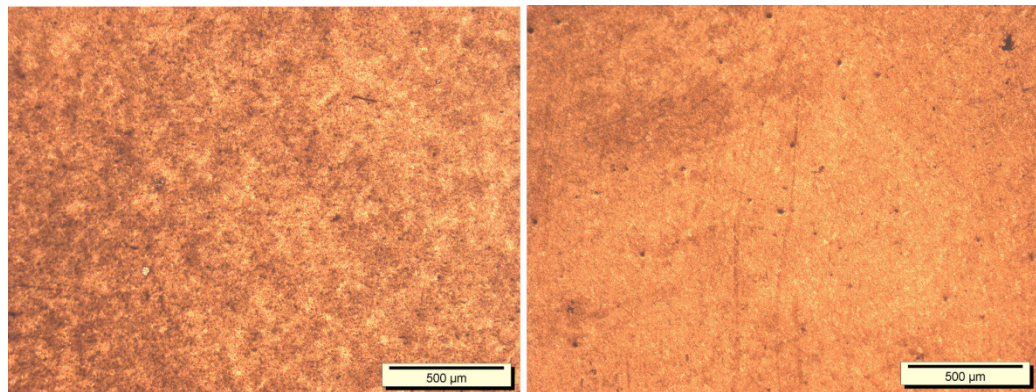


Figura 10 – Superfície da amostra de cobre após ataque de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ por 15 segundos (esq.) e por 25 segundos (dir.)

4 | CONCLUSÕES

De acordo com as informações obtidas, conclui-se que o experimento cujas características analisadas apontam que a dureza de um material está em função de um limite de carga aplicada, reduzindo o número da dureza. Porém, ao ultrapassar este limite, valores de carga aplicada implicam em um aumento de dureza do material, uma vez que a velocidade de acomodação do material se mostra insuficiente para distribuir a carga aplicada.

Não é possível estabelecer se existe a possibilidade de formação de trincas a

partir da carga aplicada no indentador com os recursos utilizados, porém é dedutível pelas informações computadas que o material oferece resistência à indentação, mas que a resistência está em função da velocidade de acomodação dos átomos da estrutura e na capacidade de dispersão da energia em função do volume da amostra analisada.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TEST AND MATERIALS – ASTM. **Standard test method for microindentation hardness of materials**. ASTM, West Conshohocken, USA, 2017.

BROCCHI, E. A. **Os metais: origens e principais processos de obtenção**. Disponível em <http://www.ccead.puc-rio.br/>, Rio de Janeiro, 2017.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8ª edição, Tradução de S. M. S. Soares, LTC, 2012.

COLPAERT, H. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 4ª edição revista e atualizada por A. L. V. Costa e Silva, Blucher, São Paulo, 2008.

DE LIMA, B. A. S. G. **Propriedades mecânicas da liga Al-Cu-Fe-B com estrutura icosaedral através da técnica de endentação instrumentada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2011.

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

INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANISATION – ISO. **Metallic materials – instrumented indentation test for hardness and materials parameters – part 1: test method**. ISO, Genebra, 2015.

MANNHEIMER, W. A. **Microscopia dos materiais: uma introdução**. Colaboração de P. F. Schmidt, G. F. Vander Voort e D. B. Williams, Sociedade Brasileira de Microscopia e Microanálise, Rio de Janeiro, 2002.

SCHON, C. G. **Mecânica dos materiais: fundamentos e tecnologia do comportamento mecânico**. Elsevier, Rio de Janeiro, 2013.

SILVA JUNIOR, S. F.; MARQUES, P. V. **Ensaio Não Destrutivos**. Disponível em <http://www.demec.ufmg.br/>, Belo Horizonte, 2006.

SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 5ª edição, Reimpressão, Tradução de N. G. Costa, R. D. M. de Carvalho e M. L. N. M. Melo, AMGH, Porto Alegre, 2012.

SOUZA, S. A. **Ensaio mecânicos de materiais metálicos: fundamentos teóricos e práticos**. 5ª edição, 6ª reimpressão, Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1995.

SOBRE O ORGANIZADOR

CLEBERTON CORREIA SANTOS- Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: cleber_frs@yahoo.com.br) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acompanhante de parto 103
Álgebra linear 47, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56
Aminas benzílicas 388, 389

B

Biodiesel 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148

C

Capacidade antioxidante 126
Construção Civil 86, 87, 88, 98, 155, 157, 158, 163, 236, 237, 255

E

Energia solar 35, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 45, 46
Estatística 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 46, 89, 95, 149, 153, 173, 215, 278, 360

F

Formação docente 22, 24, 358, 364, 402, 403

G

Gestão do Conhecimento 248, 260, 366, 368, 370, 372, 373, 374

L

Letramento matemático 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78
Líquido celomático 175, 176, 177, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186

M

Metátese 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33
Múltiplas escalas 79, 80, 81, 82, 84

O

Ontologias biomédicas 113, 115, 120, 122

P

Perdas 3, 8, 9, 46, 141, 142, 146, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163

R

Redes Neurais 262, 264, 273

S

Secagem 35, 36, 37, 38, 39, 45, 46, 144, 289, 296

Sistemas lineares 50, 53, 188, 190, 192, 193

T

Teor de fibras 149, 150, 151, 153

V

Vermicompostagem 175, 176, 187

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-623-2

