

**Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)**

Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica 3

Atena
Editora
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)

**Impactos das Tecnologias na
Engenharia Mecânica**
3

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

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)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia mecânica 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Mecânica; v.3)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN 978-85-7247-248-7

DOI 10.22533/at.ed.487190504

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica – Pesquisa – Brasil. 3. Produtividade industrial. 4. Tecnologia. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna. III. Série.

CDD 670.427

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.

2019

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.

APRESENTAÇÃO

A engenharia mecânica está em constante mudança, sendo uma das mais versáteis, se olhar desde seu surgimento durante a Revolução Industrial até os dias de hoje é visível a modernização e modificação dos métodos e das tecnologias empregadas.

Nesta evolução um dos pontos de destaque é a área de materiais e dos modos de obtenção dos mesmos, sendo responsável por grande parte desta modernização da área. Neste livro são tratados alguns assuntos ligados diretamente a área de matérias, bem como os processos de transformação dos mesmos em produtos finais.

A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas de desempenho técnico e econômico. Ainda são base da formação do engenheiro projetista cujo ofício se fundamenta na correta escolha de materiais e no processo de fabricação do mesmo.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a seleção, desenvolvimento e processos de obtenção e fabricação são apresentados nesse livro.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DAS LIGAS Al-3%Si E Al-9%Si ATRAVÉS DO PROCESSO “SQUEEZE-CASTING”, E A INFLUÊNCIA DA PRESSÃO NA DUREZA, MACRO E MICROESTRUTURA	
<i>Diógenes Linard Aquino Freitas</i> <i>Cláudio Alves de Siqueira Filho</i> <i>José Joelson de Melo Santiago</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905041	
CAPÍTULO 2	12
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE CEMENTANTES ATRAVÉS DA MEDIÇÃO DE MICRODUREZA VICKERS	
<i>Bernardo Rota</i> <i>Alisson Geovane Silva de Souza</i> <i>Annemarie Henker</i> <i>Daniel Amoretti Gonçalves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905042	
CAPÍTULO 3	22
ESTIMATIVA DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO USANDO O MÉTODO DO FIO QUENTE	
<i>Alisson Augusto Azevedo Figueiredo</i> <i>Jefferson Gomes do Nascimento</i> <i>Luís Henrique da Silva Ignácio</i> <i>Vinicius Soares Medeiros</i> <i>Fernando Costa Malheiros</i> <i>Henrique Coelho Fernandes</i> <i>Gilmar Guimarães</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905043	
CAPÍTULO 4	27
PROPRIEDADES TERMOFÍSICAS DE NANOFUIDOS TiO ₂	
<i>Letícia Raquel de Oliveira</i> <i>Stella Rodrigues Ferreira Lima Ribeiro</i> <i>David Fernando Marcucci Pico</i> <i>Alessandro Augusto Olimpio Ferreira Vittorino</i> <i>Enio Pedone Bandarra Filho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905044	
CAPÍTULO 5	35
DESENVOLVIMENTO DE UM INDENTADOR INSTRUMENTADO PARA MEDIÇÕES DE PROPRIEDADES ELÁSTICAS E PLÁSTICAS	
<i>Lucas dos Reis Heni Madeira</i> <i>Vinicius Carvalho Teles</i> <i>Washington Martins da Silva Junior</i>	
DOI 10.22533/at.ed.4871905045	

CAPÍTULO 6 43

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL EM HIDROXIAPATITA COMERCIAL E SINTETIZADA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO CASCA DE OVO DE GALINHA COMO PRECURSOR

Marcelo Vitor Ferreira Machado
José Brant de Campos
Marilza Sampaio Aguilar
Vitor Santos Ramos

DOI 10.22533/at.ed.4871905046

CAPÍTULO 7 53

PARAMETRIZAÇÃO DE TEXTURIZAÇÃO VIA MECT EM METAL PATENTE

Túlio Alves Rodrigues
Erika Michele Damas
Gabriela Caixeta Alcarria
Náthaly Nascimento Sousa
Washington Martins da Silva Junior

DOI 10.22533/at.ed.4871905047

CAPÍTULO 8 59

CORRELAÇÃO ENTRE DIFERENTES FORMAS DE AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL DE FERROS FUNDIDOS E SEU COEFICIENTE DE ATRITO

Luiz Eduardo Rodrigues Vieira
Guilherme de Oliveira Castanheira
Leonardo Rosa Ribeiro da Silva
Wisley Falco Sales
Álisson Rocha Machado
Wilson Luiz Guessser

DOI 10.22533/at.ed.4871905048

CAPÍTULO 9 69

MANUFATURA DE LIGA DE AL5%CU PELO PROCESSO DE METALURGIA DO PÓ

André Pereira da Silva
Juliano de Lemos Navarro
Leonardo Almeida Lopes
Felipe Antônio Viana de Araújo
Gabriel Aires Honorato
Sérgio Mateus Brandão

DOI 10.22533/at.ed.4871905049

CAPÍTULO 10 85

ANÁLISE DO FENÔMENO DAS BOLHAS EM SOLDAGEM SUBAQUÁTICA MOLHADA COM ARAME TUBULAR AUTOPROTEGIDO

Camilla Mara Mendonça
Alexandre Queiroz Bracarense
Douglas de Oliveira Santana
Marcelo Teodoro Assunção

DOI 10.22533/at.ed.48719050410

CAPÍTULO 11	99
O MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS NA SIMULAÇÃO DE OPERAÇÕES DE SOLDAGEM	
<i>Heitor Abdias da Silva Pereira</i>	
<i>Marcelo Cavalcanti Rodrigues</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050411	
CAPÍTULO 12	114
ANÁLISE EXPERIMENTAL DA USINAGEM COM AÇO INOXIDÁVEL	
<i>Gabriella Arruda Martins</i>	
<i>Lays Edinir da Cunha</i>	
<i>Luís Gustavo Moreira</i>	
<i>Mikael Henrique Morais</i>	
<i>Thomas Ernst de Goes Ferreira Kohler</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050412	
CAPÍTULO 13	123
AVALIAÇÃO DO PARÂMETRO DE RUGOSIDADE R_v DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS USINADOS PELO PROCESSO DE BRUNIMENTO FLEXÍVEL	
<i>Leandro Carvalho Pereira</i>	
<i>Leonardo Rosa Ribeiro da Silva</i>	
<i>Rosenda Valdés Arencibia</i>	
<i>Luciano José Arantes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050413	
CAPÍTULO 14	131
INFLUÊNCIA DO FLUIDO DE CORTE NO DESGASTE DE MICROFRESAS DE METAL DURO NA MICROUSINAGEM DO AÇO INOXIDÁVEL DUPLEX UNS S32205	
<i>Aline Gonçalves dos Santos</i>	
<i>Daniel Fernandes da Cunha</i>	
<i>Mayara Fernanda Pereira</i>	
<i>Bruno Souza Abrão</i>	
<i>Mark James Jackson</i>	
<i>Márcio Bacci da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050414	
CAPÍTULO 15	139
GERAÇÃO E PARTIÇÃO DE CALOR EM USINAGEM POR MEIO DO MÉTODO CALORIMÉTRICO: UMA REVISÃO	
<i>Ivanilson Sousa da Costa</i>	
<i>Márcio Bacci da Silva</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050415	
CAPÍTULO 16	153
GERAÇÃO DE CALOR NA FURAÇÃO DO FERRO FUNDIDO CINZENTO POR MEIO DO MÉTODO CALORIMÉTRICO	
<i>Ivanilson Sousa da Costa</i>	
<i>Guilherme Henrique Alves Andrade</i>	
<i>Márcio Bacci da Silva</i>	

DOI 10.22533/at.ed.48719050416

CAPÍTULO 17 168

MEDIÇÃO DE TEMPERATURA DE USINAGEM EM AÇOS DE CORTE FÁCIL POR MEIO DO MÉTODO DO TERMOPAR FERRAMENTA- PEÇA

Ivanilson Sousa da Costa

Márcio Bacci da Silva

DOI 10.22533/at.ed.48719050417

CAPÍTULO 18 177

SISTEMA DE MEDIÇÃO DE POTÊNCIA NO PROCESSO DE FRESAMENTO UTILIZANDO SENSORES POR EFEITO HALL

Leonardo Rosa Ribeiro da Silva

Kenji Fabiano Ávila Okada

Gabriel Marçal de Carvalho

Eder Silva Costa

Álisson Rocha Machado

DOI 10.22533/at.ed.48719050418

CAPÍTULO 19 187

INFLUÊNCIA DE VÁRIOS PARÂMETROS OPERACIONAIS EM RETIFICAÇÃO NO ACABAMENTO E NA TEXTURA DA SUPERFÍCIE DE FERRO FUNDIDO CINZENTO

Bruno Souza Abrão

Mayara Fernanda Pereira

Mariana Landim Silveira Lima

Eduardo Carlos Bianchi

Rosemar Batista da Silva

DOI 10.22533/at.ed.48719050419

CAPÍTULO 20 193

INFLUÊNCIA DA PENETRAÇÃO DE TRABALHO E VELOCIDADE DA PEÇA NO ACABAMENTO DO FERRO FUNDIDO VERMICULAR APÓS A RETIFICAÇÃO COM REBOLO DE SIC

Lurian Souza Vieira da Silva

Rosemar Batista da Silva

Mariana Landim Silveira Lima

Deborah de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.48719050420

CAPÍTULO 21 202

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE USINAGEM DO BRUNIMENTO FLEXÍVEL NA QUALIDADE GEOMÉTRICA DE CILINDROS DE BLOCOS DE COMPRESSORES HERMÉTICOS

Leandro Carvalho Pereira

Leonardo Rosa Ribeiro da Silva

Rosenda Valdés Arencibia

Luciano José Arantes

DOI 10.22533/at.ed.48719050421

CAPÍTULO 22	210
USINAGEM ELETROQUÍMICA SUPERFICIAL EM AMOSTRAS DE FERRO FUNDIDO	
<i>Leonardo Rosa Ribeiro da Silva</i>	
<i>Leandro Carvalho Pereira</i>	
<i>Henara Lilian Costa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.48719050422	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	219

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA E MICROESTRUTURAL EM HIDROXIAPATITA COMERCIAL E SINTETIZADA PELO MÉTODO SOL-GEL UTILIZANDO CASCA DE OVO DE GALINHA COMO PRECURSOR

Marcelo Vitor Ferreira Machado

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Quissamã, RJ

José Brant de Campos

Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ

Marilza Sampaio Aguiar

Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, RJ

Vitor Santos Ramos

Universidade do Estado do Rio de Janeiro e Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, RJ

RESUMO: A proposta deste trabalho é determinar uma das mais importantes propriedades mecânicas dos materiais cerâmicos, a dureza. Nosso material de trabalho é uma cerâmica chamada de hidroxiapatita (HAP), neste caso sintetizada usando cascas de ovos de galinha como precursor. Uma vez considerando os parâmetros experimentais de força do indentador e tempo determinados, foram obtidas medidas de microdureza Vickers para novos corpos de prova, tanto para a HAP sintetizada a partir de cascas de ovos de galinha como para a HAP comercial para fins comparação de resultados. A caracterização microestrutural dos materiais, bem como de seus corpos de prova, foi realizada pelos ensaios em microscópio eletrônico de varredura, onde obteve-se o tamanho médio

das partículas das HAPs (comercial e cascas de ovos de galinha), de difração de raio-X em conjunto com as análises termogravimétricas feitas para os pós de HAPs.

PALAVRAS-CHAVE: Hidroxiapatita, Cascas de Ovos de Galinha, Microdureza Vickers, Caracterização Mecânica e Microestrutural.

ABSTRACT: The proposal of this work is determine one of most important mechanical properties of brittle materials, the hardness. Our work brittle material are hydroxyapatite (HAP) synthesized using chicken eggs shells as precursors and commercial hydroxyapatite. Once assuming the experimental parameters to indenter force and time determined, we have measured the Vickers microhardness to HAP synthesized from chicken eggs shell samples and have compared them with Vickers microhardness measures obtained to commercial HAP samples. These microhardness measures are part of mechanical characterization proposal in this research to these two types of hydroxyapatites. Microstructural characterization to these materials and to the samples produced from them, have been achieved using a field emission scanning electron microscope and have obtained the mean size of these HAP particles, using X-ray diffraction and thermogravimetric analysis too.

KEYWORDS: Hydroxyapatite; Chicken Eggs Shell; Vickers Microhardness; Mechanical and

1 | INTRODUÇÃO

Considerando os avanços nas pesquisas em materiais biocompatíveis, a hidroxiapatita (HAP) tem se revelado uma importante alternativa para reparos ósseos e implantes ortodônticos. Por conta de sua similaridade com a fase inorgânica do tecido ósseo e de suas propriedades osteocondutoras (Andrade, 1998), a HAP é um material cerâmico que não apresenta rejeições.

Em geral, uma das características mais importantes das pesquisas com este material, é a busca em melhorar as propriedades mecânicas da HAP sintetizada, obtida através do uso de diferentes métodos químicos e materiais precursores. Referente às medições de microdureza, outras propriedades mecânicas podem ser determinadas a partir destas. Por exemplo, coeficiente de tenacidade à fratura (K_{IC}), módulo de elasticidade (E) e a análise dos efeitos do encruamento (Muralithran & Ramesh, 2000), no comportamento plástico.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Usando uma prensa hidráulica uniaxial (M. Moutinho – Máquinas Operatrizes, Ferramentas em Geral e Abrasivos, modelo EVA 6052), foram produzidos corpos de prova a partir dos pós das hidroxiapatitas (comercial e sintetizada a partir de cascas de ovo de galinha) aplicando-se uma força de compressão de 4000 kgf durante 20 minutos, ou seja, Para a conformação destes corpos de prova (6 de HAP oriunda de cascas de ovos de galinha e 3 de HAP comercial), utilizou-se uma matriz de aço 4340 com 15,20 mm de diâmetro, totalizando uma tensão média aplicada de aproximadamente 216,25 MPa. Posteriormente, houve o processo de sinterização, o qual ocorreu em um forno Mufla da fabricante Quimis a 1000 °C durante duas horas. Vale salientar ainda que as densidades dos corpos de prova foram determinadas antes e após o processo de sinterização, através da medição das massas e das medidas geométricas dos corpos de prova.

A preparação dos corpos de prova para as medições de microdureza Vickers, consistiu no lixamento das superfícies a serem testadas. Após essa etapa, 36 medidas de microdureza Vickers foram obtidas nas superfícies dos 6 corpos de prova de HAP sintetizada a partir de cascas de ovos de galinha e outras 36 medidas foram obtidas nos 3 corpos de prova de HAP comercial. As medidas foram realizadas em um microdurômetro, marca Panambra modelo Pantec HDX-1000TM.

Três procedimentos foram realizados afim de caracterizar micro estruturalmente os materiais e corpos de prova produzidos com os mesmos, foram realizadas as

análises microscópicas com os pós das duas hidroxiapatitas utilizadas nesta pesquisa, difração de raio-X em corpos de prova e pós e a análise termogravimétricas de ambos os pós.

A análise microscópica dos pós das duas HAPs foi realizada afim de determinar o tamanho médio das partículas de cada um dos pós utilizados, o equipamento SEM-FEG, modelo JEOL JSM 7100F, do NanoFab, Laboratório de Nano Fabricação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da UERJ. As difrações de raios X foram realizadas para evidenciar as fases presentes nas amostras ensaiadas. Os ensaios de difração de raio X realizados neste estudo foram para ambos os pós de hidroxiapatitas (a oriunda de casca de ovo de galinha e a comercial), para os corpos de prova não sinterizados das duas hidroxiapatitas, para os corpos de prova sinterizados e para os sinterizados e ensaiados também destes dois materiais a serem confrontados. As difrações foram realizadas no equipamento PANalytical, modelo XPD X'Pert PRO do Laboratório de Difração de Raios X do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), já os refinamentos, foram obtidos com auxílio do software TOPAS, o qual usa o método de Rietveld. Para complementar as caracterizações microestruturais, realizou-se uma análise termogravimétrica na termo-balança da marca Netzsch, modelo STA 449 F3 do Laboratório de Análises Térmicas (LAT) do Departamento de Ciências dos Materiais e Metalúrgica da PUC-Rio.

3 | RESULTADOS

Os parametros experimentais para os ensaios de microdureza Vickers determinados foram: 200 gf para a força de aplicação do indentador sobre a superfície dos corpos de prova (mostrou uma melhor impressão entre as forças testadas, 50 gf, 100gf) e 15 s para o tempo de indentação de acordo com a norma ASTM C1327 – 08. Após a definição destes parâmetros experimentais, executaram-se as medições de microdureza Vickers nos corpos de prova das HAPs, oriunda de cascas de ovos de galinha e comercial. Naqueles, os resultados obtidos foram:

Média: 35.846 HV

Desvio Padrão: 4.198

Amplitude: 19.347 HV

E em sequência, para a HAP comercial obteve-se:

Média: 40.860 HV

Desvio Padrão: 5.952

Amplitude: 21.503 HV

Nota-se, que a média das medidas feitas nos corpos de prova de HAP de cascas de ovos está contida na dispersão em relação à média dos valores determinados para os corpos de prova de HAP comercial. A maior média dos valores de HAP comercial em relação à média calculada para os valores medidos nos corpos de prova de HAP sintetizada a partir de cascas de ovos de galinha, está associada a uma maior compactação, densidade, daqueles em relação a estes, haja vista, que o tamanho médio das partículas dos pós de HAP comercial são menores do que as de HAP de cascas de ovos de galinha, como pode ser visto adiante.

3.1 Gráficos

Os histogramas relacionando o número de medidas (eixo vertical) com as respectivas faixas de valores medidos para microdureza Vickers para cada tipo de HAP (eixo horizontal), estão mostrados a seguir:

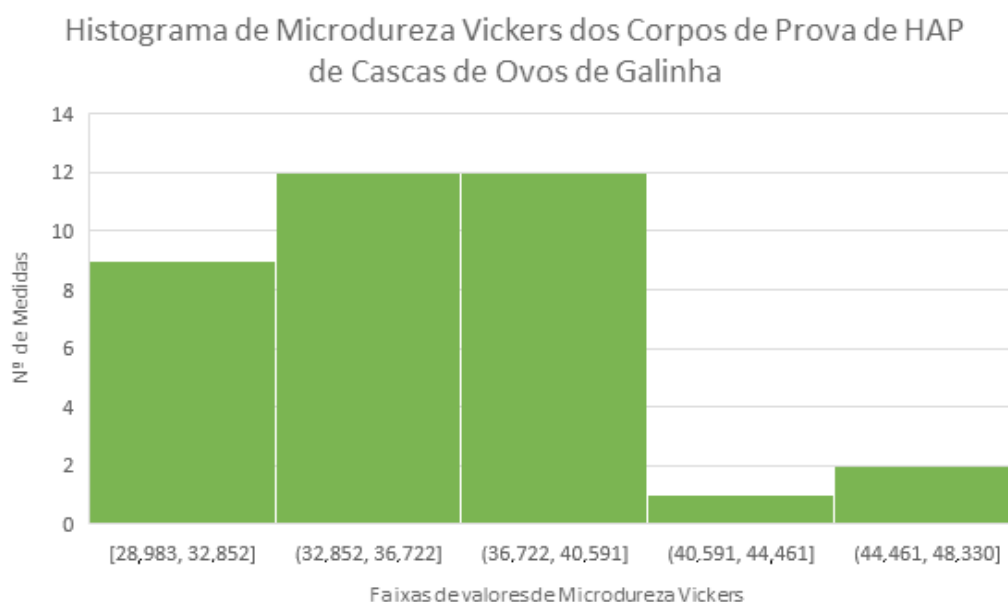


Figura 1: Histograma para HAP de cascas de ovos.

Histograma de Microdureza Vickers dos Corpos de Prova de HAP Comercial

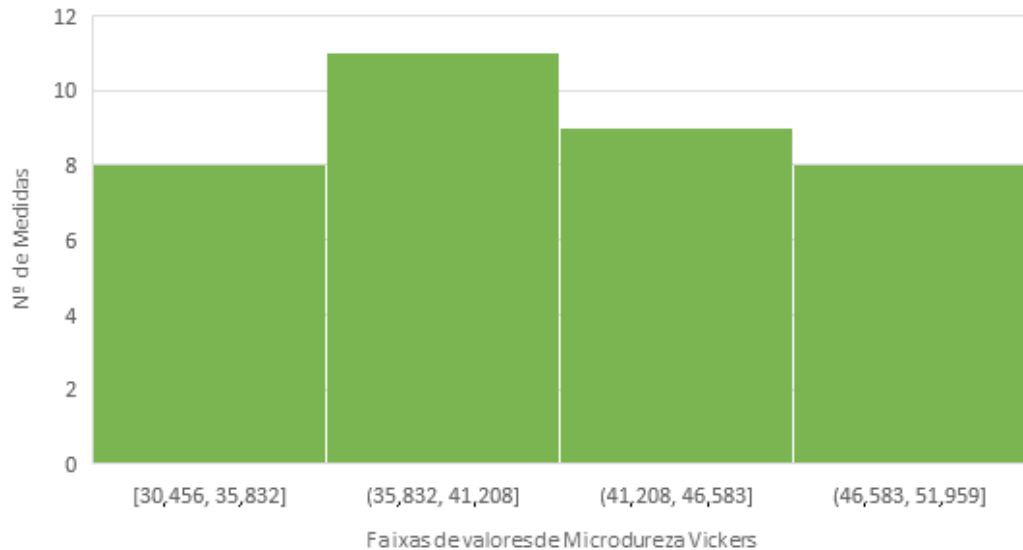


Figura 2: Histograma para HAP comercial.

Alguns dos principais resultados dos ensaios relativos à caracterização microestrutural estão comentados e podem ser vistos abaixo:

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) mostrou que as partículas do pó de HAP comercial são menores que as do pó de HAP de cascas de ovos, o que proporcionou uma maior compactação nos corpos de prova de HAP comercial. Vale ressaltar que as melhores imagens obtidas, isolando-se ao máximo, partículas dos dois pós somente foram conseguidas com fatores de ampliação distintos no MEV.

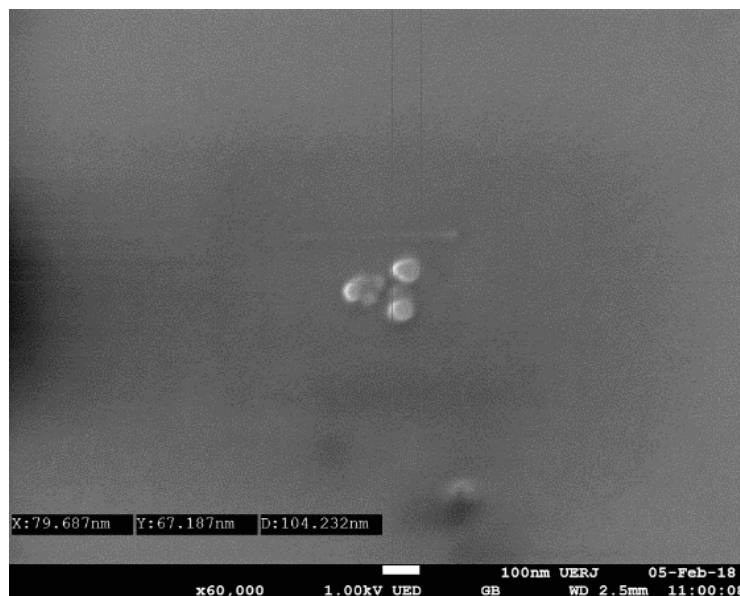


Figura 3 – Tamanho de partícula do pó de HAP comercial.

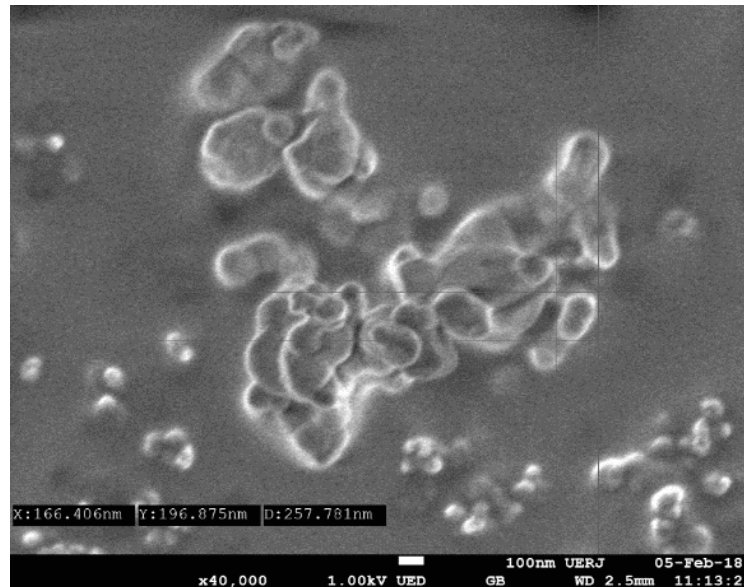


Figura 4 – Tamanho de partícula do pó de HAP de cascas de ovos.

Para a análise da difração de raio-x, destacam-se as fases obtidas a partir dos difratômetros dos corpos de prova de HAP sintetizada a partir de cascas de ovos de galinha sinterizados e ensaiados no microdurômetro e os corpos de prova de HAP comercial sinterizados e ensaiados no microdurômetro. Respectivamente, obteve-se:

Casca de Ovo

HAP = 8,59%

Beta-TCP = 5,61%

Whitiloquita = 85,80%

Comercial

HAP = 39,32%

Beta-TCP = 9,64%

Whitiloquita = 51,04%

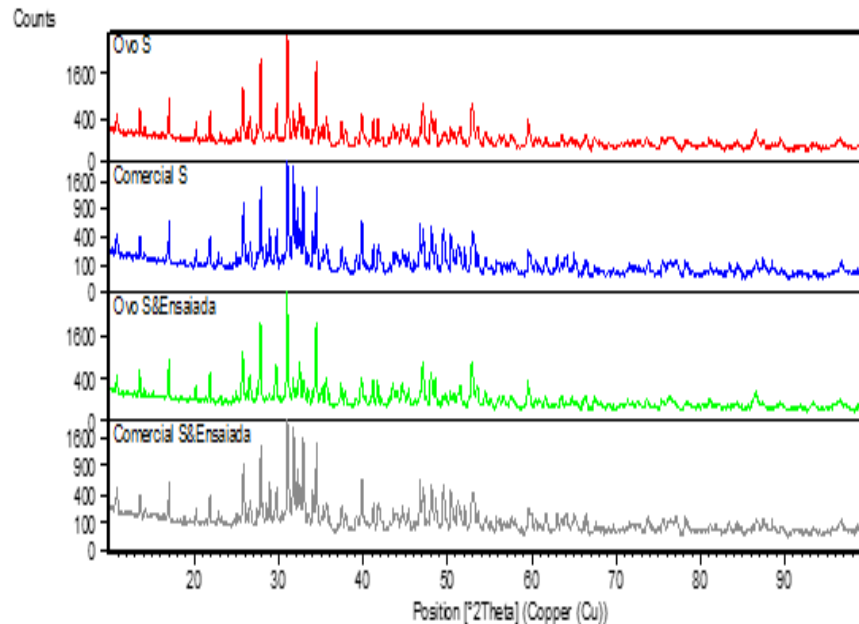


Figura 5 – Comparação entre difratogramas de corpos de prova sinterizados de HAP de casca de ovo de galinha e comercial e corpos de prova sinterizados e ensaiados dos dois materiais.

A análise termogravimétrica realizada com os pós das duas HAPs, mostrou para o pó de hidroxiapatita sintetizada a partir de cascas de ovos de galinha próxima a 100 °C, referente ao processo de vaporização de água que estava presente no material, ou seja, ocorre uma desidratação do material nesta etapa. Posteriormente, observa-se uma perda de massa em torno de 1000 °C, possivelmente associado a adsorção de gases durante essa etapa do teste, levantando a suspeita de que este material seja microporoso. Como há uma acentuada adsorção, a suspeita de microporosidade da hidroxiapatita sintetizada a partir de cascas de ovos de galinha pode vir a ser confirmada por uma análise de BET em um trabalho futuro.

Todas essas características da análise termogravimétrica destacadas acima, podem ser verificadas nos gráficos a seguir, os quais representam a análise para o pó de HAP sintetizada a partir de cascas de ovos de galinha e para o pó de HAP comercial, respectivamente.

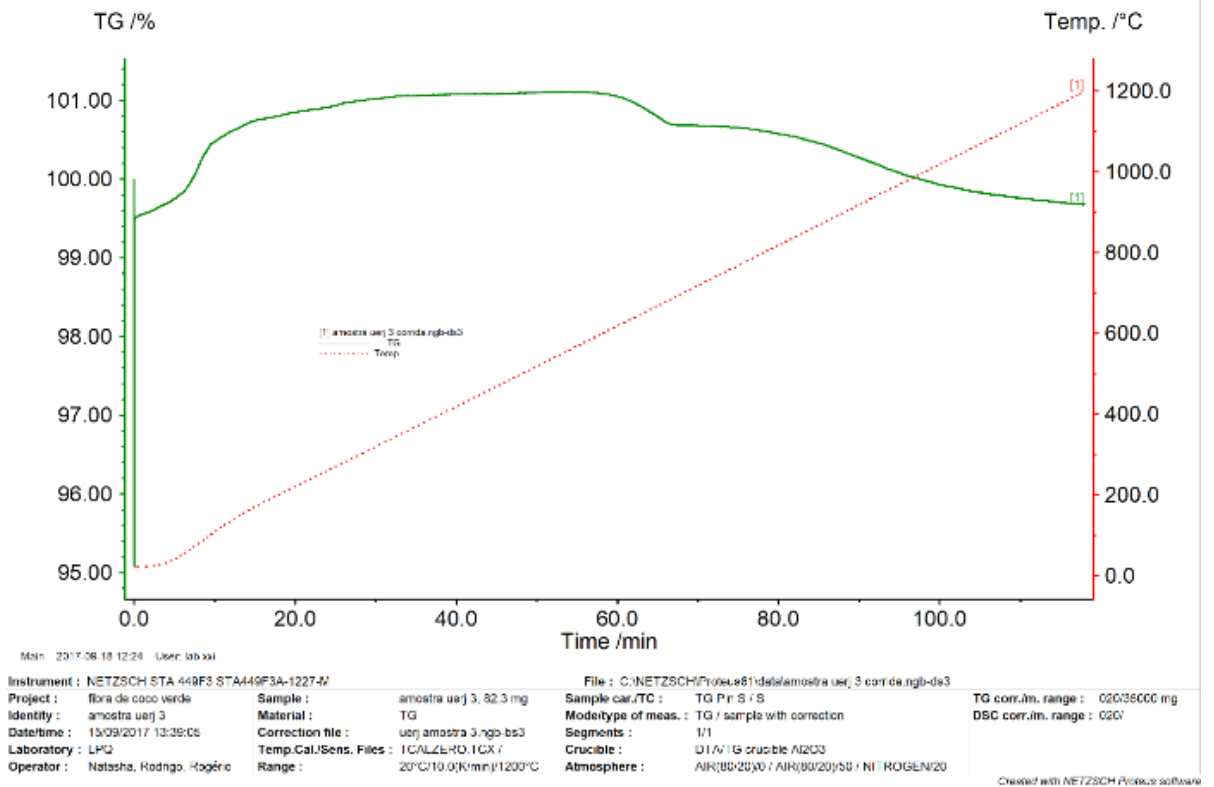


Figura 6 – Análise termogravimétrica do pó de HAP de casca de ovo de galinha.

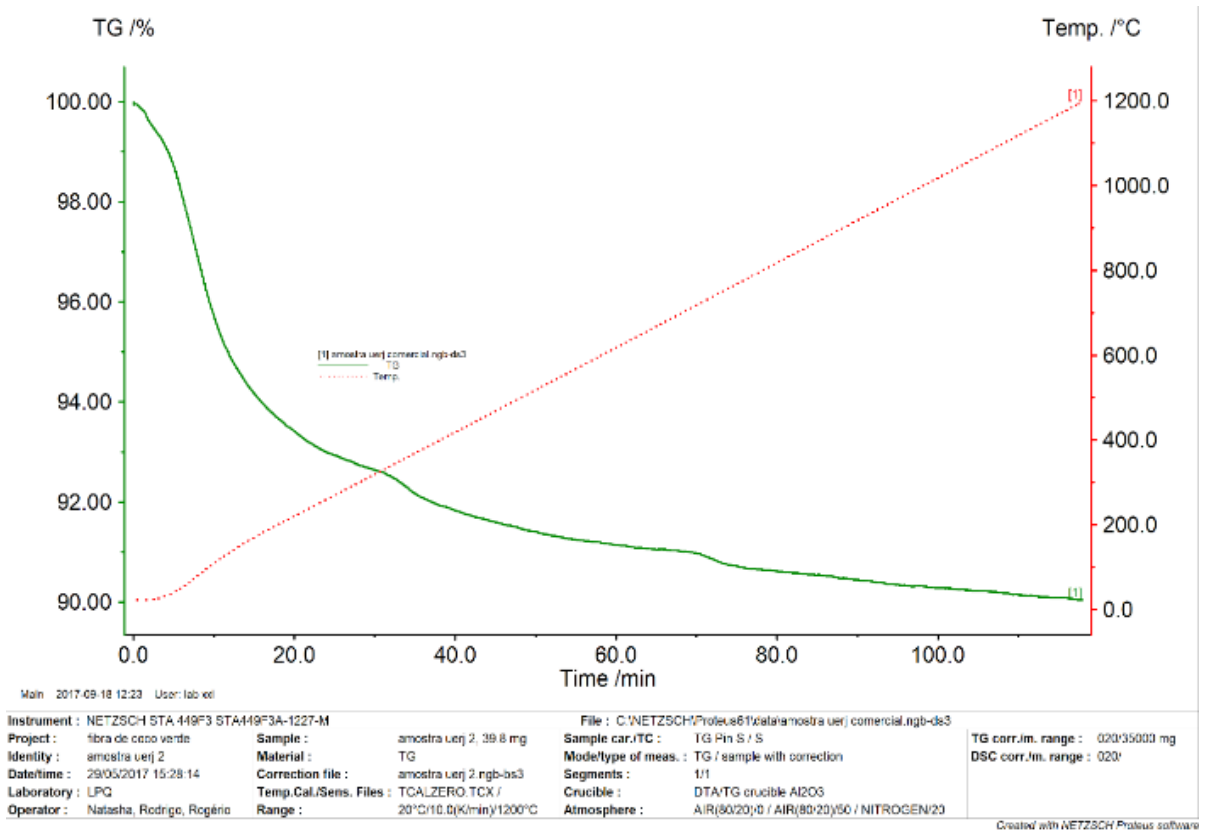


Figura 7 – Análise termogravimétrica do pó de HAP comercial.

4 | CONCLUSÃO

A dispersão em torno da média das medidas feitas nos corpos de prova de hidroxiapatita comercial é maior do que a dispersão das medições realizadas nos corpos de prova de HAP que usa cascas de ovos de galinha como precursor, o suficiente para contemplar a média dos valores de microdureza Vickers obtidos para estes. A observação dos dados estatísticos obtidos, ainda nos permite verificar que a média calculada para os valores de microdureza Vickers nos corpos de prova do material sintetizado a partir de cascas de ovos, está contida dentro da dispersão em torno da média obtida para os corpos de hidroxiapatita comercial, ou seja, o desvio padrão observado nas medições para a HAP comercial engloba a média obtida para os valores verificados nos corpos de prova de hidroxiapatita de cascas de ovos de galinha.

A maior densidade dos corpos de prova de hidroxiapatita comercial em relação aos de cascas de ovos de galinha, ajuda a entender a média mais elevada de valores medidos de microdureza Vickers para este material em relação à média calculada para as medidas realizadas nos corpos de prova de HAP de cascas de ovos de galinha.

Nota-se uma razoável congruência entre os valores de microdureza Vickers medidos para ambos os materiais, com as médias das medidas diferindo em apenas 12,27%.

Com relação a análise de MEV, observou-se que o tamanho médio das partículas de HAP comercial são, em geral, menores do que as de HAP de cascas de ovos de galinha, o que ajuda a entender a maior compactação/densidade dos corpos de prova de HAP comercial e por consequência direta, a maior média de microdureza Vickers observada nos mesmos.

Devido as diferenças existentes nas porcentagens das fases observadas nas amostras utilizadas para medição de microdureza, as medidas não puderam ter dados estatísticos com maior congruência do que a observada.

Para a análise termogravimétrica observa-se para a hidroxiapatita comercial uma gradual perda de massa a partir de 100 °C (pó de HAP comercial mostra uma única fase presente) e para a HAP de casca de ovo, um significativo ganho de massa em torno desse mesmo patamar de temperatura com consequente perda de massa a cerca de 1000 °C. Este comportamento distinto, está relacionado às três fases presentes no pó de HAP oriunda de cascas de ovos de galinha. Além disso, suspeita-se que este último material citado seja microporoso devido a acentuada adsorção de gases em torno de 1000 °C.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer aos professores Francisco José Moura e Rogério Navarro C. de Siqueira do Departamento de Engenharia de Materiais da PUC-Rio e Célio Albano da Costa Neto do Programa de Pós Graduação em Engenharia de

REFERÊNCIAS

- Andrade, A. L., (1998), **Synthesis, Characterization, Tests and Use of HAP-91 Obtained from Calcite**, Dissertação de Mestrado. EQ/UFGM, Belo Horizonte.
- Campos, J. B., Sampaio, M. A., Di Lello, B. C. (2009), **Síntese de Hidroxiapatita Utilizando como Precursor Carbonato de Cálcio de Origem Biológica (1,2,3)**, Relatório para pedido de patente de síntese de hidroxiapatita.
- Ferreira, J. R. M., da Rocha, D. N., Louro, L. H. L., Prado da Silva, M. H., (2013) **Phosphating of Calcium Carbonate for Obtaining Hydroxyapatite from the Ostrich Egg Shell**, Engineering Materials v. 587 p. 69-73.
- Gomes L. C., Di Lello, B. C., Campos, J. B., Sampaio, M. A. (2012) **Synthesis and Calcium Phosphate Characterization Using Chicken Eggs Shell as Precursor**, Cerâm. V. 58 p. 448-452.
- Jiang, Y. Y., Zhu, Y. J., Li, H., Zhang, Y. G., Shen, Y. Q., Sun, T. W., Chen, F. (2007), **Preparation and Enhanced Mechanical Properties of Hybrid Hydrogels Comprising Ultralong Hydroxyapatite Nanowires and Sodium**, Journal of Colloid and Interface Science 497 266–275.
- Marshall, D. B., Lawn B. R. (1979) **Residual Stress Effects in Sharp Contact Cracking**, Journal of Materials Science 14 2001 – 2012.
- Muralithran, G., Ramesh S., (2000) **The Effects of Sintering Temperature on the Properties of Hydroxiapatite**, Ceramics International 26 221 – 230.
- Sampaio, Maybi Fálker, (2015) **Fundamentos e Roteiro da Caracterização de Materiais por DRX/MEV-EDS e Aplicação destas Técnicas em um Estudo de Caso: Finos de uma Liga FeCrAC e os Produtos do seu Processamento Químico**, Dissertação de Mestrado PPG-EM/UERJ, Rio de Janeiro.
- Scherrer, S. S., Kelly, J. R., Quinn, G. D., Xu, D. (1999) **Fracture Toughness of a Dental Porcelain Determined by Fractographic Analysis**, Dental Materials 15 342-348.
- The American Society for Testing and Materials, ASTM C1327-15: **Standard Test Method for Vickers Indentation Hardness of Advanced Ceramics.**, United States of America, 2008.
- Ximenes, Matheus Costa. **Análise de Tenacidade a Fratura para Carbetto de Boro a partir de Ensaio de dureza Vickers e Knoop.**, Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica na área de Mecânica dos Sólidos, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- Zisis, T., Giannakopoulos, A. E. (2011) **Analysis of Knoop Indentation Strain Hardening Effects**, International Journal of Solids and Structures 48 3217 – 3231.

SOBRE O ORGANIZADOR

Henrique Ajuz Holzmann - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

Ricardo Vinicius Bubna Biscaia - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-248-7

