

MEIO AMBIENTE, SUSTENTABILIDADE E AGROECOLOGIA 4

Tayronne de Almeida Rodrigues
João Leandro Neto
Dennyura Oliveira Galvão
(Organizadores)

 **Atena**
Editora

Ano 2019

Tayronne de Almeida Rodrigues
João Leandro Neto
Dennyura Oliveira Galvão
(Organizadores)

Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia 4

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)

M514 Meio ambiente, sustentabilidade e agroecologia 4 [recurso eletrônico]
/ Organizadores Tayronne de Almeida Rodrigues, João Leandro Neto, Dennyura Oliveira Galvão. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia; v. 4)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-330-9

DOI 10.22533/at.ed.309191604

1. Agroecologia – Pesquisa – Brasil. 2. Meio ambiente – Pesquisa – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Rodrigues, Tayronne de Almeida. II. Leandro Neto, João. III. Galvão, Dennyura Oliveira. IV. Série.

CDD 630

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 obra Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia vem tratar de um conjunto de atitudes, de ideias que são viáveis para a sociedade, em busca da preservação dos recursos naturais.

Em sua origem a espécie humana era nômade, e vivia integrada a natureza, sobreviviam da caça e da colheita. Ao perceber o esgotamento de recursos na região onde habitavam, migravam para outra área, permitindo que houvesse uma reposição natural do que foi destruído. Com a chegada da agricultura o ser humano desenvolveu métodos de irrigação, além da domesticação de animais e também descobriu que a natureza oferecia elementos extraídos e trabalhados que podiam ser transformados em diversos utensílios. As pequenas tribos cresceram, formando cidades, reinos e até mesmo impérios e a intervenção do homem embora pareça benéfica, passou a alterar cada vez mais negativamente o meio ambiente.

No século com XIX as máquinas a vapor movidas a carvão mineral, a Revolução Industrial mudaria para sempre a sociedade humana. A produção em grande volume dos itens de consumo começou a gerar demandas e com isso a extração de recursos naturais foi intensificada. Até a agricultura que antes era destinada a subsistência passou a ter larga escala, com cultivos para a venda em diversos mercados do mundo. Atualmente esse modelo de consumo, produção, extração desenfreada ameaça não apenas a natureza, mas sua própria existência. Percebe-se o esgotamento de recursos essenciais para as diversas atividades humanas e a extinção de animais que antes eram abundantes no planeta. Por estes motivos é necessário que o ser humano adote uma postura mais sustentável.

A ONU desenvolveu o conceito de sustentabilidade como desenvolvimento que responde as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras de satisfazer seus próprios anseios. A sustentabilidade possui quatro vertentes principais: ambiental, econômica, social e cultural, que trata do uso consciente dos recursos naturais, bem como planejamento para sua reposição, bem como no reaproveitamento de matérias primas, no desenvolvimento de métodos mais baratos, na integração de todos os indivíduos na sociedade, proporcionando as condições necessárias para que exerçam sua cidadania e a integração do desenvolvimento tecnológico social, perpetuando dessa maneira as heranças culturais de cada povo. Para que isso ocorra as entidades e governos precisam estar juntos, seja utilizando transportes alternativos, reciclando, incentivando a permacultura, o consumo de alimentos orgânicos ou fomentando o uso de energias renováveis.

No âmbito da Agroecologia apresentam-se conceitos e metodologias para estudar os agroecossistemas, cujo objetivo é permitir a implantação e o desenvolvimento de estilos de agricultura com maior sustentabilidade, como bem tratam os autores desta obra. A agroecologia está preocupada com o equilíbrio da natureza e a produção de alimentos sustentáveis, como também é um organismo vivo com sistemas integrados

entre si: solo, árvores, plantas cultivadas e animais.

Ao publicar esta obra a Atena Editora, mostra seu ato de responsabilidade com o planeta quando incentiva estudos nessa área, com a finalidade das sociedades sustentáveis adotarem a preocupação com o futuro. Tenham uma excelente leitura!

Tayronne de Almeida Rodrigues

João Leandro Neto

Dennyura Oliveira Galvão

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
SYNTHESIS OF TRANSITION METAL NITRIDE AT LOW TEMPERATURE FROM COMPLEXED PRECURSOR	
Rayane Ricardo da Silva Carlson Pereira de Souza André Luís Lopes Moriyama	
DOI 10.22533/at.ed.3091916041	
CAPÍTULO 2	8
TÉCNICAS ASSOCIADAS DE REMEDIAÇÃO DE CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA E DO SOLO POR HIDROCARBONETOS: ESTUDO DE CASO EM POSTO DE COMBUSTÍVEL	
José Eduardo Taddei Cardoso Paulo Cesar Lodi Ana Maria Taddei Cardoso de Barros	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042	
CAPÍTULO 3	17
TÉCNICAS DE MANEJO PARA RECUPERAÇÃO DE POMAR DE CUPUAÇUZEIRO COM HISTÓRICO DE ALTA INFESTAÇÃO DA DOENÇA VASSOURA-DE-BRUXA	
Hyanameyka Evangelista de Lima Primo Teresinha Silveira Costa Albuquerque Alcides Galvão dos Santos Rosiere Fonteles de Araújo Ezequiel Souza Queiroz Raimundo Silva Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.3091916043	
CAPÍTULO 4	26
TELECONEXÕES ENTRE O EL NIÑO OSCILAÇÃO SUL E O MODO ANULAR AUSTRAL EM EVENTOS EXTREMOS DE ONDA NAS REGIÕES OCEÂNICAS SUL E SUDESTE DO BRASIL	
Luthiene Alves Dalanhese Thaís Lobato Sarmento André Luiz Belém	
DOI 10.22533/at.ed.3091916044	
CAPÍTULO 5	38
TOPOSLICER® SOFTWARE FOR BIOINSPIRATION USING DOD INKJET PRINTING: FROM AFM IMAGE OF LEAFS TEMPLATES TO A PVB REPLICA OF NON-WETTING SURFACES	
Rosely Santos de Queiroz Elibe Silva Souza Negreiros Sílvio Barros de Melo Severino Alves Júnior Petrus d'Amorim Santa Cruz Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.3091916045	

CAPÍTULO 6 45

UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE PROSIMPLUS® PARA SIMULAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO CONVENCIONAL

Tatiana da Silva Sant'Ana
Thaís Cardozo Almeida
Sávio de Meneses Leite Asevedo
Isabella Muniz Monteiro Neves
Elisa Barbosa Marra
Camilla Rocha de Oliveira Fontoura
Moisés Teles Madureira
Cristiane de Souza Siqueira Pereira

DOI 10.22533/at.ed.3091916046

CAPÍTULO 7 54

REMOÇÃO DE CIANOTOXINAS DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO POR ADSORÇÃO EM CARVÃO ATIVADO

Maria Virgínia da Conceição Albuquerque
Amanda da Silva Barbosa Cartaxo
Ana Alice Quintans de Araújo
Regina Wanessa Geraldo Cavalcanti Lima
Kely Dayane Silva do Ó
Wilton Silva Lopes

DOI 10.22533/at.ed.3091916047

CAPÍTULO 8 65

REMOÇÃO DE EFLUENTE AZUL DE METILENO A PARTIR DA INCLUSÃO DO ADSORVENTE FORMADO POR ÓXIDO DE GRAFITE MISTURADO EM AREIA

Daniel Mantovani
Aline Takaoka Alves Baptista
Luís Fernando Cusioli
Paulo Cardozo Carvalho Araújo
Renan Araújo De Azevedo

DOI 10.22533/at.ed.3091916048

CAPÍTULO 9 73

REPRODUÇÃO E PREFERÊNCIA DE *Callosobruchus maculatus* (FABRICIUS) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE) SUBMETIDOS A EXTRATOS DE *Caesalpinia pyramidalis* Tul

Delzuite Teles Leite
Adcleia Pereira Pires
Fabricio Chagas Sobrinho
Claudia Oliveira dos Santos
Edson Braz Santana

DOI 10.22533/at.ed.3091916049

CAPÍTULO 10 79

SOLUÇÃO BIOTECNOLÓGICA APLICADA EM REDE DE TRANSPORTE DE ESGOTO PARA REDUÇÃO DE GÁS ODORÍFICO (H₂S)

Abraão Evangelista Sampaio
Almira dos Santos França Carvalho
Marylia Albuquerque Braga
Marcius Guimarães Pinheiro de Lemos

DOI 10.22533/at.ed.30919160410

CAPÍTULO 11 89

PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS ARGILO-POLIMÉRICOS PARA O REUSO DE ÁGUA

Roberto Rodrigues Cunha Lima
Gabriela Medeiros dos Santos
Paulla Beatriz França de Sousa
Paulo Douglas Santos de Lima

DOI 10.22533/at.ed.30919160411

CAPÍTULO 12 101

ANÁLISE DE FALHAS E RISCOS AMBIENTAIS: O USO DA FERRAMENTA FMEA NA IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTAIS NO CAMPUS JOÃO PESSOA DO IFPB

Jéssica Silva Ramalho
Adriano Lucena da Silva
Maria Deise da Dores Costa Duarte

DOI 10.22533/at.ed.30919160412

CAPÍTULO 13 111

ANÁLISE DE EFICIENCIA DE UM COLETOR SOLAR PVT POR SIMULAÇÃO NUMÉRICA COM BASE NO MAPA SOLARIMETRICO DE MINAS GERAIS

Geisiane Aparecida de Lima
Fábio Moreira Teixeira
Marcos Vinícius da Silva
Rudolf Huebner
Lucas Paglioni Pataro Faria

DOI 10.22533/at.ed.30919160413

CAPÍTULO 14 120

ANÁLISE DE FOURIER PARA IDENTIFICAÇÃO DOS PERÍODOS DOMINANTES INTRADIÁRIOS DO FLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO NA FLORESTA DE TRANSIÇÃO EM SINOP-MT

Stéfano Teixeira Silva
Sergio Roberto de Paulo
Adriel Martins Lima
Leomir Batista Neres
Ricardo Vanjura Ferreira

DOI 10.22533/at.ed.30919160414

CAPÍTULO 15 134

LEVANTAMENTO DAS ETNOVARIEDADES DE MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*) NOS ECOSISTEMAS DE TERRA FIRME NAS COMUNIDADES DO LAGO DO ANTÔNIO, PROJETO DE ASSENTAMENTO AGROEXTRATIVISTA SÃO JOAQUIM –HUMAITÁ/AM

Erika Micheilla Brasil
Aurelio Diaz
Sonia Maria Bezerra

DOI 10.22533/at.ed.30919160415

CAPÍTULO 16 141

MONITORAMENTO DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE NITROGÊNIO NA ATMOSFERA POR AMOSTRAGEM PASSIVA COMO PARTE DA GESTÃO AMBIENTAL EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

Karina Stella da Silva Ferreira dos Santos
Aurora Mariana Garcia de Franca Souza

DOI 10.22533/at.ed.30919160416

CAPÍTULO 17 148

NANOGERADORES TRIBOELÉTRICOS: NOVOS DISPOSITIVOS PARA ENERGY HARVESTING

Nilsa Toyoko Azana
Pei Jen Shieh
Talita Mazon
Natanael Lopes Dias
Antônio Carlos Camargo do Amaral

DOI 10.22533/at.ed.30919160417

CAPÍTULO 18 157

NANOTUBOS DE TITANATO DE SÓDIO E NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE TITÂNIO: SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO NA REMEDIAÇÃO DE EFLUENTESCONTENDO O CORANTE RODAMINA B

Francisco Xavier Nobre
Rosane dos Santos Bindá
Elton Ribeiro da Silva
Rodrigo Muniz de Souza
José Milton Elias de Matos
Lizandro Manzato
Yurimiler Leyet Ruiz
Walter Ricardo Brito
Paulo Rogério da Costa Couceiro

DOI 10.22533/at.ed.30919160418

CAPÍTULO 19 175

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.30919160419

CAPÍTULO 20 184

BATERIAS LI-O₂ E A INFLUÊNCIA DE ESTRUTURAS CATALÍTICAS AO ELETRODO DE OXIGÊNIO

Gustavo Doubek
Leticia Frigerio Cremasco
André Navarro de Miranda
Lorrane Cristina Cardozo Bonfim Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.30919160420

CAPÍTULO 21	197
BIOSENSORES À BASE DE ÓXIDOS METÁLICOS TRANSPARENTES: TRANSISTORES DE EFEITO DE CAMPO (FETS) E NANOFIOS	
Cleber Alexandre de Amorim Kate Cristina Blanco Ivani Meneses Costa Adenilson José Chiquito	
DOI 10.22533/at.ed.30919160421	
CAPÍTULO 22	214
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E TÉRMICAS DE BLENDA POLIMÉRICAS DE PHBV COM ELASTÔMEROS	
Fernanda Menezes Thais Ferreira da Silva Fábio Roberto Passador Ana Paula Lemes	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042122	
CAPÍTULO 23	227
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE FRUTOS DE TAMARILHO EM FUNÇÃO DO ENSACAMENTO	
Fábio Oseias dos Reis Silva José Darlan Ramos Nathalia Vállery Tostes Iago Reinaldo Cometti Alexandre Dias da Silva Letícia Gabriela Ferreira de Almeida Renata Amato Moreira Miriã Cristina Pereira Fagundes Verônica Andrade dos Santos Giovani Maciel Pereira Filho	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042123	
CAPÍTULO 24	233
CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA E QUALIDADE FISIOLÓGICA EM SEMENTES DE JACARANDÁ-DA-BAHIA (<i>Dalbergia nigra</i> (VELL.) FR. ALL. EX BENTH.)	
Tatiana Reis dos Santos Bastos Jacqueline Rocha Santos Cleidiane Barbosa dos Santos Jerffson Lucas Santos Otoniel Magalhães Morais	
DOI 10.22533/at.ed.3091916042124	
CAPÍTULO 25	239
ESTUDO COMPARATIVO DE PEROVSKITAS CATALÍTICAS OBTIDAS POR MÉTODOS QUÍMICOS MOLHADOS PARA CONVERSÃO DOS COV'S	
Cássia Carla de Carvalho Anderson Costa Marques Alexandre de Souza Campos Felipe Olobardi Freire Filipe Martel de Magalhães Borges	

Juan Alberto Chavez Ruiz

DOI 10.22533/at.ed.3091916042125

CAPÍTULO 26 249

**AVALIAÇÃO DE METAIS EM SEDIMENTOS DA MICRO BACIA TIETÊ BATALHA
POR MEIO DO SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)**

Ana Maria Taddei Cardoso de Barros

Paulo Cesar Lodi

José Eduardo Taddei Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.3091916042126

CAPÍTULO 27 261

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NA ZONA INDUSTRIAL DO MENDANHA,
CAMPO GRANDE, RJ**

Ana Cláudia Pimentel de Oliveira

Alessandra Matias Alves

Aron da Silva Gusmão

Devyd de Oliveira da Silva

Tatiane Vieira de Menezes Coelho

DOI 10.22533/at.ed.3091916042127

CAPÍTULO 28 271

**AVALIAÇÃO ECOTÓXICOLOGICA DE EFLUENTES NA ZONA INDUSTRIAL DE
SANTA CRUZ, RJ**

Ana Cláudia Pimentel de Oliveira

Tatiane Vieira de Menezes Coelho

Sirléia Conceição de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.3091916042128

CAPÍTULO 29 283

**INFLUENCE OF DIFFERENT PERCENTAGES OF ALUMINA ADDITION IN THE
HIGH ENERGY BALL MILLING PROCESS OF THE AISI 52100 STEEL**

Bruna Horta Bastos Kuffner

Gilbert Silva

Carlos Alberto Rodrigues

Geovani Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.3091916042129

CAPÍTULO 30 290

**ON THE ASSESSMENT OF DYE RETENTION IN QUARTZ-BASED CERAMIC
POROUS MATERIAL BY OPTICAL FIBER SENSOR**

Marco César Prado Soares

Murilo Ferreira Marques Santos

Egont Alexandre Schenkel

Beatriz Ferreira Mendes

Gabriel Perli

Samuel Fontenelle Ferreira

Eric Fujiwara

Carlos Kenichi Suzuki

DOI 10.22533/at.ed.3091916042130

CAPÍTULO 31 296
APLICAÇÃO DE ÓXIDOS CONDUTORES TRANSPARENTES PARA DETECÇÃO
DE PRODUTOS ENZIMÁTICOS MICROBIANOS

Cleber Alexandre de Amorim
Kate Cristina Blanco

DOI 10.22533/at.ed.3091916042131

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 311

INFLUENCE OF DIFFERENT PERCENTAGES OF ALUMINA ADDITION IN THE HIGH ENERGY BALL MILLING PROCESS OF THE AISI 52100 STEEL

Bruna Horta Bastos Kuffner

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

Itajubá – MG

Gilbert Silva

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

Itajubá – MG

Carlos Alberto Rodrigues

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

Itajubá – MG

Geovani Rodrigues

Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI

Itajubá – MG

RESUMO: O processo de moagem de alta energia (MAE) tem sido empregado no campo acadêmico e na indústria para diversos fins, que vão desde a produção de ligas e compósitos até a obtenção de partícula com granulometria reduzida. É uma rota que pode ser utilizada para diferentes materiais, dos mais dúcteis aos mais duros. O aço AISI 52100 é um aço com alto teor de carbono, utilizado normalmente na fabricação de rolamento, sendo assim considerado bastante resistente ao desgaste. Entretanto, quando atinge o final da sua vida útil, não possui um método de reciclagem adequado. Já a alumina é um material cerâmico aplicado em diferentes áreas, devido a sua alta dureza. A confecção de um novo material a partir dos pós de rolamentos desgastados, com o uso

de alumina, pode ser considerado vantajoso, não só para o meio ambiente, mas também para a indústria em geral. Esta pesquisa visou estudar a influência da adição de diferentes porcentagens de alumina (1, 3 e 5 %) no processo de MAE do aço AISI 52100, durante 15 horas de moagem, a fim de determinar a porcentagem ideal de adição. A caracterização microestrutural destas partículas foi realizada via microscopia eletrônica de varredura (MEV) e granulometria a laser. Os resultados obtidos indicaram que a adição de 3 % de alumina resultou em menores tamanhos de partícula do aço AISI 52100, quando comparado ao aço moído puro ou com 1 e 5 % de adição.

PALAVRAS-CHAVE: Moagem de alta energia, Aço AISI 52100, Alumina, Caracterização microestrutural.

ABSTRACT: The high energy ball milling process (HEBM) has been employed in the academic field and in industry for several purposes, since the production of alloys and composites, till the obtainment of particles with reduced granulometry. It is a route that can be used for different materials, from the most ductile to the hardest. The AISI 52100 is a steel with high carbon content, used normally in the manufacturing of bearings, being this way considered quite resistant to wear. However,

when it reaches the end of its useful life, it does not have an adequate recycling method. The alumina itself is a ceramic material used in different areas, due to its high hardness. The manufacturing of a novel material from the powders of worn out bearing, with the use of alumina, can be considered advantageous, not only for the environment, but also for the industry in general. This research aimed to study the influence of different percentages of alumina (1, 3 and 5 %) in the HEBM of the AISI 52100 steel, during 15 hours of milling, in order to determine the ideal percentage of addition. The microstructural characterization of these particles was performed through scanning electron microscopy (SEM) and laser granulometry. The results obtained indicated that the addition of 3 % of alumina resulted in smaller particles size of the AISI 52100 steel, when compared with the steel milled pure or with 1 and 5 % of addition.

KEYWORDS: High energy ball milling, AISI 52100 steel, Alumina, Microstructural characterization.

1 | INTRODUÇÃO

Os moinhos de bola têm sido utilizados há vários anos para diversas aplicações, que incluem a produção de ligas, processos de moagem e de homogeneização de compósitos. A moagem de alta energia (MAE) destaca-se dentre as demais, pois incide grandes velocidades de rotação e grande impacto sob o material, o que é considerado muito vantajoso em aplicações que demandam grande energia no processo (SURYANARAYANA, 2001).

Além do tradicional uso na formação de novos materiais, o processo de MAE pode ser utilizado na reciclagem daqueles que foram descartados. Através de usinagem, é possível obter cavacos (no caso de metais) que podem ser submetidos ao processo de cominuição, até que atinjam a forma de pó com partículas em escala submicrométrica e/ou nanométrica. Desta forma, é possível obter um novo produto a partir de outro que não tinha mais utilização (FULLENWIDER *et al.*, 2019; AFSHARI & GHAMBARI, 2016).

Dentre os diversos aços que existem na fabricação de rolamentos, o aço AISI 52100 é um dos mais utilizados, pois resistem a altas solicitações de desgaste. Quando estes rolamentos atingem o final da sua vida útil, as únicas possíveis destinações incluem a refusão, que é considerado um processo oneroso, ou o descarte em depósitos, considerado um processo gerador de poluição ambiental (BHADESHIA, 2012; KUFFNER *et al.*, 2018)

A alumina, por sua vez, é uma cerâmica amplamente utilizada, devido a sua alta resistência térmica e ao desgaste, proveniente da sua alta dureza. Quando inserida em processos de moagem de materiais metálicos dúcteis, pode auxiliar no processo de cominuição devido a sua ação como propagador de tensões (LACH *et al.*, 2011; TORRES & SHAEFFER, 2010).

Desta forma, associando o aço AISI 52100 a alumina no processo de MAE,

pode-se obter um novo material final com partículas de aço AISI 52100 em menor granulometria do que se fosse moído puro, assim como um compósito em pó com perfeita homogeneização entre ambos os constituintes (aço e alumina). Além disso, os rolamentos em aço AISI 52100 desgastados são reaproveitados, o que é considerado vantajoso para o meio ambiente e para a indústria, visto que os mesmos seriam estocados em depósitos sem nenhuma possível destinação.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O aço AISI 52100 foi obtido na forma de tarugo, sendo usinado sob rotação lenta (45 rpm) para evitar o aquecimento e consequente oxidação dos cavacos. Após a usinagem, os cavacos foram submetidos ao processo de MAE em um moinho de alta energia Noah-Nuoya modelo NQM 0,2 L da UNIFEI. Os parâmetros utilizados na moagem foram: Velocidade de rotação de 400 rpm, relação massa/esfera de 1:15, tempo de moagem de 15 horas e atmosfera inerte de argônio N₂, para evitar a oxidação dos cavacos. Foram realizadas 4 moagens, sendo uma com aço AISI 52100 puro (sem alumina), e outras 3 com adições de 1, 3 e 5 % de alumina na forma de pó. Para análise microestrutural das composições, foram utilizados um microscópio eletrônico de varredura Carl Zeiss EVO MA15 nos modos elétron secundário (SE) para avaliar a morfologia dos pós, no modo elétron retroespalhado (BSD) e espectroscopia por energia dispersiva (EDS) para identificar a dispersão das partículas de alumina na superfície do pó do aço AISI 52100. Para análise granulométrica dos pós, foi utilizado um granulômetro a laser Malvern Mastersizer 2000. Ambos os equipamentos pertencem a UNIFEI.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra as micrografias do aço AISI 52100 moído durante 15 horas, com ampliação de 1000x. É possível observar pela Figura 1a que o aço moído puro (sem adição de alumina) apresenta partículas muito maiores do que os aços moídos com adição de alumina (Figuras 1b, 1c e 1d). Dentre todas as composições, observa-se que aquela onde o aço foi moído com adição de 3 % de alumina (Figura 3c), as partículas apresentam maior formação de aglomerados, que decorrem da maior tendência que pós com granulometria reduzida têm de se aglomerarem umas sob as outras para atingirem o equilíbrio (FENG *et al.*, 2017). Além do aço moído puro apresentar tamanhos maiores de partículas, o mesmo apresenta também menor porcentagem de aglomerados, o que atesta novamente a tendência de aglomeração de partículas menores. Com relação à morfologia, é possível observar que em todas as composições, as partículas apresentam morfologia irregular.

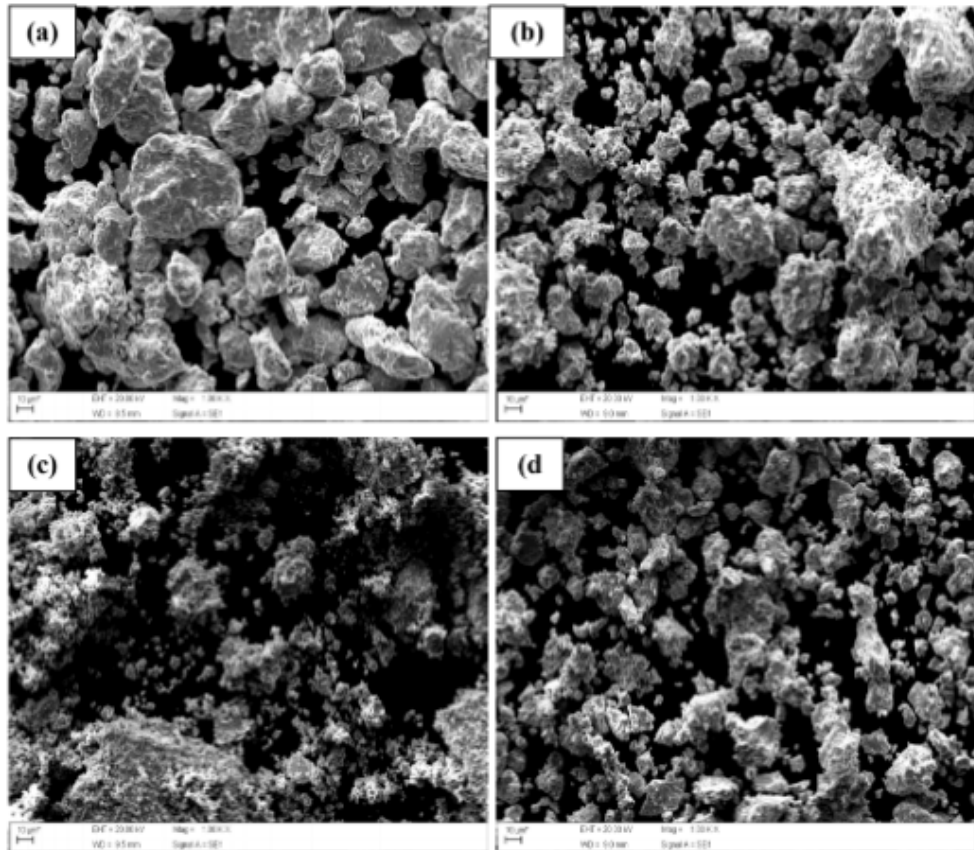


Figura 1: Micrografias do aço AISI 52100 moído durante 15 horas, com ampliação de 1000 x (a) Puro (b) 1 % de alumina (c) 3 % de alumina (d) 5 % de alumina

A distribuição das partículas de alumina sob as partículas do aço AISI 52100 podem ser vistas na Figura 2. Em análise geral (Figura 2a), observa-se que o elemento alumínio aparece na micrografia como pontos azuis e o elemento oxigênio aparece como pontos roxos, sendo ambos correspondentes aos elementos constituintes da alumina (Al_2O_3). Pode-se notar que ambos estão distribuídos homogeneamente ao longo das partículas do aço AISI 52100. Isto é observado de forma mais nítida através da análise individual de cada elemento (oxigênio, Figura 2b e alumínio, Figura 2c). A boa distribuição das partículas de alumina sob as partículas de aço AISI 52100 indica que o processo de MAE foi satisfatório na obtenção deste compósito em pó. Com isto, é possível atestar que a adição de alumina exerce influência positiva no processo de MAE do aço AISI 52100, pois não houve ocorrência de aglomerados nem de regiões pobres em Al_2O_3 .

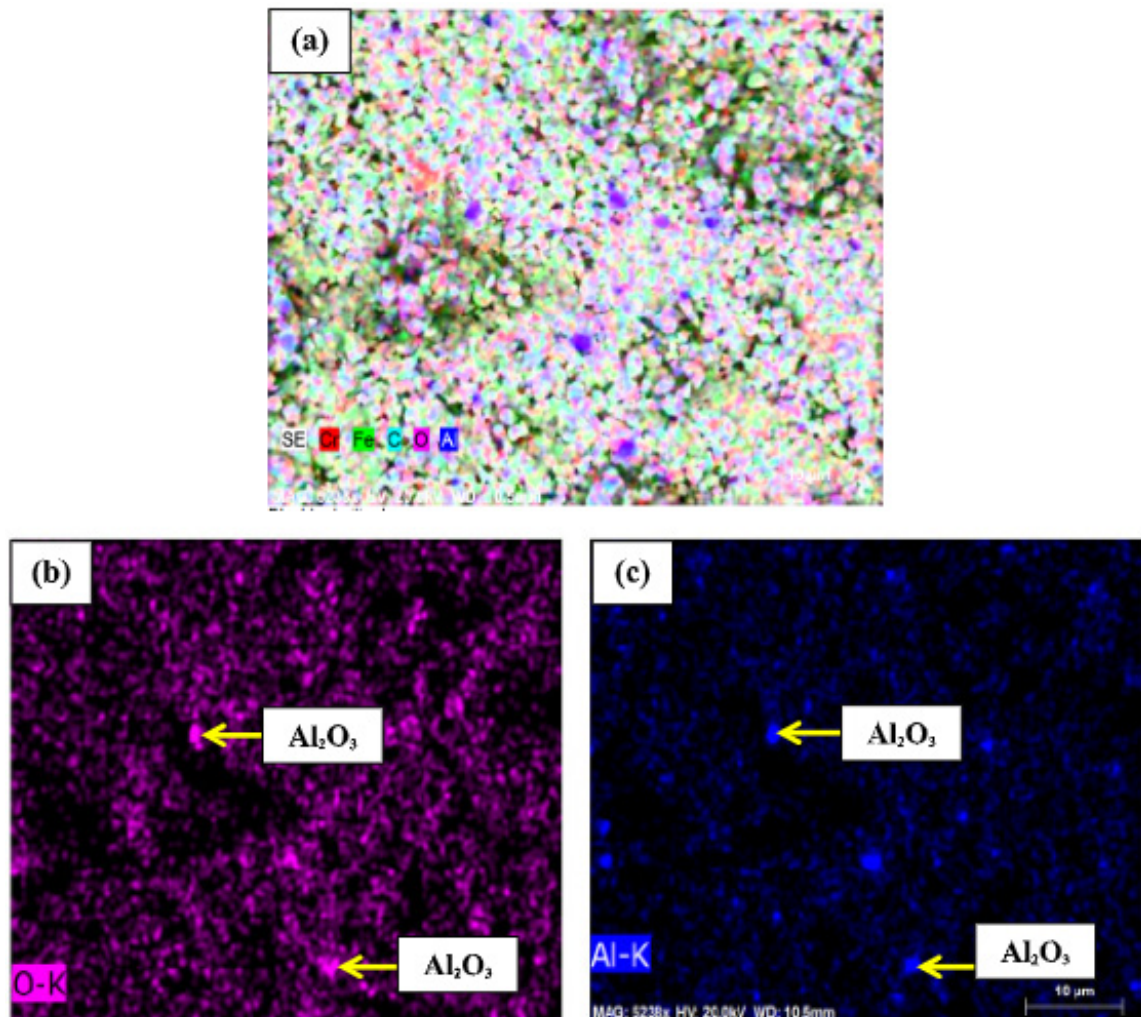


Figura 2: Análise química semiquantitativa via EDS/mapeamento do aço AISI 52100 com alumina após MAE por 15 horas (a) Análise geral (b) Elemento oxigênio (c) Elemento alumínio

A análise granulométrica do aço AISI 52100 moído por 15 horas com diferentes porcentagens de alumina pode ser visto na Figura 3. Observa-se que o aço AISI 52100 moído puro apresentou tamanho de partícula na faixa de $46 \mu\text{m}$. Inserindo 1 % de adição de alumina no processo de MAE, observa-se que ocorre uma pequena redução no tamanho das partículas para uma faixa de $41 \mu\text{m}$. Aumentando a porcentagem de adição de alumina de 1 para 3 %, nota-se uma drástica redução no tamanho das partículas, que decaem para uma faixa de $9 \mu\text{m}$. Aumentando novamente a porcentagem de alumina de 3 para 5 %, ocorre um acréscimo no tamanho das partículas, que retornam para uma faixa de $41 \mu\text{m}$. Com isto, é possível verificar que a porcentagem de adição de 3 % é considerada ideal, pois obteve tamanho final de partícula em média 78 % inferior as demais composições.

Também observa-se que as adições de 1 e 5 % auxiliam no processo de MAE, como foi visto também na Figura 1, entretanto, de forma menos efetiva do que a adição de 3 %. A adição de alumina auxilia no processo de MAE, pois induz um sistema de moagem do tipo dúctil-frágil. Neste sistema, as partículas de alumina que possuem alta dureza penetram nos espaços interlamelares do aço AISI 52100, que são dúcteis.

Durante o processo de MAE, as esferas de moagem que estão submetidas a grandes velocidades de rotação e impacto, incidem sob as partículas de aço + alumina. Desta forma, como as partículas de alumina são duras, estas induzem tensões pontuais nas partículas de aço, o que leva as mesmas a romperem (SURRYANARAYANA, 2001).

Como o aço AISI 52100 puro não é moído sob a ação dúctil-frágil, o mesmo demora mais para reduzir o tamanho de suas partículas, pois sofre cominuição apenas pela ação do encruamento. Visto que esse processo é bem mais lento, o aço puro é o que apresenta maior tamanho de partícula, como visto das Figuras 1 e 3. Explica-se a porcentagem de 3 % de adição de alumina como a que apresentou menores tamanhos de partícula devido ao fato de existir uma proporção ideal de adição de partículas duras no sistema dúctil-frágil. Acima da proporção ideal, ocorre uma redução da eficiência de moagem. Neste caso, acima de 3 % desta adição, a MAE do aço AISI 52100 torna-se prejudicada, assim como adições abaixo de 1 % não incidem grande benefício para o sistema.

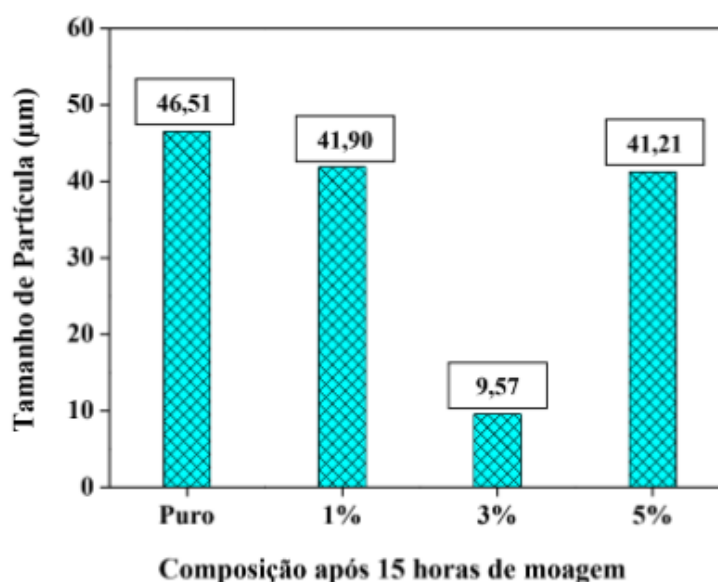


Figura 3: Gráfico de análise granulométrica do aço AISI 52100 moído por 15 horas com diferentes porcentagens de alumina

4 | CONCLUSÕES

Após o processo de MAE, foi observado que a adição de diferentes porcentagens de alumina melhora a eficiência de moagem, sendo que a adição de 3% mostrou-se como aquela que proporcionou melhores resultados microestruturais no processo de cominuição do aço AISI 52100.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a FAPEMIG por financiar esta pesquisa e a

empresa ALCOA de Poços de Caldas – MG pela doação da alumina.

REFERÊNCIAS

AFSHARI, E.; GHAMBARI, M. **Characterization of pre-alloyed tin bronze powder prepared by recycling machining chips using jet milling**. *Materials and Design*, v. 103, p.201–208, 2016.

BHADESHIA, H.K.D.H. **Steels for bearings**. *Progress in Materials Science*, v. 57, p. 268–435, 2012.

FENG, D.; FENG, Y.; YUAN, S.; ZHANG, X.; WANG, G. **Melting behavior of Ag nanoparticles and their clusters**. *Applied Thermal Engineering*, v. 111, p. 1457–1463, 2017.

FULLENWIDER, B.; KIANI, P.; SCHOENUNG, J. M.; MA, K. **Two-stage ball milling of recycled machining chips to create an alternative feedstock powder for metal additive manufacturing**. *Powder Technology*, v. 342, p. 562–571, 2019.

KUFFNER, B. H. B.; SILVA, G.; RODRIGUES, C. A.; RODRIGUES, G. **Study of the AISI 52100 steel reuse through the powder metallurgy route using high energy ball milling**. *Materials Research*, v. 21, p. 1–10, 2018.

LACH, R.; HABERKO, K.; BUĆKO, M. M.; SZUMERA, M.; GRABOWSKI, G. **Ceramic matrix composites in the alumina/5–30 vol.% YAG system**. *Journal of the European Ceramic Society*, v. 31, p. 1889–1895, 2011.

SURYANARAYANA, C. **Mechanical alloying and milling**. *Progress in Materials Science*, v. 46, p. 1–184, 2001.

TORRES, C. S.; SHAEFFER, L. **Efeito da moagem de alta energia na morfologia e compressibilidade do compósito WC-Ni**. *Revista Matéria*, v. 15, p. 88–95, 2010.

SOBRE OS ORGANIZADORES

TAYRONNE DE ALMEIDA RODRIGUES: Filósofo e Pedagogo, especialista em Docência do Ensino Superior e Graduando em Arquitetura e Urbanismo, pela Faculdade de Juazeiro do Norte-FJN, desenvolve pesquisas na área das ciências ambientais, com ênfase na ética e educação ambiental. É defensor do desenvolvimento sustentável, com relevantes conhecimentos no processo de ensino-aprendizagem. Membro efetivo do GRUNEC - Grupo de Valorização Negra do Cariri. E-mail: tayronnealmeid@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9378-1456>

JOÃO LEANDRO NETO: Filósofo, especialista em Docência do Ensino Superior e Gestão Escolar, membro efetivo do GRUNEC. Publica trabalhos em eventos científicos com temas relacionados a pesquisa na construção de uma educação valorizada e coletiva. Dedicar-se a pesquisar sobre métodos e comodidades de relação investigativa entre a educação e o processo do aluno investigador na Filosofia, trazendo discussões neste campo. Também é pesquisador da arte italiana, com ligação na Scuola de Lingua e Cultura – Itália. Amante da poesia nordestina com direcionamento as condições históricas do resgate e do fortalecimento da cultura do Cariri. E-mail: joaoleandro@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1738-1164>

DENNYURA OLIVEIRA GALVÃO: Possui graduação em Nutrição pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte e doutorado em Ciências Biológicas (Bioquímica Toxicológica) pela Universidade Federal de Santa Maria (2016). Atualmente é professora titular da Universidade Regional do Cariri. E-mail: dennyura@bol.com.br LATTES: <http://lattes.cnpq.br/4808691086584861>

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-330-9

