

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Leinig Antonio Perazolli
(organizador)

Ciência e Tecnologia

Para o Desenvolvimento
Ambiental, Cultural
e Socioeconômico

Leinig Antonio Perazolli
(organizador)

2021 by Editora Artemis
Copyright © Editora Artemis
Copyright do Texto © 2021 Os autores
Copyright da Edição © 2021 Editora Artemis



O conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons Atribuição-Não-Comercial NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

Editora Chefe	Prof ^ª Dr ^ª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora Executiva	M. ^ª Viviane Carvalho Mocellin
Direção de Arte	M. ^ª Bruna Bejarano
Diagramação	Elisangela Abreu
Organizador	Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli
Imagem da Capa	peacestock/123RF
Bibliotecário	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Conselho Editorial

Prof.^ª Dr.^ª Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”, Cuba*
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, *Universidade Federal de Uberlândia*
Prof.^ª Dr.^ª Amanda Ramalho de Freitas Brito, *Universidade Federal da Paraíba*
Prof.^ª Dr.^ª Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano, Peru*
Prof.^ª Dr.^ª Angela Ester Mallmann Centenaro, *Universidade do Estado de Mato Grosso*
Prof.^ª Dr.^ª Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla, Espanha*
Prof.^ª Dr.^ª Carmen Pimentel, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*
Prof.^ª Dr.^ª Catarina Castro, *Universidade Nova de Lisboa, Portugal*
Prof.^ª Dr.^ª Cláudia Padovesi Fonseca, *Universidade de Brasília-DF*
Prof.^ª Dr.^ª Cláudia Neves, *Universidade Aberta de Portugal*
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, *Universidade Federal da Grande Dourados*
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid, Espanha*
Prof.^ª Dr.^ª Deuzimar Costa Serra, *Universidade Estadual do Maranhão*
Prof.^ª Dr.^ª Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, *Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal*
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, *Universidade de São Paulo*
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, *Universidade Federal de Roraima*
Prof.^ª Dr.^ª Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México*
Prof.^ª Dr.^ª Emilias Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*



Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca*, Espanha
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República*, Uruguay
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara*, México
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona*, Espanha
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass, *Universidade Federal do Triângulo Mineiro*
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, *Instituto Politécnico da Guarda*, Portugal
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, *Universidade São Francisco*
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura*, Peru
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina
Prof. Dr. Ivan Amaro, *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío*, Chile
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, *Universidade Federal do Amazonas*
Prof. Me. Javier Antonio Alborno, *University of Miami and Miami Dade College*, USA
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha*, Espanha
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, *Universidade de Évora*, Portugal
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, *UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros*
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid*, Espanha
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín*, Colômbia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro*
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, *Universidade Estadual Paulista*
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, *Universidade Federal de Goiás*
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, *Universidade de Passo Fundo*
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide*, Espanha
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela*, Espanha
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, *Universidade Estadual Paulista*
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, *Universidade Federal de Sergipe*
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada*, Espanha
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, *Universidade Federal de Ouro Preto*
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, *Universidade Federal da Bahia*
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, *Universidade Nova de Lisboa*, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, *Universidade Federal do Maranhão*
Prof.ª Dr.ª Maria Lúcia Pato, *Instituto Politécnico de Viseu*, Portugal
Prof.ª Dr.ª Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"*, Cuba
Prof.ª Dr.ª Mauriceia Silva de Paula Vieira, *Universidade Federal de Lavras*
Prof.ª Dr.ª Odara Horta Boscolo, *Universidade Federal Fluminense*



Prof.ª Dr.ª Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras
Prof.ª Dr.ª Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia
Prof.ª Dr.ª Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina
Prof.ª Dr.ª Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal
Prof.ª Dr.ª Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal
Prof. Dr. Turpo Gebera Osbaldo Washington, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa
Prof.ª Dr.ª Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande
Prof.ª Dr.ª Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia

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

C569 Ciência e tecnologia para o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico [livro eletrônico] / Organizador Leinig Antonio Perazolli. – Curitiba, PR: Artemis, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Edição bilíngue

ISBN 978-65-87396-52-1

DOI 10.37572/EdArt_201221521

1. Ciência – Brasil. 2. Inovações tecnológicas – Aspectos sociais. I. Perazolli, Leinig Antonio.

CDD 500

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

APRESENTAÇÃO

A publicação intitulada **“Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento Ambiental, Cultural e Socioeconômico”** faz uma coletânea de resultados científicos, em diferentes áreas do conhecimento, exemplificando um modelo para a abordagem dos problemas relacionados ao desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico da sociedade atual.

A obra se justifica ao apresentar caminhos para se atingir soluções positivas frente às grandes e variadas dificuldades que estamos observando nas últimas décadas, decorrentes de ações comerciais, do desejo de consumo e ao fato que as fontes são finitas, porém os desejos humanos não. Estas ações comerciais levam à destruição ambiental, massificação cultural e a problemas socioeconômicos devido à diferença de renda e ao aumento da frequência de desastres ambientais, os quais geram grandes prejuízos financeiros e humanos.

A obra se inicia relatando o estado da arte sobre o consumo ético, avança para a descrição da vulnerabilidade e do emprego sustentável de ecossistemas. Destaca a função dos processos de educação, peça fundamental para a evolução sustentável de qualquer sociedade e a importância da interrelação entre os municípios de diferentes países para a busca de objetivos comuns.

Na continuidade temos exemplos de resultados científicos positivos para o uso de tecnologias em diferentes áreas do conhecimento, desde o uso de micro-organismos e sementes para a produção de óleos e energia, tratamentos e recuperação de resíduos de minerais e propostas científicas avançadas nas áreas de separação líquido-líquido, magneto eletrônica e varistores. A obra também ilustra as consequências das ações negativas praticadas pela ação humana. Cabe destacar que se estas ações não forem evitadas, corrigidas e/ou readequadas as consequências dos desastres ambientais, com reflexos negativos em todas as áreas, poderão se tornar irreversíveis em questão de décadas.

A importância deste livro reside ao indicar caminhos para fomentar o desenvolvimento ambiental, cultural e socioeconômico de forma sustentável.

Quero externar meus sinceros agradecimentos aos autores dos trabalhos científicos e à Editora Artemis, pela organização desta obra.

Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli
UNESP – Instituto de Química de Araraquara/SP

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTADO DEL ARTE SOBRE CONSUMO ÉTICO EN LA ÚLTIMA DÉCADA: REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Javier Solano

David Zaldumbide Peralvo

Delia García Vences

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215211

CAPÍTULO 2..... 18

VULNERABILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS A LA CONTAMINACIÓN POR NITRATO EN LA CUENCA DEL RÍO EBRO (ESPAÑA) MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO LU-IV

Mercedes Arauzo Sánchez

María Valladolid Martín

Gema García González

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215212

CAPÍTULO 3..... 36

ECOSISTEMAS DE EMPRENDIMIENTO, DE LO NACIONAL A LO REGIONAL, SANTANDER UNA APUESTA

Mónica María Pacheco Valderrama

Olga Cecilia Alarcón Vesga

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215213

CAPÍTULO 4..... 47

O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO E A REALIDADE TECNOLÓGICA VIVENCIADA PELOS ALUNOS E PROFESSORES EM DUAS ESCOLAS DE PELOTAS- RS

Elis Regina Madeira da Porciúncula

Marcos Antonio Anciuti

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215214

CAPÍTULO 5..... 69

UNIVERSIDADES Y LA APROPIACIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE CHILE

Juan Ramón Contreras González

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215215

CAPÍTULO 6..... 89

COMPARACIÓN DE LA NORMATIVA DE CONTROL INTERNO Y EXTERNO MUNICIPAL ENTRE ECUADOR Y ARGENTINA

Verónica Ponce

Carlos Albert Ferreira

José Townsend

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215216

CAPÍTULO 7..... 103

EL USO DE LA BIOMASA DEL HONGO *Aspergillus niger* PARA LA ELIMINACIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS CONTAMINADAS

Ismael Acosta Rodríguez

Nancy Pacheco Castillo

Adriana Rodríguez Pérez

Juan Fernando Cárdenas González

Víctor Manuel Martínez Juárez

Francisco Navarro Castillo

Erika Enríquez Domínguez

Juana Tovar Oviedo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215217

CAPÍTULO 8..... 114

INFLUENCIA DE LA ENVOLVENTE CON BAJOS NIVELES DE TRANSMITANCIA EN EL CONSUMO ENERGÉTICO DE VIVIENDAS EN CLIMAS CÁLIDOS

María Victoria Mercado

Celina Filippín

Gustavo Barea

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215218

CAPÍTULO 9.....134

ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE LA CUPRITA SINTETIZADA POR RUTA QUÍMICA

Orfelinda Avalo Cortez

David Pedro Martínez Aguilar

 https://doi.org/10.37572/EdArt_2012215219

CAPÍTULO 10.....147

ACEITE DE LA SEMILLA DE AGUACATE, UNA REVISIÓN DESDE SUS POTENCIALIDADES

Lina González Asías

Amelia Espitia Arrieta

Jennifer Lafont Mendoza

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152110

CAPÍTULO 11.....159

ESTUDIOS QUÍMICOS REALIZADOS A LA SEMILLA DE *Moringa oleifera* Lam Y SU IMPACTO EN LA SALUD HUMANA: UNA REVISIÓN TEÓRICA

Jennifer Lafont Mendoza

William Negrete Humanez

Amelia Espitia Arrieta

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152111

CAPÍTULO 12.....171

ZONAS DE INFLUENCIA GENERADAS POR PROPIEDADES FÍSICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN EN CAMPO DEL MATERIAL ROCOSO

Ernesto Patricio Feijoo Calle

Andrés Nicolás Aguirre Larriva

Bernardo Andrés Feijoo Guevara

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152112

CAPÍTULO 13..... 186

CARACTERIZACIÓN Y FLOTACIÓN DE APATITA CONTENIDAS EN RELAVE DE HIERRO

Luis Valderrama

Mario Santander

Oswaldo Gómez

Patricia Tapia
Patricio Muñoz
Bruno Zazzali

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152113

CAPÍTULO 14.....193

ESTUDO DE COMPÓSITOS COM MATRIZ DE ALUMÍNIO E RESÍDUOS DE MINÉRIO DE MANGANÊS POR SINTERIZAÇÃO AO AR NATURAL

Affonso Henrique Alves Ribeiro
Margarida Márcia Fernandes Lima
Rhelman Rossano Urzedo Queiroz
Rosa Malena Fernandes Lima

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152114

CAPÍTULO 15.....214

EXTRAÇÃO LÍQUIDO-LÍQUIDO APLICADA AO PROCESSO DE REFINO DE ETANOL COMBUSTÍVEL

Gabriel Manso Kozlowski Pitombeira
Leinig Antonio Perazolli
Elias de Souza Monteiro Filho

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152115

CAPÍTULO 16..... 227

EVIDENCING THE MAGNETOELECTRIC COUPLING IN BI1-XNDXFE03 COMPOSITIONS THROUGH FERROIC CHARACTERIZATIONS

Anuar Jose Mincache
Lilian Felipe da Silva Tupan
Odair Gonçalves de Oliveira
Ivair Aparecido dos Santos
Luiz Fernando Cótica

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152116

CAPÍTULO 17234

EFEITO DO COBALTO E ZINCO EM VARISTORES À BASE DE SNO_2

Glauco Meireles Mascarenhas Morandi Lustosa
João Paulo de Campos da Costa
Leinig Antônio Perazzoli
Biljana Stojanovic

Maria Aparecida Zaghete Bertochi

Elson Longo

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152117

CAPÍTULO 18.....250

GRADUAÇÃO HISTOLÓGICA DOS GLIOMAS PELA ANÁLISE DA PERMEABILIDADE MICROVASCULAR POR RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Pedro Henrique Raffa de Souza

Rodrigo de Oliveira Plotze

Lucas Giansante Abud

Carolina Baraldi Araújo Restini

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152118

CAPÍTULO 19.....270

MONITORAMENTO DE ENCALHES DE ANIMAIS MARINHOS NA GESTÃO DA PESCA EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Viviane Korres Bisch

Roberto Sforza

 https://doi.org/10.37572/EdArt_20122152119

SOBRE O ORGANIZADOR.....280

ÍNDICE REMISSIVO281

CAPÍTULO 14

ESTUDO DE COMPÓSITOS COM MATRIZ DE ALUMÍNIO E RESÍDUOS DE MINÉRIO DE MANGANÊS POR SINTERIZAÇÃO AO AR NATURAL

Data de aceite: 01/12/2021

Affonso Henrique Alves Ribeiro

Universidade Federal de Ouro Preto
Departamento de Engenharia Mecânica
Ouro Preto – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3450563939289462>

Margarida Márcia Fernandes Lima

Universidade Federal de Ouro Preto
Departamento de Engenharia Mecânica
Ouro Preto – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/1795077420118200>

Rhelman Rossano Urzedo Queiroz

Instituto Federal de Minas Gerais
Campus Ouro Preto
Coordenadoria de Metalurgia
Ouro Preto – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/1745642248868023>

Rosa Malena Fernandes Lima

Universidade Federal de Ouro Preto
Departamento de Engenharia de Minas
Ouro Preto – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/0232995533976144>

solo, em termos de biodiversidade, quanto abaixo dele, em recursos hídricos e minerais. Empresas que atuam no setor de mineração estão presentes por todo o território nacional, gerando uma quantidade enorme de resíduos de pouco ou nenhum valor agregado, que são depositados em barragens. O presente trabalho busca estudar uma forma de destinar resíduos para uma aplicação sustentável e mais segura, utilizando-os no desenvolvimento de materiais compósitos com matriz de alumínio reforçados com partículas dispersas em proporções mássicas de 5, 10 e 15% de resíduos de minério de manganês provenientes de Morro da Mina, em Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais. Os pós foram homogeneizados manualmente em gral de ágata, por 60min e, posteriormente, fez-se a compactação da mistura com pressão de compactação de 173,48MPa. As sinterizações foram realizadas ao ar natural nas temperaturas de 550°C e 600°C com taxa de aquecimento do forno de 5°C/min durante 2h. As caracterizações foram realizadas por perda de massa, densidade geométrica, difração de raios X, área superficial BET, MO, MEV/EDS, análise de imagem e ensaios de compressão. A resistência mecânica de todos os compósitos foi superior à do alumínio puro. Os maiores valores de resistência mecânica foram observados nas amostras com 10% de reforço de resíduos de minério de manganês. As amostras mais densas foram aquelas contendo 10% de finos, seguidas pelas

RESUMO: O Brasil é um país reconhecidamente rico em recursos naturais, tanto sobre o

amostras com 15% de finos. A porosidade das amostras aumentou continuamente com a porcentagem de reforço, chegando ao pico com 15% de finos sinterizadas a 600°C. Comparando com as amostras de alumínio puro, os maiores aumentos nos valores de limite de escoamento foram observados nas amostras contendo 10% de finos de minério de manganês, sendo 121,8% para a sinterização a 550°C e 116,9% quando sinterizadas a 600°C.

PALAVRAS-CHAVE: Materiais compósitos com matriz de alumínio. Resíduos de mineração. Sinterização.

STUDY OF COMPOSITES WITH ALUMINUM MATRIX AND MANGANESE ORE TAILINGS BY NATURAL AIR SINTERING

ABSTRACT: Brazil is a country known to be rich in natural resources, as on the ground, in terms of biodiversity, as below it, in water and mineral resources. Mining industries are present throughout the country, generating an enormous amount of tailings with little or no commercial value, which is deposited in tailings dams. The present work aims to study a way to dispose of these tailings for a sustainable and safer application, using them in the manufacture of composite materials with aluminum matrix reinforced with dispersed particles, in mass proportions of 5, 10 and 15% of tailings from manganese ore. The tailings are from Morro da Mina, in Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais. The powders were manually homogenized in an agate mortar for 60min and, later, the mixture was compacted with a compaction pressure of 173.48MPa. The sinterings were performed under natural air at 550°C and 600°C during 2h with a heating rate of 5°C/min. The characterizations were carried out by mass loss, geometric density, X-ray diffraction, BET surface area, OM, SEM/EDS, image analysis and compression tests. The mechanical strength of all composites was superior to that of pure aluminum. The highest values of mechanical strength were observed in samples with 10% reinforcement of manganese ore tailings. The values of density of the samples containing 10% tailings were the highest, followed by samples with 15%. The samples porosity increased continuously with the percentage of reinforcement, reaching the highest values in the samples containing 15% of tailings sintered at 600°C. The greatest values of yielding strength were observed in the samples containing 10% manganese ore tailings, values of 121.8% for sintering at 550°C and 116.9% when sintering at 600°C, comparing with pure aluminum.

KEYWORDS: Aluminum matrix composites. Tailings. Sintering.

1 INTRODUÇÃO

Os materiais compósitos possuem uma ampla variedade de aplicações na indústria em geral com um crescimento em seu uso de 5% ao ano. Esses materiais foram introduzidos na indústria aeroespacial na década de 60, o que permitiu projetos estruturais mais leves e flexíveis, ao mesmo tempo que poderiam ser aplicados em condições severas de temperatura e de erosão. Desde então, a sua utilização se entendeu para os

setores militar, automotivo, esportivo e vários outros (ASKELAND, 2008; CHAWLA, 1987; REZENDE; BOTELHO, 2000; CALLISTER, 2018).

Os compósitos são constituídos por duas fases, denominadas fase matriz e fase de reforço. Quanto à matriz, os principais materiais compósitos podem ser com matriz polimérica (CMP), com matriz metálica (CMM) e com matriz cerâmica (CMC). As duas primeiras classificações permitem maior ductilidade, enquanto a terceira possibilita alta resistência mecânica. Quanto à fase de reforço, os compósitos podem ser reforçados com partículas, com fibras ou estruturais (LEVY NETO; PARDINI, 2006; CALLISTER, 2019).

O alumínio é um elemento de destaque para a obtenção de compósitos de matriz metálica por causa de sua ductilidade, leveza e passividade com relação à corrosão. A adição de reforços particulados na matriz de alumínio é muito estudada porque o reforço particulado influencia positivamente na estabilidade térmica e melhora a resistência ao desgaste em relação à matriz (LEVY NETO; PARDINI, 2006; BROPHY *et al.*, 1972). Diversos estudos têm sido realizados em compósitos utilizando matriz de alumínio, ou liga de alumínio, reforçada com partículas cerâmicas utilizando diferentes processos de fabricação, entre eles a Metalurgia do Pó. Dentre os vários estudos encontrados na literatura, cita-se: Wang *et al.* (2010)-alumínio reforçado com Al_2O_3 ; Fogagnolo (2000)-liga de alumínio AA6061 reforçada com Si_3N_4 , ZrB_2 e AlN; Ferreira (2017)-alumínio reforçado com nano partículas magnéticas (Fe_3SO_4) e adição de partículas de Al_2O_3 , B, Si, Ni, Cu, e Mo; Barbosa, Mourisco e Ambrozio Filho (2000)-liga de alumínio AA1100 reforçada com SiC; Araujo Filho *et al.* (2014)-liga de alumínio AA2124 reforçada com Si_3N_4 ; Rahimian, Parvin e Ehsani (2010)-alumínio reforçado com Al_2O_3 ; Mourisco (1995)-liga Al1100 reforçada com SiC; Akbari, Baharvandi e Mirzaee (2014)-liga de alumínio A356 reforçada com Al_2O_3 , e outros.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2014), o setor mineral constitui uma parte considerável do PIB e das exportações brasileiras, cerca de 4% e 23,5%, respectivamente, gerando muitos empregos e abastecendo muitos outros setores da economia. Entretanto, a gestão dos rejeitos produzidos pelos processos industriais é um assunto de destaque e ganhou a atenção da mídia com o rompimento de duas barragens no estado de Minas Gerais, uma em Mariana (2015) e outra em Brumadinho (2019).

A maior parte dos rejeitos provém da etapa de beneficiamento, quando o minério extraído é separado em duas partes: concentrado, que possui minerais com grande concentração do elemento desejado, e ganga (ou rejeito), que é constituído de outros minerais que não são aproveitados no processo. Os rejeitos da mineração podem ser aproveitados substituindo matérias primas mais caras ou escassas, desde que o impacto

causado por essa substituição seja baixo, não prejudicando a aplicação ou o desempenho do material produzido. Um efeito secundário, mas muito bem-vindo dessa aplicação, além da redução do custo, é a redução do impacto ambiental relacionado à extração da matéria prima original e ao descarte dos rejeitos de minério.

O manganês é encontrado na natureza em mais de cem minerais, na forma de óxidos, hidróxidos, silicatos, carbonatos e sulfetos, se apresentando nos estados bi, tri e tetravalente, sendo os principais minerais a pirolusita, criptomelana, hausmannita, pisomelano e braunita (ABREU, 1973). Na mina de Morro da Mina (MG-Brasil) encontra-se rodocrosita, piroxangita, espessartita e tefroita, com poucas frentes de óxidos, como a pirolusita, criptomelana e manganita (REIS, 2005; FARIA, 2011).

Estudos preliminares envolvendo resíduos de minério de manganês provenientes de Morro da Mina mostraram que este material possui grande capacidade de aderência em outros materiais, além de elevada resistência mecânica quando obtidos na forma de peças sinterizadas (LIMA, 2010; LINHARES, 2012; PEREIRA, 2014; SOUZA, 2015; LIMA, 2016). Com o intuito de propor uma aplicabilidade para estes resíduos, neste trabalho obteve-se compósitos com reforços de 5, 10 e 15% utilizando matriz metálica de alumínio pelo processo de sinterização ao ar natural.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS

Inicialmente, pós de resíduos de minério de manganês foram moídos e peneirados a úmido em uma série de peneiras Tyler e secados em estufa. O peneiramento foi realizado em peneiras com aberturas de 300, 212, 150, 106, 75, 53 e 38 μ m. As amostras com tamanho menor que 38 μ m foram analisadas em um granulômetro a laser, modelo 1064, da marca Cilas. Os finos de minério foram calcinados a uma temperatura de 800°C por 2h, objetivando a eliminação de produtos voláteis do minério.

Para obtenção das amostras a verde dos compósitos foi utilizado pó de alumínio com pureza de 99,7% e granulometria com $D_{90}=73,43\mu$ m, fornecido pela ALCOA, para confecção da fase matriz. A fase dispersa foi composta de pós de resíduos finos de minério de manganês proveniente de Morro da Mina, em Conselheiro Lafaiete, Minas Gerais.

A homogeneização das misturas de pó de alumínio com os finos de minério de manganês foi realizada durante uma hora e a seco em um gral de ágata. A compactação das amostras a verde foi realizada em uma prensa hidráulica da marca Nowak utilizando matrizes de aço temperado e revenido SAE 4340 com diâmetro interno de 6mm lubrificadas

com pó de carvão mineral ativado. Uma massa de 0,48g de mistura homogeneizada foi vazada na matriz para obtenção das amostras à verde que apresentaram uma altura média de 7mm. As massas das amostras foram mensuradas utilizando uma balança analítica com precisão de quatro casas decimais da marca Sartorius. A carga aplicada pela prensa sobre as amostras foi de 0,5tf, resultando em uma pressão de compactação de aproximadamente 173,42MPa. O tempo de aplicação da carga foi de um minuto.

Foram confeccionadas 10 amostras para cada proporção mássica de finos de minério de manganês pré-estabelecidas, sendo 5%, 10% e 15%. Amostras de alumínio puro também foram obtidas para termos de comparação dos compósitos obtidos. As sinterizações foram realizadas em um forno mufla com taxa de aquecimento de 5°C/min nas temperaturas de 550°C e 600°C durante 2h ao ar natural. O resfriamento das amostras foi realizado no forno até a temperatura de 100°C e, posteriormente, ao ar livre até que atingissem a temperatura ambiente.

2.2 CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL

Para caracterização das microestruturas das amostras fez-se embutimento a frio sob vácuo utilizando resina e endurecedor de cura longa em molde de borracha nas secções transversais e longitudinais das amostras para cada condição de trabalho. Os lixamentos e polimentos foram realizados numa lixadeira/politriz metalográfica. Os lixamentos foram realizados com lixas de carbetto de silício e os polimentos com pasta de diamante e alumina.

Para as análises de imagem foram coletadas 10 imagens das secções transversais e longitudinais para cada condição de trabalho utilizando um aumento de 200X a fim de determinar a porcentagem de porosidade. Para tanto, foi utilizado um microscópio óptico da marca Olympus, modelo BX51M, acoplado a uma câmera interligada a um computador. As análises de imagem foram feitas utilizando o software Analysis da Olympus. Um microscópio eletrônico de varredura, da marca Jeol, modelo JSM 6510, com acoplamento de um sistema EDS da marca Oxford, modelo X-Max 20 foi utilizado para obtenção de fotomicrografias e análises químicas de microrregiões EDS.

2.3 CARACTERIZAÇÕES FÍSICAS

2.3.1 Área superficial BET

Uma amostra de cada condição de trabalho foi utilizada para os ensaios de área superficial BET utilizando um equipamento da marca Quantachrome, modelo NOVA 1200e.

2.3.2 Densidade geométrica

Antes e após a etapa de sinterização, a altura e o diâmetro das amostras foram mensurados com um paquímetro digital, da marca Mitutoyo, e suas massas na mesma balança citada no item 2.1. Os valores de densidade geométrica (ou massa específica) das amostras foram calculados dividindo a suas massas pelos seus respectivos volumes.

2.3.3 Ensaios de compressão

Os ensaios de compressão foram realizados em uma máquina universal de ensaios, da marca Time Group, modelo WDW40, com célula de carga da marca Transcell Technology Inc., modelo DBSL-SJ-10t, com capacidade de 10 toneladas. A taxa de deformação foi de $5,55 \times 10^{-3} \text{s}^{-1}$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A composição química do pó de alumínio utilizado como a fase matriz no compósito reforçado com finos de minério de manganês, Al-99,70%, Fe-0,21%, Si-0,05% e outros metais-0,02%, foi fornecida pela ALCOA.

As distribuições granulométricas dos pós de alumínio e do rejeito de minério de manganês podem ser vistas nas Figs 1 e 2, respectivamente. Nota-se que as partículas do pó de alumínio possuem $D_{90} = 135,04 \mu\text{m}$, enquanto as partículas de rejeito de minério de manganês apresentam $D_{90} = 465,63 \mu\text{m}$. Assim, as partículas do rejeito do minério de manganês são muito maiores que as partículas do pó de alumínio. Trata-se de um compósito reforçado com partículas grandes. A diferença dos tamanhos das partículas influi nos resultados das propriedades mecânicas dos compósitos obtidos, principalmente a resistência mecânica. Partículas maiores e mais angulosas tendem a deixar o compósito mais poroso, com mais vazios na interface matriz-reforço, como também foi observado por Ferreira (2017). Desse modo, a transferência da carga recebida pelo compósito da matriz para o agente de reforço é dificultada. (Callister, 2018, Askeland, 2008)).

3.2 ANÁLISE MICROESTRUTURAL

3.2.1 Difração de raios X

Os resultados dos ensaios de difração de raios X do pó de alumínio mostraram picos somente do alumínio puro comprovando a sua pureza bem elevada. Para o minério

de manganês, como recebido, e com granulometria menor que $38\mu\text{m}$, Tabelas 1 e 2, detectaram-se picos relacionados a compostos que contêm o manganês como fase predominante, além de fases contendo outros elementos, principalmente silício (devido à natureza sílico-carbonatada do resíduo). Nas análises realizadas, constatou-se que a espessartita, da qual se extrai o manganês, é o mineral de maior porcentagem em peso nos resíduos analisados. Por se tratar de um rejeito, é esperado que em sua composição existam diversos minerais e menor concentração do metal de interesse, o que torna a sua extração mais onerosa e de menor interesse econômico.

Figura 1 - Distribuição granulométrica do pó de alumínio.

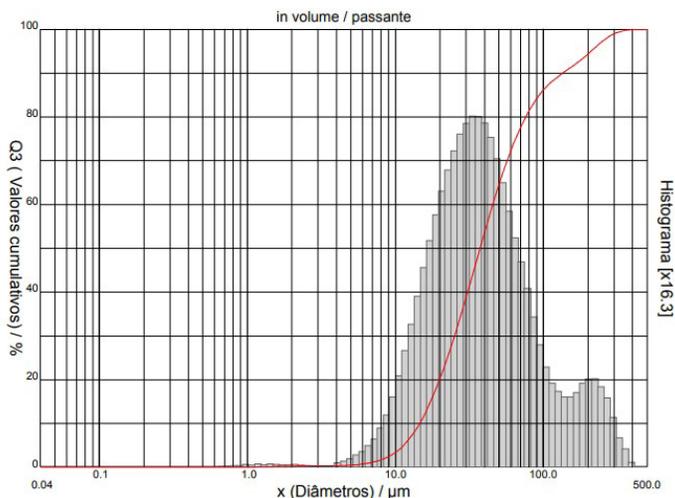


Figura 2 - Distribuição granulométrica do rejeito de minério de manganês.

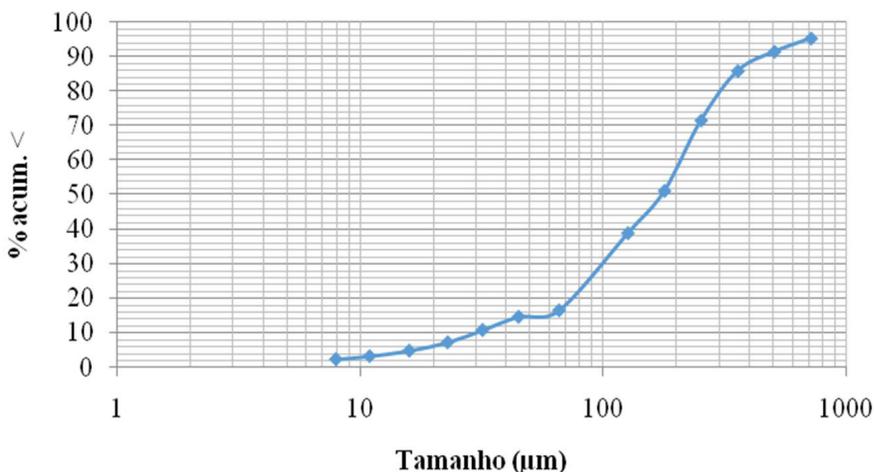


Tabela 1 - Compostos presentes nos finos de minério de manganês detectados por difração de raios X.

Composto	Fórmula química
Espessartita	$Mn^{2+}_3Al_2(SiO_4)_3$
Titanita	$CaTiSiO_5$
Cordierita	$(Mg,Fe)_2Al_4Si_5O_{18}$
Rodonita	$(Mn^{2+},Fe^{2+},Mg,Ca)SiO_3$
Biotita	$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$
Anidrita	$CaSO_4$

Tabela 2 - Compostos presentes nos finos de minério de manganês menores que 38µm, detectados por difração de raios X.

Composto	Fórmula química
Espessartita	$Mn^{2+}_3Al_2(SiO_4)_3$
Titanita	$CaTiSiO_5$
Cordierita	$(Mg,Fe)_2Al_4Si_5O_{18}$
Rodonita	$(Mn^{2+},Fe^{2+},Mg,Ca)SiO_3$
Biotita	$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(F,OH)_2$

3.2.2 Microscopia Eletrônica de Varredura com Espectroscopia de Energia Dispersiva

As microestruturas das amostras obtidas por MEV podem ser observadas nas Figs 3 a 8. Nota-se que o alumínio formou uma matriz contínua, com porosidade, permeada pelas partículas de reforço, dispersas homoganeamente. Ao analisar as interfaces matriz-agente de reforço, nota-se a presença de alguma porosidade denotada pelas regiões escuras. No entanto, não se observou aglomeração de partículas com o aumento da quantidade de reforço. Além disso, por se tratar de um resíduo de minério, as partículas de reforço têm diferentes formatos e composições químicas.

Figura 3 - Compósito de Al-5% de residuo de minério de manganês sinterizado a 550°C.

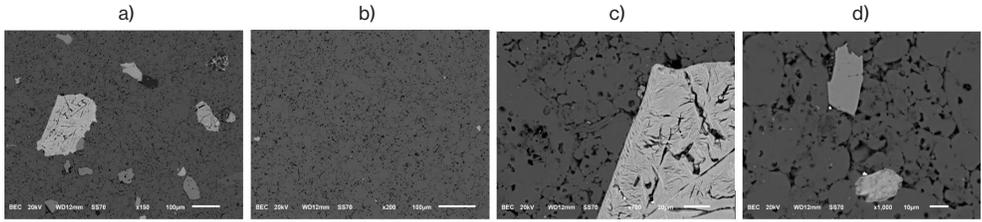


Figura 4 - Compósito de Al-5% de residuo de minério de manganês sinterizado a 600°C.

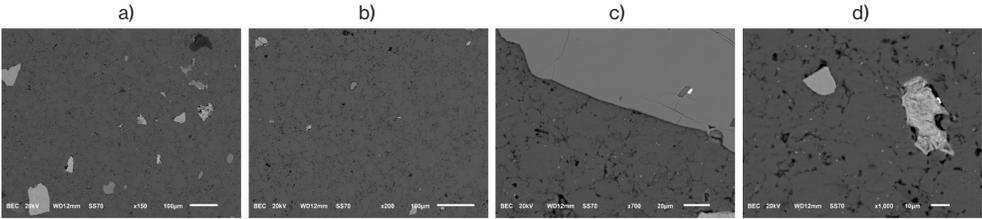


Figura 5 - Compósito de Al-10% de residuo de minério de manganês sinterizado a 550°C.

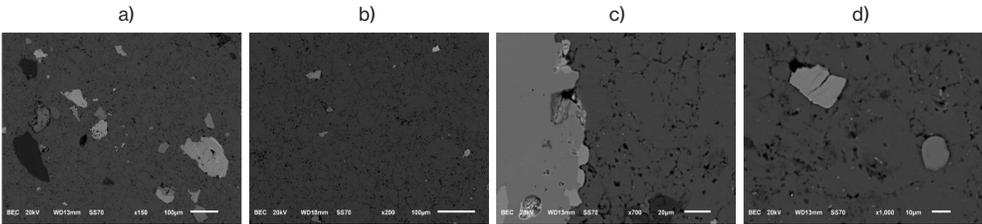


Figura 6 - Compósito de Al-10% de residuo de minério de manganês sinterizado a 600°C.

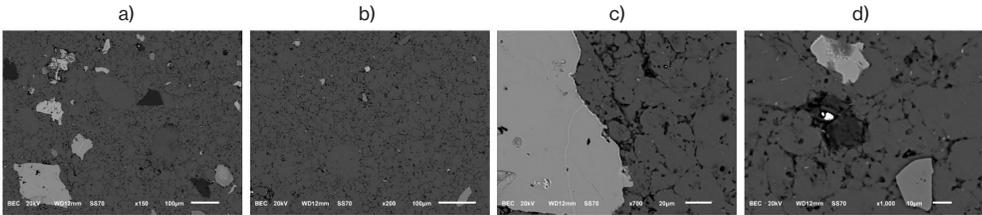


Figura 7 - Compósito de Al-15% de residuo de minério de manganês sinterizado a 550°C.

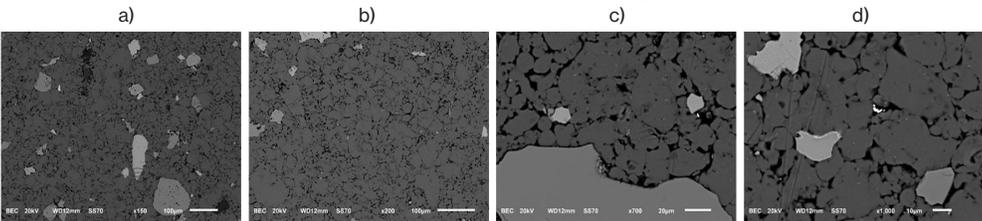
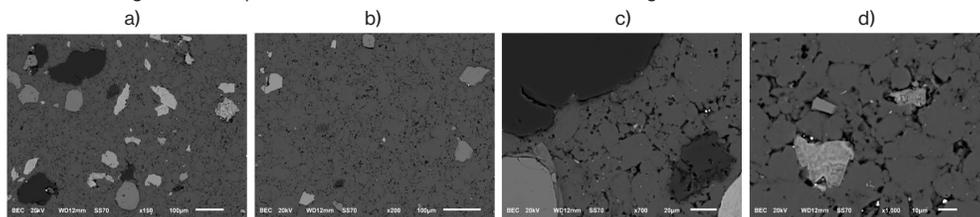


Figura 8 - Compósito de Al-15% de residuo de minério de manganês sinterizado a 600°C.



Análises químicas de microrregiões EDS foram realizadas nas diferentes partículas das microestruturas dos compósitos, Figs 9 a 11. Foram constatadas as presenças de fases ricas Mn, Mg, Al, Si, Zr, K, Ca, Se e Fe. A presença do magnésio se justifica pela sua grande afinidade química pelo manganês, por possuírem números atômicos próximos, sendo facilmente encontrados juntos na natureza. Com certeza, a fase rica em silício é o quartzo, pois utilizou-se um resíduo de minério sílico-carbonatado. As fases também foram confirmadas por mapeamento de regiões por elementos específicos, reforçando os resultados das outras análises realizadas. As imagens das regiões, além de seus respectivos espectros podem ser observadas nas Figs 12 e 13.

3.2.3 Análise de imagem para determinação da porcentagem de porosidade

Os resultados das análises de imagens das microestruturas das amostras por microscopia óptica mostram que os valores de porosidade aumentam com a porcentagem de finos de minérios de manganês, para a secção longitudinal, Fig. 14 a), semelhante ao observado por Ferreira (2017) e Akbari, Baharvandi e Mirzaee (2014). Nota-se também que os valores de porosidade foram nitidamente mais elevados nas secções transversais que nas secções longitudinais, Fig. 14 b). Atribui-se o aumento de porosidade pela evaporação de produtos voláteis do resíduo de minério de manganês, maior oxidação das partículas de alumínio em temperaturas mais elevadas e caminho de fluxo dos gases nas amostras da base para o topo, o que culminou nos maiores valores de porosidade nas secções transversais. Comparativamente, para 15% de reforço, supõe-se que o maior número de partículas de reforço diminui a quantidade de porosidade na secção transversal. O efeito da temperatura no aumento de porosidade foi discreto.

Figura 9 - Análise química de microrregião por EDS do compósito reforçado com 10% de resíduo de minério de manganês sinterizado a 550°C.

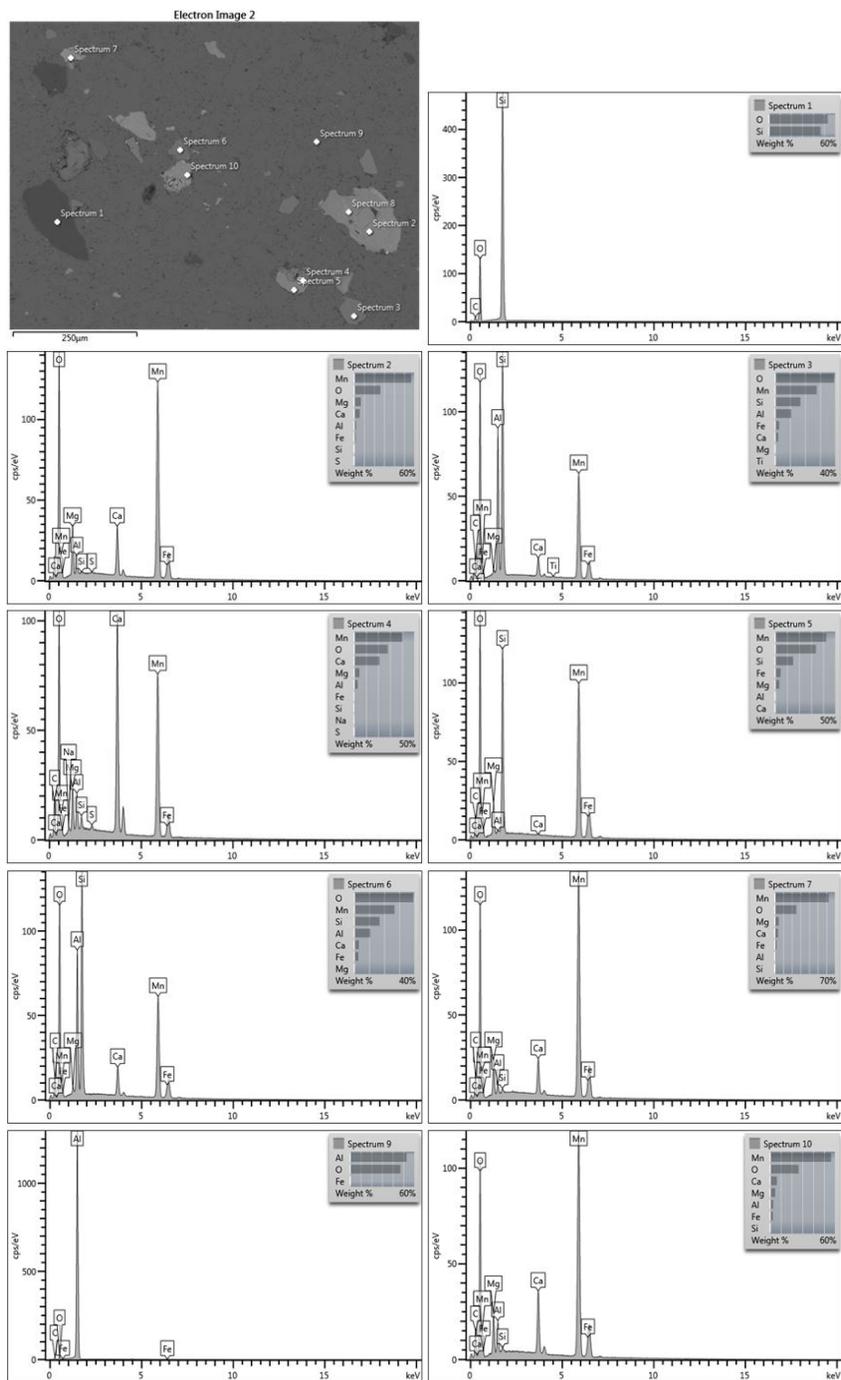


Figura 10 - Análise química de microrregião por EDS do compósito reforçado com 10% de resíduo de minério de manganês sinterizado a 600°C.

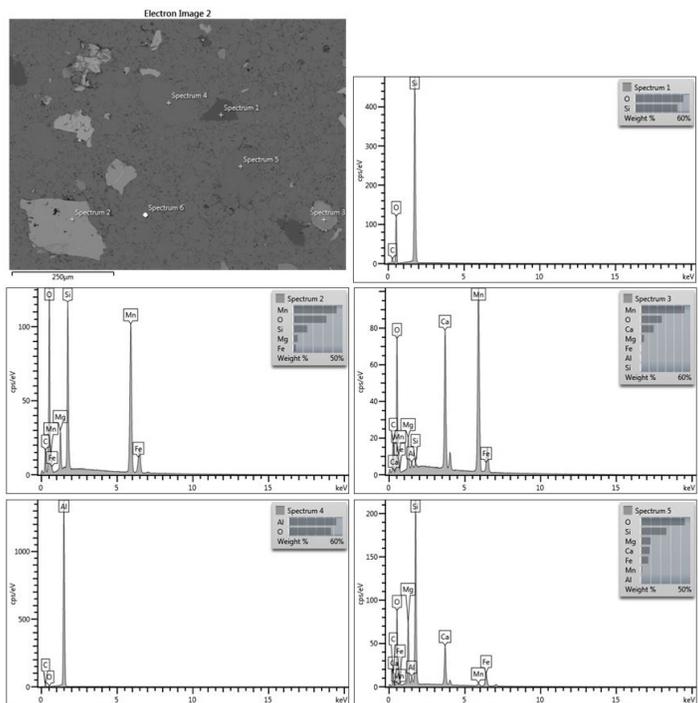


Figura 11 - Análise química de microrregião por EDS do compósito reforçado com 15% de resíduo de minério de manganês sinterizado a 600°C.

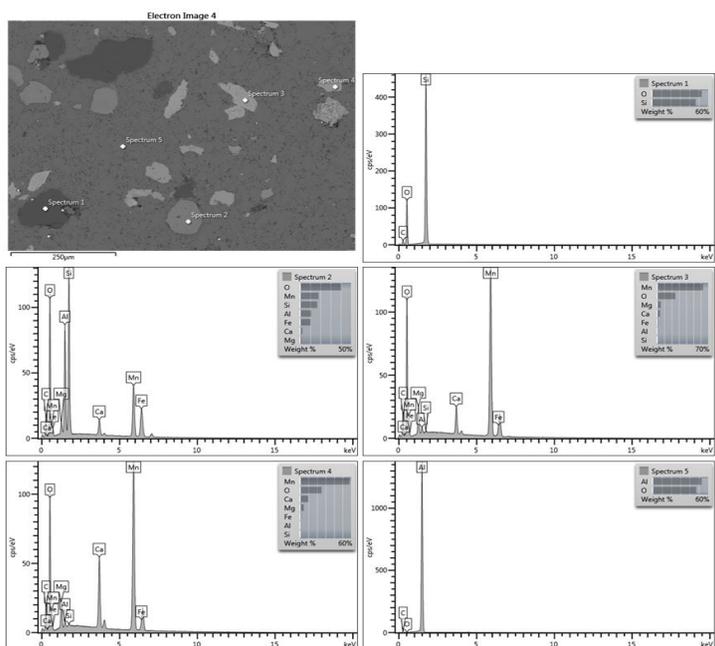


Figura 12 - Mapa de análise química por EDS do compósito reforçado com 5% de resíduo de minério de manganês sinterizado a 550°C.

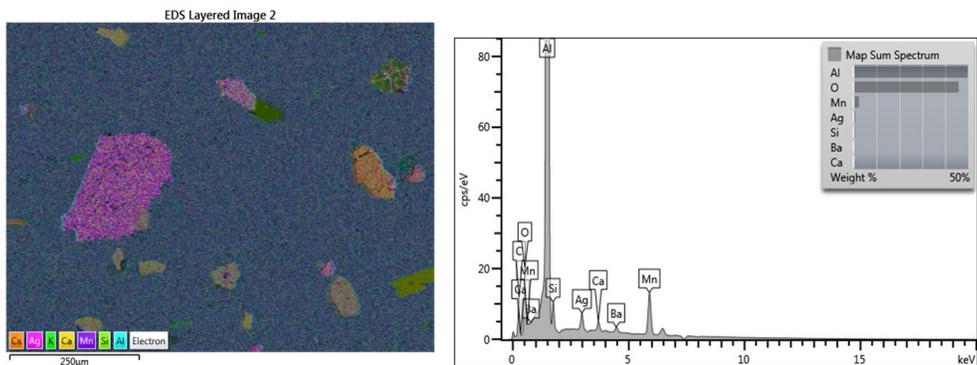


Figura 13 - Mapa de análise química por EDS do compósito reforçado com 15% de resíduo de minério de manganês sinterizado a 600°C.

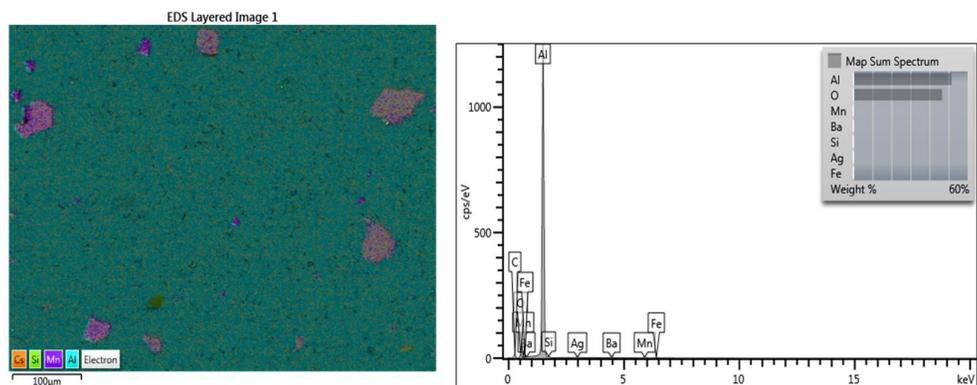
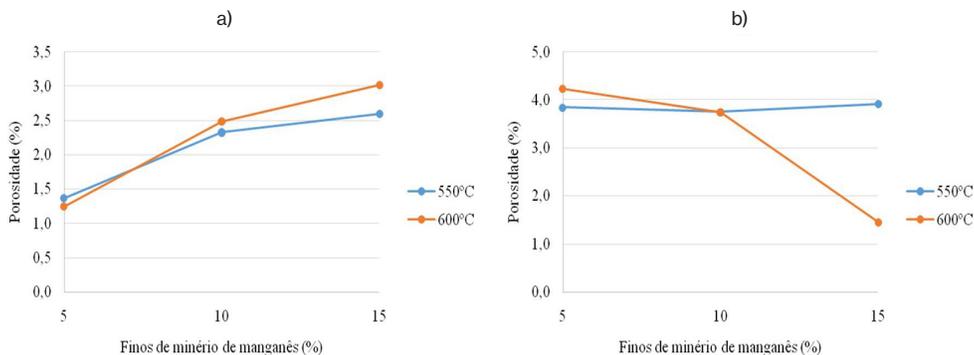


Figura 14 - Porcentagem de porosidade nas secções: a) longitudinal e b) transversal.



3.3 PROPRIEDADES FÍSICAS

3.3.1 Área superficial BET

Os valores de área superficial BET das amostras sinterizadas estão apresentados na Tabela 3. Sabe-se que os materiais metálicos apresentam valores de área superficial próximo de zero. Observa-se que dentre todas as condições de trabalho, as amostras com 10% de reforço apresentam os menores valores. Assim, presume-se que estas amostras são mais densas e apresentam maior resistência mecânica que as demais. As diferenças foram ligeiramente diferentes, no entanto, de forma geral, a maior temperatura proporcionou uma maior redução nos valores de área superficial.

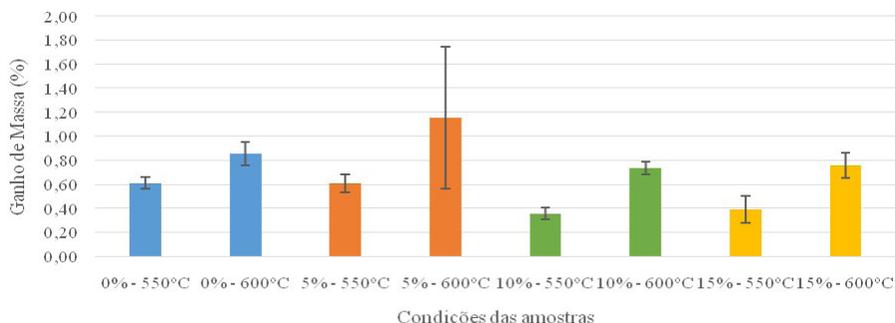
Tabela 3 - Área superficial BET das amostras sinterizadas.

Amostra	Área superficial (m ² /g)
5% - 550°C	3,12
5% - 600°C	3,13
10% - 550°C	2,58
10% - 600°C	2,55
15% - 550°C	2,87
15% - 600°C	2,57

3.3.2 Análise de massa

Devido à atmosfera natural utilizada no processo de sinterização foram observados ganhos de massa nas amostras para todas as condições de trabalho, inclusive de alumínio puro, conforme apresentado na Fig. 15. Não é possível notar um padrão bem definido de variação de massa em função da proporção de reforço. Porém, é notável o maior ganho de massa nas amostras sinterizadas à 600°C denotando o efeito da temperatura na oxidação das partículas de alumínio. Diferentemente da atmosfera natural utilizada neste trabalho, Ferreira (2017), Rahimian, Parvin e Ehsani (2010) e Akbari, Baharvandi e Mirzaee (2014) utilizaram atmosfera de argônio com o intuito de deixar o ambiente inerte.

Figura 15 - Ganho de massa versus condição de trabalho.

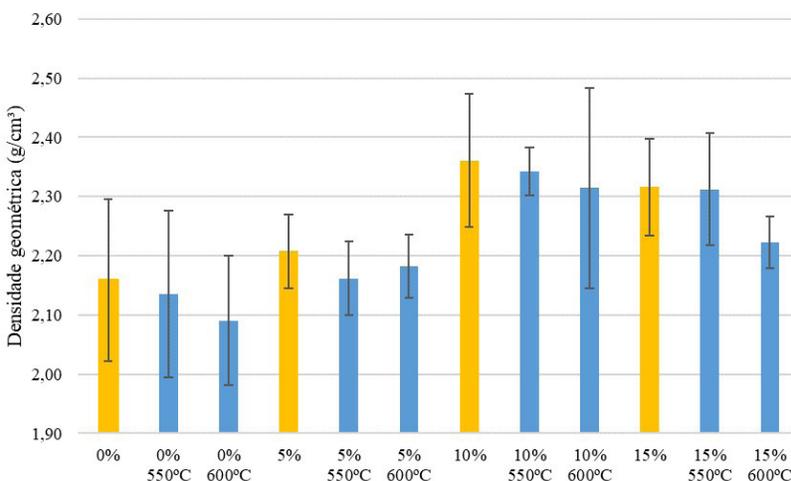


3.3.3 Densidade geométrica

Os valores de densidade dos compósitos a verde e sinterizados podem ser vistos na Fig. 16. Devido à oxidação da matriz de alumínio, evaporação de produtos voláteis, má aderência da matriz de alumínio com o agente de reforço, os valores de densidade de todas as amostras sinterizadas foram menores que das amostras à verde. No entanto, todos os compósitos apresentaram maiores valores de densidade que o alumínio puro devido à maior densidade das partículas de reforço. Ferreira (2017) também notou essa tendência de densidade superior à densidade das amostras de alumínio puro, em todas as proporções de mistura. Além disso, como a difusão é um processo termicamente ativado, quanto maior a temperatura, maior a oxidação das partículas de alumínio e menores os valores de densidade.

Interessante observar que as amostras contendo 10% de finos de minério de manganês, tanto a verde, quanto em ambas as temperaturas de sinterização, apresentaram os maiores valores de densidade geométrica, seguidas pelas amostras contendo 15%. Por outro lado, maiores quantidades de reforço implicam em maior porosidade e pior adesão entre matriz e agente de reforço. No entanto, como em outros compósitos reforçados por partículas, a proporção de mistura de 10% em matriz de alumínio proporcionou os maiores valores de densidade. Como a redução dos valores de densidade das amostras sinterizadas foi acompanhado por ganho de massa, pode se concluir que a densificação das amostras foi acompanhada pelo surgimento de poros (pela evaporação de elementos contidos nas partículas de reforço), o que contribui para uma sensível expansão do compósito, e pela oxidação da amostra durante a sinterização.

Figura 16 - Relação entre densidade geométrica a verde (em amarelo) e após sinterização (em azul). 0%: amostras de alumínio.



3.3.4 Ensaios de compressão

As curvas obtidas nos ensaios de compressão dos compósitos podem ser vistas nas Figs 17 e 18. Nota-se pela forma das curvas um comportamento tipicamente dúctil devido à alta deformação plástica da matriz de alumínio.

Os valores da tensão de escoamento para todas as condições de trabalho são apresentados na Tabela 4.

Pode ser notado que o limite de escoamento das amostras foi maior para a sinterização a 550°C, exceto para 5% de finos de resíduos de minério de manganês. Este comportamento sugere a menor oxidação das partículas de alumínio proporcionando um maior valor de limite de escoamento nesta temperatura. Para as duas temperaturas, os resultados obtidos seguem o que foi apontado nos estudos de Rahimian, Parvin e Ehsani (2010), para compósitos com matriz de alumínio reforçado com alumina, no qual a adição de reforço melhorou as propriedades mecânicas das amostras estudadas.

O maior valor do limite de escoamento foi observado nas amostras contendo 10% de finos de minério de manganês, em ambas as temperaturas de sinterização. Comparando com as amostras de alumínio puro, o aumento foi de 121,8%, para as amostras sinterizadas a 550°C, e de 116,9%, para as amostras sinterizadas a 600°C.

Tabela 4 - Limite de escoamento médio para as diferentes condições de trabalho (MPa).

% de minério de manganês	550°C	600°C
0	33,97 ± 6,20	31,85 ± 3,27
5	32,44 ± 2,98	35,94 ± 10,57
10	75,33 ± 8,83	69,08 ± 31,29
15	60,65 ± 32,24	40,74 ± 7,96

Nota-se pelas Figs 17 e 18 que a região de transição da deformação elástica para a plástica é menos pronunciada para o alumínio puro e o compósito com 5% de reforço. O início da região plástica dos compósitos com 10 e 15% de finos de minério de manganês é nitidamente mais alto denotando a eficiência do reforço na interação com a movimentação das discordâncias no processo de encruamento da matriz de alumínio. Para a temperatura de 600°C, Fig. 18, no regime plástico, houve um aumento de resistência mecânica para todas as condições de trabalho, exceto para o compósito com 15% de finos, devido à maior porosidade. Além disso, o maior aumento de resistência mecânica se deu para 10% de reforço. Estas constatações também foram encontradas nos estudos de Rahimian, Parvin e Ehsani (2010).

Figura 17 - Aspecto das curvas tensão versus deformação dos compósitos sinterizados a 550°C: a) Al puro, b) Al-5% de finos, c) Al-10% de finos e d) Al-15% de finos.

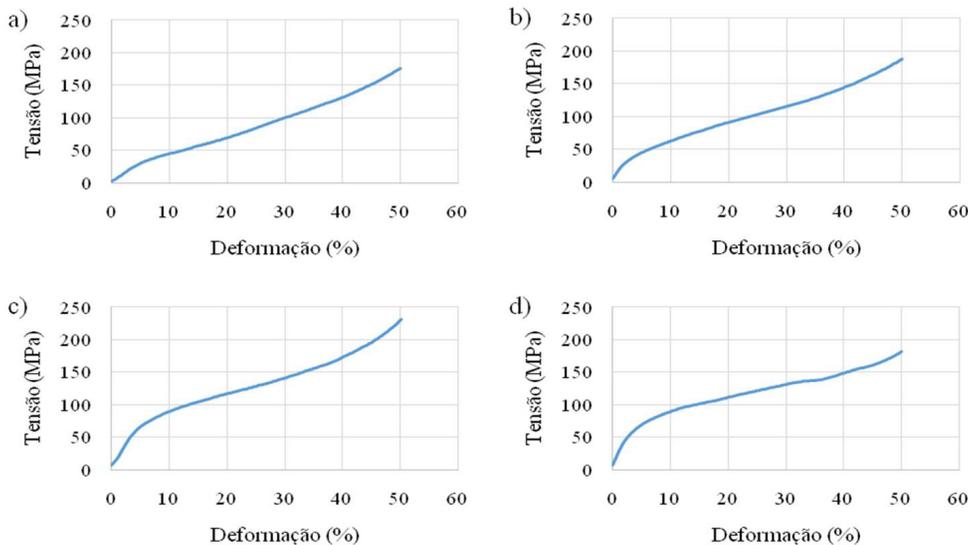
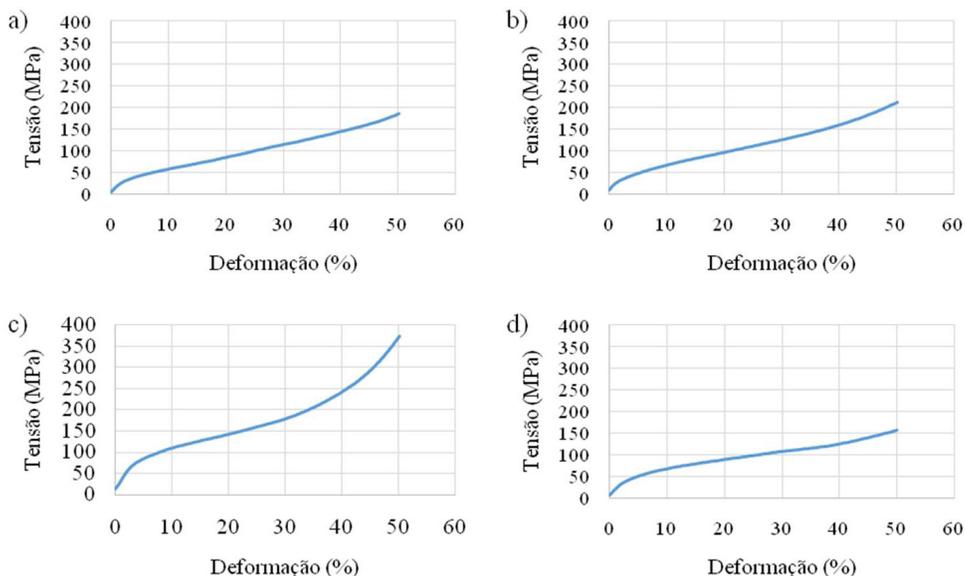


Figura 18 - Aspecto das curvas tensão versus deformação dos compósitos sinterizados a 600°C: a) Al puro, b) Al-5% de finos, c) Al-10% de finos e d) Al-15% de finos.

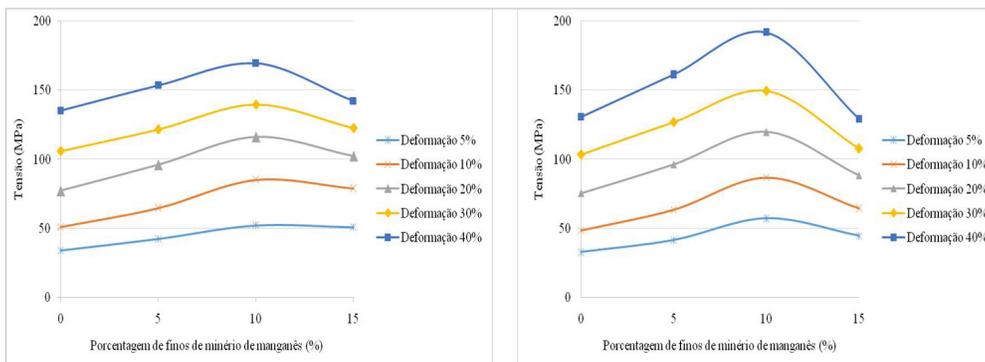


O efeito do encruamento e do reforço nas duas temperaturas estudadas pode ser visto na Fig. 19. Para todas as deformações, nota-se que os compósitos adquiriram maior resistência mecânica que as amostras de alumínio puro.

Para as amostras sinterizadas a 550°C, Fig. 19 a), as amostras com 10% de finos de minério de manganês apresentaram maior resistência mecânica em todas as deformações do que as outras proporções, o que pode ser explicado pelo barramento das discordâncias ser mais efetivo do que nas amostras com 5%. A maior porosidade pode ter causado a fragilização nas amostras com 15% de finos de minério, fato que as tornou menos resistentes que as amostras com 10%.

Na Fig. 19 b) podem ser observados os valores de tensão para as amostras sinterizadas a 600°C. Para a deformação de 40%, nas amostras com 10% de finos de minério de manganês, a tensão atingida foi muito maior que a tensão para 15%, fato que pode ser explicado pela fragilização destas, devido à maior porcentagem de fase dispersa, além da maior dificuldade (comparada às amostras com 10% de finos) de adesão na matriz por conta da maior presença de partículas com grande área de interface e, conseqüentemente, maior porosidade. Este fato é reforçado pela percepção de que as amostras com 5% de reforço são sensivelmente mais resistentes que as de 15%, uma vez que as amostras com 5% de finos possuem menor porcentagem de fase dispersa possibilitando uma matriz mais contínua e um maior encruamento.

Figura 19 - Tensão versus porcentagem de finos de minério de manganês nos compósitos sinterizados: a) 550°C e b) 600°C.



Considerando o encruamento, dentre todas as condições de trabalho analisadas, a que apresentou maior resistência mecânica foi o compósito com 10% de finos de minério de manganês, sinterizado a 600°C. A quantidade de partículas de reforço e a temperatura de sinterização foram combinadas para barrar as discordâncias com maior eficiência que as amostras com 5%, e permitiram uma matriz com menos porosidade e fragilidade que as amostras com 15% de finos de minério.

4 CONCLUSÕES

Para as condições de trabalho realizadas, conclui-se que:

Foram obtidos compósitos reforçados com finos de resíduos de minério de manganês com resistência mecânica superior ao alumínio puro.

A homogeneização das amostras foi satisfatória, uma vez que não se observou regiões com aglomeração de partículas do reforço.

Devido à oxidação do alumínio, houve ganho de massa e de volume após o processo de sinterização. O maior ganho de massa ocorreu para a temperatura de 600°C, sendo o maior valor ($1,15 \pm 0,59$)% para as amostras contendo 5% de resíduos de minério de manganês.

O maior valor de densidade geométrica encontrado para o compósito com 10% de finos de minério de manganês foi de ($2,34 \pm 0,04$)g/cm³ para sinterização a 550°C e ($2,31 \pm 0,17$)g/cm³ para 600°C, seguidas pelas amostras com 15% de finos, sinterizadas a 550°C.

As amostras contendo 15% de finos de minério de manganês apresentaram maior porosidade, tanto na matriz de alumínio quanto nas interfaces entre a matriz e as partículas de reforço.

Os valores de porosidade da seção longitudinal das amostras aumentaram com a porcentagem dos finos de minério de manganês, chegando ao máximo para 15% de finos em sinterização a 600°C. Os resultados variaram de ($1,25 \pm 0,17$)% para as amostras contendo 5% de finos de minério de manganês sinterizadas a 600°C até ($3,02 \pm 0,83$)% para as amostras contendo 15% de reforço sinterizadas a 600°C.

As amostras contendo 10% de finos de minério de manganês apresentaram o maior limite de escoamento, com aumentos de 121,8%, para a sinterização a 550°C, e de 116,9% para a sinterização a 600°C, quando comparadas ao alumínio puro. Para todas as amostras, o maior limite de escoamento foi observado nas amostras sinterizadas a 550°C.

Considerando-se o encruamento, a maior resistência mecânica foi encontrada para o compósito reforçado com 10% de finos de minério de manganês, sinterizado a 600°C.

5 AGRADECIMENTOS

À ALCOA de Poços de Caldas-MG pela doação e análise química do pó de alumínio utilizado neste trabalho. À FAPEMIG, VALE, CNPq e a Universidade Federal de Ouro Preto.

REFERÊNCIAS

ABREU, S. F. **Recursos minerais do Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 1973.

AKBARI, M. K.; BAHARVANDI, H. R.; MIRZAEI, O. Investigation of particle size and reinforcement content on mechanical properties and fracture behavior of A356-Al₂O₃ composite fabricated by vortex method. **Journal of Composite Materials**, v. 48, n. 27, p. 3315-3330, 2014.

ASKELAND, D. R.; PHULÉ, P. P. **Ciência e Engenharia dos Materiais**. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 594 p.

BARBOSA, L. P.; MOURISCO, A. J.; AMBROZIO FILHO, F. Microestrutura de compósitos alumínio carbetos de silício obtidos por moagem de alta energia, (2000), 19301 - 19309.

BROPHY, J. H.; PEARSALL, G. W.; ROSE, R. M.; SHEPARD, L.; MOFFAIT, W. G.; WULFF, J.; HAYDEN, H. **Ciência dos materiais**: estrutura, propriedades termodinâmicas. Rio de Janeiro: LTC, 1972.

CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia dos Materiais**: Uma introdução. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

CHAWLA, K. K. **Composite Materials**: Science and Engineering. New York USA, 1987.

FARIA, Geraldo Lúcio de. **Estudo geometalúrgico de granulados e pelota de minério de manganês**. 302 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

FERREIRA, Lygia Maria Policarpo. **Fabricação e caracterização de compósitos de alumínio reforçado com nano partículas magnéticas, via metalurgia do pó**. 203 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

FOGAGNOLO, João Batista. **Estudo do processo de fabricação de materiais compósitos de matriz de alumínio por metalurgia do pó, via moagem de alta energia e extrusão**. 256 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia da Fabricação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

LEVY NETO, Flaminio; PARDINI, Luiz Claudio. **Compósitos Estruturais**: Ciência e Tecnologia. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2016. 416 p.

LIMA, M. M. F.; ANDRADE, E. M.; LIMA, R. M. F.; GONÇALVES, D. H.; LIMA, G. F. **Characterization and sintering of low-manganese ore fines**, 2010. Local: Centro de Artes e Convenções de Ouro Preto; Cidade: Ouro Preto – MG – Brasil. In: IX Brazilian MRS Meeting; Inst. promotora/financiadora: Sociedade Brasileira de pesquisa em Materiais.

LIMA, M. M. F.; VALDUGA, F.; LIMA, R. M. F. **Sintering of manganese ore tailings under an argon atmosphere**. Materials Science Forum (Online). v. 869, p. 1013 - 1017, 2016.

LINHARES, É. P.; LIMA, M. M. F.; LIMA, R. M. F. **Making Sinter from Low-Grade Manganese Ore**, 2012. In: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (CBECIMAT 2012). 04 a 08 novembro de 2012. Joinville - Santa Catarina-Brasil. Inst. promotora/financiadora: <http://www.metallum.com.br/20cbecimat/>.

MOURISCO, Aroldo José. **Preparação e caracterização de compósito de matriz de alumínio 1100 com partículas de sic por metalurgia do pó**. 1995. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Tecnologia Nuclear, Ipen, São Paulo, 1995.

PEREIRA, M. J.; LIMA, M. M. F.; LIMA, R. M. F. **Calcination and characterization studies of a Brazilian manganese ore tailing**. International Journal of Mineral Processing, [s.l.], v. 131, p. 26-30, set. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.minpro.2014.08.003>.

RAHIMIAN, Mehdi; PARVIN, Nader; EHSANI, Naser. **Investigation of particle size and amount of alumina on microstructure and mechanical properties of Al matrix composite made by powder metallurgy**. Materials Science And Engineering: A, [s.l.], v. 527, n. 4-5, p. 1031-1038, fev. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2009.09.034>.

REIS, Érica Linhares. **Caracterização de resíduos provenientes da planta de beneficiamento do minério de manganês silico-carbonatado da RDM – Unidade Morro da Mina**. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mineral, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

REZENDE, Mirabel C.; BOTELHO, Edson C. **O uso de compósitos estruturais na indústria aeroespacial**. Polímeros, [s.l.], v. 10, n. 2, p.4-10, jun. 2000. UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-14282000000200003>.

SANTANA, A. L. **Sumário mineral 2014**. DNPM, 2014. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/dnpm/sumarios/sumario-mineral-2014>>. Acesso em: 22 mai. 2019.

SOUZA, L. G. P. **Aplicação de resíduos de minério de manganês na forma de uma peça obtida pela metalurgia do pó**. Monografia de Graduação - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.

WANG, Hongming; LI, Guirong; ZHAO, Yutao; CHEN, Gang. **In situ fabrication and microstructure of Al₂O₃ particles reinforced aluminum matrix composites**. Materials Science and Engineering: A, [s.l.], v. 527, n. 12, p.2881-2885, maio 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.msea.2010.01.022>.

SOBRE O ORGANIZADOR

Leinig Antonio Perazolli possui graduação em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá (1986), mestrado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (1991) e doutorado em Química pela Universidade Federal de São Carlos (1996). Atualmente é professor Livre Docente III do Instituto de Química - Unesp / Araraquara. Tem experiência na área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica com estudos de Sinterização de Cerâmicos e obtenção de Foto catalisadores Cerâmicos e na área de História da Ciência com ênfase em Química e Engenharia Química. Atua na área de pesquisa nos seguintes temas: óxido de titânio, óxido de estanho, sinterização, voltados para a foto catálise e cerâmicas eletrônicas. Na área de extensão universitária desenvolve trabalhos sobre História da Ciência e da Engenharia Química e sobre a Química das Coisas. Leciona disciplinas na área de Química Tecnológica, Engenharia Química e História da Ciência.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorción 106, 107, 110, 142, 171, 176, 178, 180, 181, 182, 183, 184, 188
Aceite 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 169
Aguacate 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158
Aislación térmica 114, 115, 117, 120, 131, 132
Análisis 1, 2, 5, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 16, 20, 23, 24, 26, 30, 32, 69, 86, 87, 89, 90, 95, 116, 129, 131, 134, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 144, 162, 163, 167, 173, 186, 188, 189
Antimicrobiana 134, 135, 136, 148, 158, 161, 169
Apatita 186, 187, 188, 189, 191
Aplicaciones 43, 160
A-site substitutions 227
Aspergillus niger 103, 104, 105, 111, 112, 113
Avaliação 47, 58, 59, 63, 64, 66, 67, 68, 250, 253, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 264, 265, 268, 273, 278, 279

B

BiFeO₃ 227, 228, 231, 232, 233
Biomasa 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 160

C

Climas cálidos 114, 117, 129, 130
Cohesión social 69
Combustíveis renováveis 214
Composición proximal 160, 168
Compresión 121, 171, 172, 173, 174, 175, 182, 183, 184
Consumidor ético 1, 2, 7, 11, 14
Consumo energético 114, 115, 116, 117, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 217
Consumo ético 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16
Consumo responsable 1
Contaminación Difusa 18, 19, 22, 33
Control interno 89, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102
Cuprita 134, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145

D

Densidad 166, 171, 175, 177, 179, 180, 182, 183, 193, 197, 206, 207, 211, 238, 239, 243, 245, 246

Deposição eletroforética 234, 235, 237, 240, 248

Desarrollo 8, 18, 20, 21, 32, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 69, 70, 75, 76, 77, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 102, 149, 153, 154, 155, 167, 170, 171, 172, 176, 179, 187

Difusão 207, 234, 235, 241, 243, 245, 254

Difusão de Cromo 235

E

Ecosistemas de Emprendimiento 36, 37, 38

Emancipatória 47, 58, 59, 64, 66, 68

Emprendimiento 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45

Espectroscopia 200, 251, 253, 268

Etanol 214, 215, 216, 217, 221, 222, 224, 225

Ética del consumo 1

Extração líquido-líquido 214, 218, 221, 222, 223, 224, 225

F

Ferric properties 227

Flotación 186, 187, 188, 189, 190, 191

G

Glioma 250, 251, 252, 253, 254, 267, 268, 269

Glioma Astrocítico 251

I

Imagem de Perfusão 251

M

Materiais compósitos com matriz de alumínio 193, 194

Metales pesados 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111

Moringa oleífera Lam 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 169

Municipios locales 89

N

Normas 1, 5, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 89, 95, 97, 100, 102

O

Óxido 109, 134, 135, 136, 137, 145, 146, 196, 235

Óxido de estanho 235

P

Percepção 6, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 79, 81, 82, 83, 84, 87, 88

Perfusão 251, 253, 254, 255, 256, 258, 259, 261, 264, 265, 267, 268

Permeabilidade Capilar 251

Porosidad 171, 176, 177, 178, 180, 181, 182, 183, 184

Potencialidades 65, 147, 148, 149, 169

Procedimiento LU-IV 18, 19, 20, 21, 23, 27, 28, 29, 30, 31, 32

Q

Quelônios marinhos 270, 271, 275

R

Relave 186, 188, 189, 191, 192

Remoción 98, 100, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110

Resíduos de mineração 194

Ressonância Magnética 250, 251, 253, 254, 268

Roca 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 182, 183, 184

S

Santander 36, 37, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 186

Semillas 147, 155, 159, 160, 161, 162, 164, 169

SIG 18, 20, 270, 272

Sinerização Microondas Varistores 235

Sinterização 193, 194, 196, 197, 206, 207, 208, 210, 211, 234, 236, 237, 240, 241, 243, 244, 245, 246, 249

Sistemas de Información Geográfica 19, 20

Staphylococcus aureus 134, 135, 136, 142, 144, 145, 146

T

Tecnologias 47, 49, 52, 53, 57, 59, 60, 67, 68, 79, 83, 120, 145, 184

U

Unidades de Conservação 270, 272, 273, 274, 276, 277

UNIFAC 214, 215, 218, 219, 221

Universidad compleja 69, 88

Z

Zonas Vulnerables a la Contaminación por Nitrato (ZVN) 18, 19