

Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química

Jéssica Verger Nardeli
(Organizadora)

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Karine de Lima

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
 Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
 Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
 Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
 Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
 Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
 Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
 Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
 Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
 Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
 Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
 Prof^a Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Prof^a Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Prof^a Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Prof^a Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
 Prof^a Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof^a Ma. Renata Luciane Posaque Young Blood – UniSecal
 Prof^a Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

A946 Avanços das pesquisas e inovações na engenharia química 1
[recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. –
Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-86002-53-9

DOI 10.22533/at.ed.539202003

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Nardeli, Jéssica
Verger.

CDD 660.76

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

APRESENTAÇÃO

A coleção “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 1” é uma obra que tem como foco principal a discussão e divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada trabalhos, pesquisas que transiram nos vários caminhos da engenharia química de forma mais aplicada tanto para pesquisa como indústria.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos correlacionados a estudo cinético, termodinâmico, físico-químico, caracterização de materiais por meio de várias técnicas (Microscopia eletrônica de varredura, análise de difração de raio-X dentre outras) e abordagens (tamanho de partícula, tratamento estatístico) desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à caracterização, aplicação, otimização de procedimentos e metodologias, dentre outras abordagens importantes na área de exatas e engenharia. O avanço das pesquisas e divulgação dos resultados tem sido um fator importante para o desenvolvimento da ciência e estímulo de inovação.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de exatas e engenharia química aplicada e educacional. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, otimização de processos, caracterização com técnicas substanciais é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Deste modo a obra “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 1” apresenta estudos fundamentados nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores explorarem e divulgarem seus resultados.

Jéssica Verger Nardeli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
RESINA BENZOAZINA: OBTENÇÃO E POTENCIAL DE APLICAÇÃO NO SETOR AEROESPACIAL	
Cirlene Fourquet Bandeira	
Aline Cristina Pereira Trofino	
Sérgio Roberto Montoro	
Michelle Leali Costa	
Edson Cocchieri Botelho	
DOI 10.22533/at.ed.5392020031	
CAPÍTULO 2	13
ANÁLISE MORFOLÓGICA E LIXIVIAÇÃO DA LAMA VERMELHA APÓS TRATAMENTO TÉRMICO	
Bruno Marques Viegas	
Keize Lorena Martins dos Passos	
Edilson Marques Magalhães	
Josiel Lobato Ferreira	
Diego Cardoso Estumano	
José Antônio da Silva Souza	
Emanuel Negrão Macêdo	
DOI 10.22533/at.ed.5392020032	
CAPÍTULO 3	24
ESTUDOS CINÉTICO E TERMODINÂMICO DA UTILIZAÇÃO DE MESOCARPO DE COCO VERDE NA REMOÇÃO DE ÍONS FLUORETO EM SOLUÇÃO	
César Augusto Canciam	
Nehemias Curvelo Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.5392020033	
CAPÍTULO 4	36
ESTUDO FÍSICO-QUÍMICO DE LICORES DE CUPUAÇU (<i>THEOBROMA GRANDIFLORUM</i> SCHUM) COMERCIALIZADOS EM BELÉM DO PARÁ	
João Pedro dos Reis Lima	
Allyson Allennon Pinheiro do Rosário	
José Marcos Nobre de Moura Junior	
Ewerton Carvalho de Souza	
Ivan Carlos da Costa Barbosa	
Ewerton Reginaldo dos Santos Neves	
Ronaldo Magno Rocha	
Charles Alberto Brito Negrão	
Regina Celi Sarkis Müller	
Antonio dos Santos Silva	
DOI 10.22533/at.ed.5392020034	
CAPÍTULO 5	45
INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS NA ELEVAÇÃO DO PONTO DE EBULIÇÃO DE SOLUÇÕES DE LEITE/SACAROSE	
Marcio Augusto Ribeiro Sanches	
Rodrigo Rodrigues Evangelista	
Daniele Penteadó Rosa	
Tiago Carregari Polachini	
Javier Telis Romero	
DOI 10.22533/at.ed.5392020035	

CAPÍTULO 6 54

CINÉTICA DE SECAGEM DE *Alpinia zerumbet* E INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS PROPRIEDADES DO SEU ÓLEO ESSENCIAL

Paulo Sérgio Santos Júnior
Gustavo Oliveira Everton
Amanda Mara Teles
Bárbara De Souza Silva
Harvey Alexander Villa-Veléz
Adenilde Nascimento Mouchrek
Victor Elias Mouchrek Filho

DOI 10.22533/at.ed.5392020036

CAPÍTULO 7 66

OSCILAÇÕES AMORTECIDAS EM SISTEMAS DE PARTÍCULAS COM MEMÓRIA ACOPLADA

Jair Rodrigues Neyra
Rafael Santos da Costa
José Rodrigues de Souza Chaves Gonçalves
Marcos Vinicius de Souza Araújo
Paulo Gerson da Cruz Ferreira
Vinícius Frantinne Brito Alves
Waldemar Monteiro de Moura
Eliton Lima Rocha
Maria Liduína das Chagas
Thiago Rafael da Silva Moura

DOI 10.22533/at.ed.5392020037

CAPÍTULO 8 79

NANOPARTÍCULAS DE FE E PY COMO CATALISADORES DA LIQUEFAÇÃO DO CARVÃO

Rafael Santos da Costa
Jair Rodrigues Neyra
José Rodrigues de Souza Chaves Gonçalves
Marcos Vinícios de Souza Araújo
Paulo Gerson da Cruz Ferreira
Vinícius Frantinne Brito Alves
Waldemar Monteiro de Moura
Andrew Nunes de Barros Reis
Maria das Graças Dias da Silva
Marcos Lima Cardoso
Thiago Rafael da Silva Moura

DOI 10.22533/at.ed.5392020038

CAPÍTULO 9 90

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO ÓTIMO DE DECANTADOR HORIZONTAL CENTRÍFUGO PARA SEPARAÇÃO DE SISTEMAS CONTENDO FASE OLEOSA DISPERSA

Alex Vazzoler

DOI 10.22533/at.ed.5392020039

CAPÍTULO 10 99

LIPASE EXTRACELULAR DO FUNGO *METARHIZIUM ANISOPLIAE* PRODUZIDA A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAS

Fabriele de Sousa Ferraz
Laiane Martins Duarte
Isadora Souza Santos Dias
Lina María Grajales

DOI 10.22533/at.ed.53920200310

CAPÍTULO 11 107

SÍNTESE E APLICAÇÃO DE ESFERAS POROSAS DE QUITOSANA NA ADSORÇÃO DE NÍQUEL EM SOLUÇÃO AQUOSA

Flávia Cristina Cardoso Dória
Elaine Cristina Nogueira Lopes de Lima

DOI 10.22533/at.ed.53920200311

CAPÍTULO 12 123

ADSORÇÃO DO COBRE II A PARTIR DA ATIVAÇÃO TÉRMICA DA CASCA DE BURITI (MAURITIA FLEXUOSA)

Larissa Tavares Esquerdo
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Yuri Leon dos Santos Silva
Elinaldo Silva Caldas
Alacid do Socorro Siqueira Neves
Reginaldo Sabóia de Paiva
Disterfano Lima Martins Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.53920200312

CAPÍTULO 13 131

ISOTERMAS DE SORÇÃO E PROPRIEDADES TERMODINAMICAS DO ABIU (*POUTERIA CAIMITO*)

Emilio Émerson Xavier Guimarães Filho
Ronaldo Maison Martins Costa
Julles Mitoura dos Santos Junior
Nathalia Cristina Ramos Lima
Audirene Amorim Santana

DOI 10.22533/at.ed.53920200313

CAPÍTULO 14 143

CARACTERIZAÇÃO DO OITI *LICANIA TOMENTOSA* (BENTH.) E COMPARAÇÃO DOS PÓS OBTIDOS POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

Ianê Valente Pires
Tatyane Myllena Souza da Cruz
Gisélia de Sousa Nascimento
Natasha Cunha
Antonio Manoel da Cruz Rodrigues
Heloisa Helena Berredo Reis de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.53920200314

CAPÍTULO 15 153

EFEITO DO TEOR E DO TIPO DE DOPANTE (MG OU MN) NAS PROPRIEDADES DOS CATALISADORES BASEADOS EM ÓXIDO DE FERRO DESTINADOS A WGRS

Larissa Soares Lima
Mariana Santos Rodrigues
Rodrigo Ribeiro de Souza
Maurício de Almeida Pereira
Maria Luiza Andrade da Silva

DOI 10.22533/at.ed.53920200315

CAPÍTULO 16 164

RESÍDUOS DE FERRO E ALUMÍNIO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Gabriel da Cruz Oliveira
Lucas Rezende Almeida

Willian Rayol da Silva
Bruno Henrique Alves Mendes
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Deibson Silva da Costa
Reginaldo Sabóia de Paiva

DOI 10.22533/at.ed.53920200316

CAPÍTULO 17 172

DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE BAGAÇO DE MANDIOCA (BLBM)

Rodrigo Rodrigues Evangelista
Tiago Carregari Polachini
Juan A. Cárcel
Javier Telis-Romero
Antonio Mulet

DOI 10.22533/at.ed.53920200317

CAPÍTULO 18 184

DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE CASCA DE MANDIOCA (BLCM)

Marcio Augusto Ribeiro Sanches
Tiago Carregari Polachini
Juan A. Cárcel
Antonio Mulet
Javier Telis-Romero

DOI 10.22533/at.ed.53920200318

CAPÍTULO 19 196

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE BAGAÇO DE MANDIOCA E DE CASCA DE MANDIOCA: INFLUÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE PARTÍCULA

Tiago Carregari Polachini
Maria Júlia Neves Martins
Antonio Mulet
Javier Telis-Romero
Juan A. Cárcel

DOI 10.22533/at.ed.53920200319

CAPÍTULO 20 209

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA GRANULOMETRIA DA LAMA VERMELHA NAS PROPRIEDADES DOS COMPÓSITOS

Eryck Eduardo Simplicio dos Santos
Victor Hugo Mafra Monfredo Ferreira
Brenda Thayssa Figueira Daniel
Bruno Henrique Alves Mendes
Deibson Silva da Costa

DOI 10.22533/at.ed.53920200320

SOBRE A ORGANIZADORA..... 217

ÍNDICE REMISSIVO 218

NANOPARTÍCULAS DE FE E PY COMO CATALISADORES DA LIQUEFAÇÃO DO CARVÃO

Data de submissão: 03/12/2019

Data de aceite: 11/03/2020

Rafael Santos da Costa

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Matemática - UFPA.

Salinópolis - PA.

<http://lattes.cnpq.br/2049890856129108>

Jair Rodrigues Neyra

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia - UFPA.

Salinópolis - PA.

<http://lattes.cnpq.br/201342622143857>

José Rodrigues de Souza Chaves Gonçalves

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia - UFPA.

Salinópolis - PA.

<http://lattes.cnpq.br/7223937009116150>

Marcos Vinícios de Souza Araújo

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia - UFPA.

Salinópolis - PA.

<http://lattes.cnpq.br/4329480649215131>

Paulo Gerson da Cruz Ferreira

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia - UFPA.

Salinópolis - PA.

<http://lattes.cnpq.br/7406332246500341>

Vinícios Frantinne Brito Alves

Universidade Federal do Pará, Faculdade de

Engenharia - UFPA.

Salinópolis - PA.

<http://lattes.cnpq.br/7063133261043924>

Waldemar Monteiro de Moura

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Física - UFPA.

Salinópolis - PA.

<http://lattes.cnpq.br/2873621425694616>

Andrew Nunes de Barros Reis

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Engenharia - UFPA.

Salinópolis - PA.

<http://lattes.cnpq.br/1737880105523994>

Maria das Graças Dias da Silva

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Faculdade de Ciências Exatas e Naturais - UERN.

Mossoró - RN.

<http://lattes.cnpq.br/2799557767021331>

Marcos Lima Cardoso

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Matemática - UFPA.

Salinópolis - PA.

<http://lattes.cnpq.br/7508566319996893>

Thiago Rafael da Silva Moura

Universidade Federal do Pará, Faculdade de Física - UFPA.

Salinópolis - PA.

<http://lattes.cnpq.br/6484641635804030>

RESUMO: Reportamos os resultados de nossas simulações micromagnéticas para encontrar a distribuição de energia da barreira anisotrópica de nanopartículas de Fe e Py. As nanopartículas magnéticas de Fe e Py são investigadas para a possível aplicação na catálise da liquefação de carvão. A liquefação de carvão é um fenômeno físico que consiste majoritariamente na quebra de ligações carbono-carbono. Investigamos as características da microestrutura dessas nanopartículas que fortaleçam a capacidade de catalisar a quebra das ligações carbono-carbono. Apresentamos resultados para nanopartículas de Fe e Py, com geometria cúbica, com tamanho de aresta de , e . Construímos curvas ZFC e FC para determinar a distribuição da temperatura de bloqueio. As curvas ZFC e FC exibem a mesma temperatura de bloqueio, que exibe comportamento dependente do campo magnético aplicado. Observamos que podemos construir uma curva para a magnetização para a qual as curvas FC convergem, independentemente do tamanho da amostra. Estes efeitos de escala de tamanho finito foram observados, sendo determinantes para aplicações tecnológicas.

PALAVRAS-CHAVE: Nanopartículas. Magnetismo. Catalisador. Liquefação. Carvão.

NANOPARTICLES OF FE AND PY AS CATALYZERS OF COAL LIQUEFACTION

ABSTRACT: We report the results of our micromagnetic simulations to find the anisotropic energy barrier distribution of nanoparticles of Fe and Py. The nanoparticles of Fe and Py are investigated for possible application in the catalysis of coal liquefaction. The coal liquefaction is a physical phenomena which consists in the breaking of carbon-carbon bond. We investigated the microstructure features which reinforce the capacity to catalyze the breaking of carbon-carbon bonds. We report our results of nanoparticles of FE and Py with cubic geometry and edges of size equals to 15, 25 and 35 nm. We constructed ZFC and Fc curves to find the blocking temperature. The ZFC and FC curves exhibits the same blocking temperatures, which behaves independently of applied magnetic field. We observed that we can construct a single curve for what the others FC curves converges, independently of the size of the sample. These finite size scaling effects are observed which are determinant for technological applications.

KEYWORDS: Nanoparticles. Magnetism. Catalyzer. Liquefaction. Coal.

1 | INTRODUÇÃO

Para Ajayan (1999) e Shinjo (2009) a nanociência é o estudo dos fundamentos, princípios e aplicações das nanotecnologias na escala nanométrica. O ramo da nanociência que se dedica ao estudo e a aplicação de materiais magnéticos na escala nanométrica é chamado de nanomagnetismo e spintrônica.

Em 1988, a descoberta da magnetorresistência gigante em metais foi o evento histórico que fortaleceu o potencial científico e tecnológico dos materiais magnéticos nanoestruturados (BAIBICH,1988; BINASCH et al., 1989; HINCHEY; MILLS, 1986; GRÜNBERG et al., 1986; CARBONE; ALVARADO, 1987; CINTRA et al., 2018;

HUBER, 2005). Os materiais magnéticos nanoestruturados são um tipo de sistema único. Este tipo de sistema incorpora as características de estruturas na escala nanométrica e os graus de liberdade dos elétrons, que apresentam grande potencial para aplicações tecnológicas e na construção da ciência de base. A manipulação de spins em sólidos abriu portas para a spintrônica (magnetoelétrica), a tecnologia que explora as propriedades físicas dos spins para a construção de novos dispositivos. O uso de materiais magnéticos nanoestruturados possui grande potencial tecnológico como, por exemplo, o imageamento por ressonância magnética (IRM), memórias permanentes, junções magnéticas de tunelamento, nano antenas, catalisadores, ímãs e nanopartículas para o uso em hipertermia magnética. (BINDER; LANDAU, 2009).

Um dos ramos de aplicação de nanopartículas magnéticas é para o desenvolvimento de catalisadores. Estudos recentes mostram que amostras de nanopartículas de ferro, sintetizadas em um suporte de sílica mesoporosa, com deposição de uma espécie de Fe^{+3} , seguida da redução de hidrogênio apresentam atividade catalítica (BINDER; LANDAU, 2009). Um catalisador à base de nanopartículas pode apresentar uma atividade catalítica seis vezes maior do que um material convencional e exibir uma forte seletividade para a produção de metano (BINDER; LANDAU, 2009). Propriedades críticas ditam a regra neste tipo de sistema. Efeitos de escala de tamanho finito das partículas mostram que há seletividade do metano ao tamanho do catalisador. O tamanho nanométrico das partículas serve de limitante severo para a contabilidade de quantas espécies contendo carbono podem ser adsorvidas em uma partícula. Portanto, este fenômeno torna menos provável que as cadeias de carbono colidam e se combinem. Outro fator determinante, relaciona a tamanho do catalisador com o aumento na quimissorção de hidrogênio, o que leva a uma terminação adicional da cadeia à custa do crescimento da cadeia (BINDER; LANDAU, 2009).

O uso de depósitos de carvão para extrair cadeias de carbono como matéria-prima química para substituir o petróleo tem sido um objetivo há muito tempo. Para realizar esse objetivo, é necessário um método conveniente e barato de dividir o carvão em componentes de baixo peso molecular. Para conseguir esta degradação sob as condições mais amenas possíveis, a escolha dos catalisadores é crítica. Catalisadores à base de ferro podem ser produzidos de forma barata o suficiente para impedir essa necessidade. Por estas razões, o ferro em nanoescala (e seus óxidos) foi investigado como um candidato a catalisador de liquefação de carvão (BINDER; LANDAU, 2009).

A liquefação de carvão é um fenômeno físico que consiste majoritariamente na quebra de ligações carbono-carbono. Investigações experimentais mostram que o ferro é capaz de catalisar a formação dessas ligações, por esta razão propomos investigar, teoricamente e usando simulações micromagnéticas, nanopartículas de ferro e permalói, como candidatos a catalisador de liquefação de carvão.

Este cenário traz consigo as características da era do nanomagnetismo e spintrônica: produção de dispositivos miniaturizados na escala nanométrica, tecnologia

de gravação de dados em materiais magnéticos permanentes (memória magnética não volátil), válvulas de spin, junções magnéticas de tunelamento, estudo de partículas magnéticas finas como catalisador na reação de liquefação do carvão e para aplicações no tratamento de câncer através do estudo do fenômeno de hipertermia magnética. O cenário do nanomagnetismo e spintrônica, urge o estudo e desenvolvimento de novas ferramentas teóricas e computacionais. Nesta ótica, usaremos os Método de Monte Carlo para o estudo de partículas magnéticas finas. Esta metodologia computacional será usada para prescrutar as propriedades estruturais e magnéticas de partículas na escala nanométrica para aplicações em catálise. (MARTINS et al., 2018) (PEDROSA et al., 2018) (TANENBAUM, 2015) (MUELA et al., 2016) (HAYEK et al., 2006) (MARTÍNEZ-EDO et al., 2018).

2 | METODOLOGIA

2.1 O MODELO TEÓRICO

Consideramos nanoelementos de ferro (Fe) e permalói (Py) com geometria cúbica. Usamos células de simulação de d de aresta. A densidade de energia é

$$\begin{aligned}
 E = & \frac{A}{d^2} \sum_i \sum_j \hat{m}_i \cdot \hat{m}_j \\
 & - K \sum_j \left(\hat{m}_j^x \right)^2 \\
 & - \hat{H} \sum_j \hat{m}_j \\
 & + \frac{M_s^2}{2} \sum_i \sum_j \left(\frac{\hat{m}_i \cdot \hat{m}_j}{r_{i,j}^3} - 3 \frac{(\hat{m}_i \cdot \vec{r}_{i,j})(\hat{m}_j \cdot \vec{r}_{i,j})}{r_{i,j}^5} \right)
 \end{aligned} \tag{1}$$

onde o primeiro termo é a energia de troca, sendo A a rigidez de troca e d a aresta da célula de simulação representada na figura 1; o segundo termo é a energia anisotropia uniaxial ao longo do eixo x , sendo K a constante de anisotropia uniaxial; o terceiro termo é a energia Zeeman, onde $\vec{H} = H_x \hat{i}$ é o campo magnético aplicado ao longo do eixo de fácil magnetização; o quarto termo descreve a energia dipolar, neste termo M_s é a magnetização de saturação do material. Os termos do conjunto $\{\hat{m}_j\}$ são os momentos magnéticos das células de simulação, que possuem um conjunto de momento atômicos aproximados, neste modelo, para um único momento magnético da célula de simulação com $d = 5 \text{ nm}$. As constantes magnéticas para o Fe e Py são exibidas na tabela 1 (Silva et al, 2011).

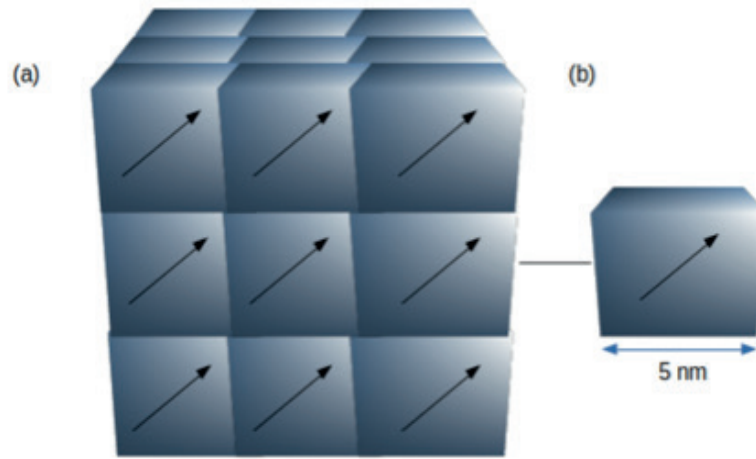


Figura 1 - Representação esquemática do (a) nanoelemento e (b) célula de simulação do modelo teórico.

	Fe	Py
A(J/m)	$2,5 * 10^{-11}$	$1,3 * 10^{-11}$
Ms(A/m)	$1,7 * 10^6$	$0,8 * 10^6$
K(J/m ³)	$2,5 * 10^{-4}$	0

Tabela 1 - Propriedades magnéticas macroscópicas do Fe e do Py.

SIMULAÇÕES MICROMAGNÉTICAS

Realizamos simulações micromagnéticas para obter as medidas das observáveis físicas. Estimamos as observáveis concernentes as soluções da equação mestra

$$\frac{dP(i, j)}{dt} = \sum_{i \neq j} \left\{ W(i, j)P(j, t) - W(j, i)P(i, t) \right\} \quad (2)$$

onde $W(i, j)$ é a taxa de transição de probabilidade do estado i para o j e $P(j, t)$ é a probabilidade do estado j no instante de tempo t . Dadas as taxas de transição, encontramos a solução estacionária que satisfaz a condição

$$\sum_{i \neq j} \left\{ W(i, j)P(j, t) - W(j, i)P(i, t) \right\} = 0 \quad (3)$$

A solução numérica da equação mestra para o estado de equilíbrio (3) serviu de base para o desenvolvimento do algoritmo Metropolis (METROPOLIS et al., 1953). O algoritmo de Metropolis é descrito a seguir.

ALGORÍTIMO DE METROPOLIS

1. Defina uma configuração inicial j para o sistema;

2. Gere uma configuração tentativa da i -ésima célula de simulação;
3. Se $\Delta E_{j,i} = E_j - E_i < 0$, a configuração é aceita;
4. Caso contrário, gera-se um número aleatório $r \in (0,1)$. Se $r < P(\Delta E_{j,i}) \propto \exp(\Delta E_{i,j}/K_B T)$ a nova configuração é aceita.
5. Caso contrário, a configuração permanece.

Utilizamos células de simulação com $d=5\text{nm}$ de aresta. Procedemos com as simulações dos tratamentos ZFC e FC com 10^7 passos de Monte Carlo (PMC). Estimamos as observáveis físicas para valores de PMC maiores do que $N = 10 * L^3$, sendo L a quantidade de células de simulação da aresta do nanoelemento cúbico. Quando $N > 10 * L^3$, observamos a estabilização das medidas, portanto, após este limiar calculamos os momentos da energia $\langle E \rangle$ e da magnetização $\langle \vec{M} \rangle$. Os valores esperados do primeiro momento da magnetização foram estimados pela equação

$$\langle M \rangle = \sum_{i=1}^N p_i M_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N M_i$$

3 | RESULTADOS

As medidas de magnetização *zero-field-cooled* (ZFC) e *field-cooled* (FC) são dependentes da temperatura. Medidas da magnetização usando os procedimentos ZFC e FC são usados para encontrar as distribuições de energia da barreira. Para obtermos uma curva segundo o procedimento ZFC, a amostra é resfriada a partir de uma temperatura T maior do que a temperatura de bloqueio T_B com o campo magnético aplicado nulo $\vec{H} = 0$, estado em que as partículas apresentam estado desordenado, neste caso superparamagnético. Ao atingir uma temperatura $T < T_B$ as nanopartículas se encontram no estado bloqueado. Então, é iniciado processo de aquecimento, se aplica um campo magnético $\vec{H} \neq 0$ até a atingir uma temperatura (T) maior do que a temperatura de bloqueio. Ao longo desse processo são realizadas medidas da magnetização. A curva FC é obtida quando a amostra de nanopartículas, nos processos resfriamento e aquecimento, é submetida ao mesmo campo magnético $\vec{H} \neq 0$. Para realizar as medidas ZFC e FC o campo magnético aplicado deve ser muito menor do que o campo relacionado a energia de anisotropia para garantir que as medidas reflitam a distribuição de energia da barreira.

Iniciamos nossas medidas ZFC na temperatura inicial $T_0 = 290 \text{ K}$. Nesta temperatura as nanopartículas estão, em equilíbrio, no estado superparamagnético. O campo magnético é mantido nulo $\vec{H} = 0$, quando a amostra é resfriada até a temperatura de $T_F = 0.01 \text{ K}$. Nesta temperatura, o campo magnético $\vec{H} \neq 0$ é aplicado enquanto a amostra é aquecida. Os valores de campo magnético são 10, 20, 30, 40

e 50 mT. Após a aplicação do campo, a amostra é projetada para um estado fora do equilíbrio, quantificado pelo termo da energia Zeeman na equação (1). Sob estas mesmas condições, temperatura e campo magnético, foram construídas as curvas FC. Diferenciando-se das curvas ZFC, a curva da magnetização é obtida, tanto no processo de resfriamento quanto no de aquecimento, com $\vec{H} \neq 0$. As amostras são de ferro (Fe) e permalóí (Py). A geometria é cúbica com arestas (d) iguais a 15, 25 e 35nm.

Nas figuras 2 e 3, apresentamos o primeiro conjunto de medidas. Para obtermos as curvas observadas nas figuras 2a-(Fe) e 3a-(Py), curvas ZFC, fixamos o tamanho da amostra com $d=15\text{nm}$. A amostra é retirada do estado de equilíbrio com o campo magnético aplicado entre 10-50mT. Notamos que o comportamento qualitativo da magnetização não muda. Cresce, com campo não nulo, a partir de $T=0.01\text{K}$ até o ponto de equilíbrio termodinâmico (ponto de máximo na curva). No ponto de equilíbrio termodinâmico, a magnetização decresce na medida que a temperatura aumenta, segundo a lei de Curie ($\propto 1/T$) cessando as medidas no ponto $T=290\text{K}$. Nas curvas FC, exibidas nas figuras 2b-(Fe) e 3b-(Py), o campo magnético constante é aplicado na amostra à temperatura de 290K , mantido constante ao longo processo de resfriamento. Neste processo, a magnetização aumenta até atingir a temperatura de bloqueio T_B . Observamos que a magnetização permanece fixa enquanto a temperatura decresce até $0,01\text{K}$. Neste ponto, a amostra é submetida ao processo de aquecimento. A magnetização permanece fixa até atingir T_B . Neste ponto, medidas típicas da magnetização são do seu estado de equilíbrio termodinâmico. Destacamos, nas figuras 2 e 3, que para as curvas ZFC; foram observados vários pontos de máximo dependentes da magnitude do campo magnético, para as curvas FC; observamos o deslocamento, no sentido em que a temperatura cresce, da magnetização para valores mais altos do campo magnético. Portanto, observamos que a medida das distribuições da energia da barreira é dependente da magnitude da projeção para o estado fora do equilíbrio pela energia Zeeman, terceiro termo da equação (1).

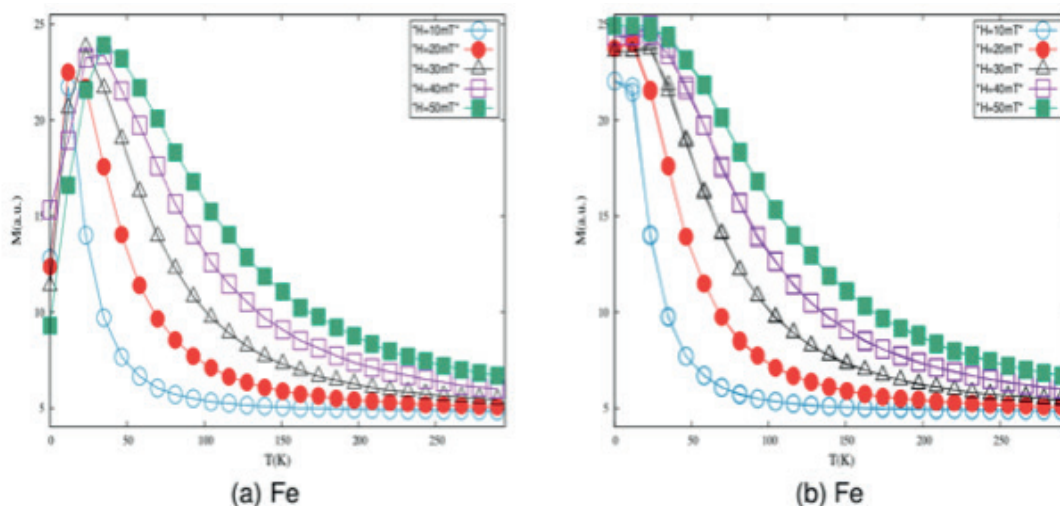


Figura 2 - Curvas (a) ZFC e (b) FC da amostra cúbica do nanoelemento de Fe com aresta igual

a $d=15\text{nm}$. A temperatura (T) foi variada da faixa de $0,01\text{-}290\text{K}$. O campo magnético aplicado foi variado de 10mT a 50mT .

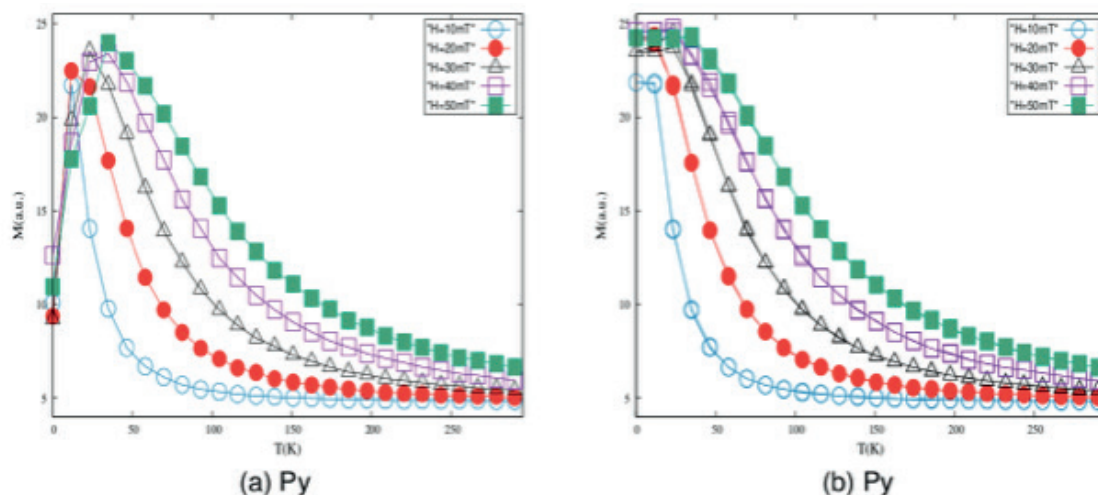


Figura 3 - Curvas (a) ZFC e (b) FC da amostra cúbica do nanoelemento de Py com aresta igual a $d=15\text{nm}$. A temperatura (T) foi variada da faixa de $0,01 - 290\text{K}$. O campo magnético aplicado foi variado de 10mT a 50mT .

Na figura 4, apresentamos medidas típicas da magnetização para os nanoelementos de Fe e Py, 4a e 4b, respectivamente. As amostras escolhidas para exibir estes resultados são as com 15nm de aresta. Notamos que, para $T < T_B$, as curvas FC e ZFC exibem comportamentos distintos até atingir a temperatura $T = T_B$, a partir da qual ambas as curvas apresentam o mesmo comportamento. Apresentando decréscimo da magnetização \vec{M} com o aumento da temperatura T . Portanto, observamos que o ponto de convergência das curvas FC e ZFC nos fornecem informações sobre a distribuição de energia da barreira.

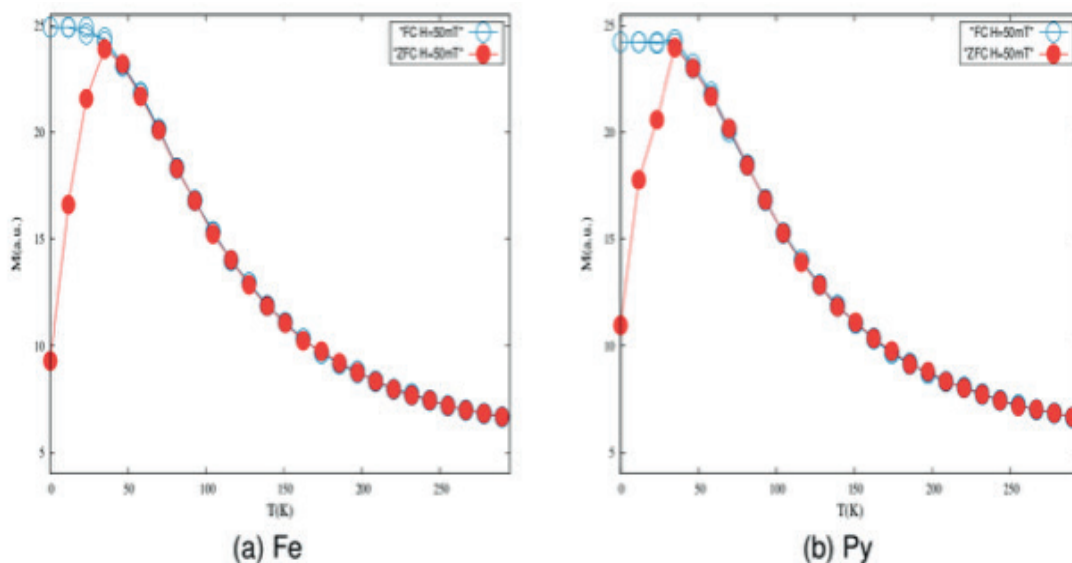


Figura 4 - Curvas FC e ZFC da magnetização obtidas para amostras cúbicas dos nanoelementos de (a) Fe e (b) Py. As arestas das amostras são iguais a $d=15\text{nm}$. Os parâmetros físicos de temperatura (T) e campo magnético aplicado, foram mantidos com os seguintes valores de $0,001 - 300\text{K}$ e 50mT , respectivamente.

Na figura 5, são exibidas medidas típicas FC da magnetização para o nanoelemento de Fe. As medidas normalizadas e não-normalizadas, 5a e 5b, respectivamente. Na figura 5a, exibimos a magnetização não normalizada dos nanoelementos de arestas iguais a 15, 25 e 35. Em nossa modelagem numérica o nanoelemento magnético é dividido em $D=N_x N_y N_z$; para D a quantidade de células que compõe a malha, onde a magnetização é uma função de D , i.e., $\vec{M}(D)$. Para normalizar os dados que são exibidos na figura 5b, construímos uma função independente de D , fazendo $\vec{M}(D)/D = \vec{M}(Normalizado)$. Assim, normalizamos as medidas FC da magnetização. Como exibidas na figura 5b, as curvas colapsarão para uma única curva para $T \leq T_B$. Para $T > T_B$, as curvas da magnetização apresentam comportamento semelhante; divergindo para o nanoelemento com aresta $d=15\text{nm}$ e $T \cong 150\text{K}$. O nanoelemento com aresta é a menor amostra que trabalhamos, este comportamento é esperado pela baixa dimensionalidade do sistema, para o qual esperamos maiores flutuações nas medidas das observáveis físicas. Para os nanoelementos maiores, é esperada a estabilização das observáveis físicas com medidas realizadas em amostras maiores. Portanto, este fenômeno é consequência das dimensões das amostras, i.e., efeitos de escala de tamanho finito.

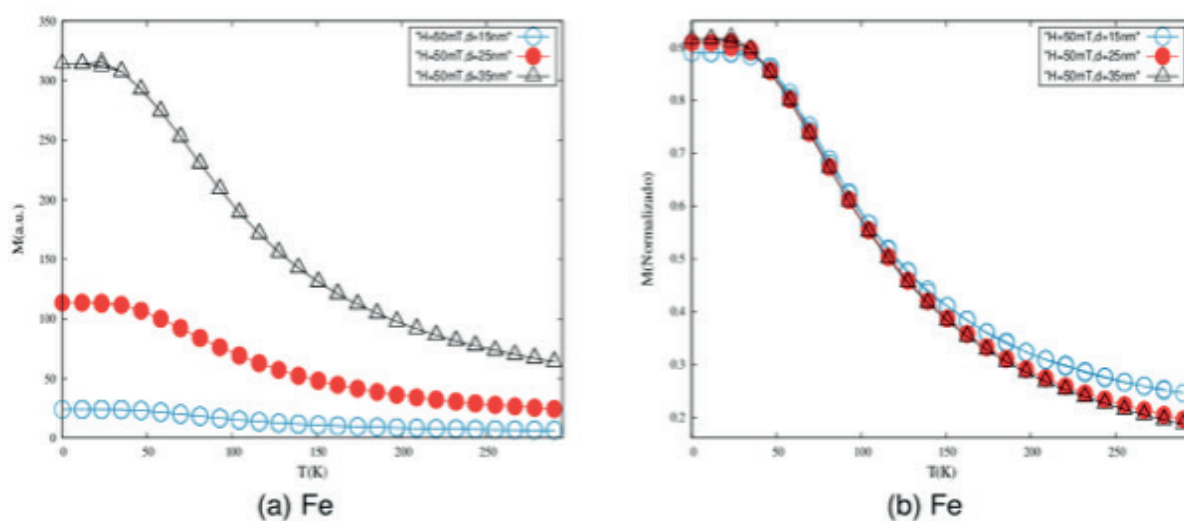


Figura 5 - Medidas comparativas da magnetização para o tratamento FC de amostras cúbicas do nanoelemento de Fe. Curvas FC (a) não-normalizadas e (b) normalizadas. Os tamanhos das arestas dos nanoelementos são $d=15$, $d=25$ e $d=35$. O campo magnético aplicado é da ordem de e temperatura variada de 0,01 - 290K.

4 | CONCLUSÃO

Apresentamos resultados de nossas simulações micromagnéticas para nanopartículas de Fe e Py. As nanopartículas possuem geometria cúbica. A aresta das amostras são de 15, 25 e 35nm. Construímos curvas FC e ZFC para obter as distribuições de energia da barreira anisotrópica. Concluimos que, fixando o tamanho da amostra e variando o campo magnético aplicado, é obtido um espectro de máximos na curva ZFC. Nas curvas FC, estes pontos são os pontos para os quais a magnetização

é uma medida do equilíbrio termodinâmico, a partir dele a magnetização diminui com o aumento da temperatura. Para cada magnitude do campo magnético está associada uma temperatura de bloqueio, que cresce positivamente com o aumento do campo magnético. As curvas FC e ZFC exibem a mesma temperatura de bloqueio quando a magnitude do campo magnético e a dimensão das amostras são mantidas fixas. Portanto, a curva ZFC ou FC podem ser obtidas para determinar a temperatura de bloqueio. Notamos que podemos construir uma função para a magnetização, como realizamos para as amostras de Fe, para a qual as curvas FC convergem. Observamos que para a amostra de Fe com $d=15\text{nm}$ a curva FC não converge quantitativamente, a partir do ponto $T \sim 150\text{K}$, para a nova curva da magnetização, mas apresenta o mesmo comportamento qualitativo. Pretendemos expandir nossos resultados para estimar outras grandezas físicas que otimizem a liquefação de carvão, i.e. para o aumento da reação de catalisação. Algumas dessas propriedades são a adsorção, a quimissorção e o volume de bloqueio.

REFERÊNCIAS

AJAYAN, Pulickel Madhavapanicker. Nanotubes from carbon. **Chemical reviews**, v. 99, n. 7, p. 1787-1800, 1999.

BAIBICH, Mario Norberto et al. Giant magnetoresistance of (001) Fe/(001) Cr magnetic superlattices. **Physical review letters**, v. 61, n. 21, p. 2472, 1988.

BINASCH, Grünberg et al. Enhanced magnetoresistance in layered magnetic structures with antiferromagnetic interlayer exchange. **Physical review B**, v. 39, n. 7, p. 4828, 1989.

BINDER, K.; LANDAU, David P. . **A Guide to Monte-Carlo Simulations in Statistical Physics**. 3rd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

CARBONE, C.; ALVARADO, S. F. Antiparallel coupling between Fe layers separated by a Cr interlayer: Dependence of the magnetization on the film thickness. **Physical Review B**, v. 36, n. 4, p. 2433, 1987.

CINTRA, Murilo Bicudo et al. Magnetic resonance imaging: dynamic contrast enhancement and diffusion-weighted imaging to identify malignant cervical lymph nodes. **Radiologia brasileira**, v. 51, n. 2, p. 71-75, 2018.

GRÜNBERG, PETER et al. Layered magnetic structures: Evidence for antiferromagnetic coupling of Fe layers across Cr interlayers. **Physical review letters**, v. 57, n. 19, p. 2442, 1986.

HAYEK, S. et al. Application of nanomagnetic particles in hyperthermia cancer treatment. **Nanotech**, v. 2, p. 67-70, 2006.

HINCHEY, Laura Lee; MILLS, D. L. Magnetic properties of superlattices formed from ferromagnetic and antiferromagnetic materials. **Physical Review B**, v. 33, n. 5, p. 3329, 1986.

HUBER, Dale L. Synthesis, properties, and applications of iron nanoparticles. **Small**, v. 1, n. 5, p. 482-501, 2005.

MARTÍNEZ-EDO, Gabriel et al. Functionalized ordered mesoporous silicas (MCM-41): Synthesis and

applications in catalysis. **Catalysts**, v. 8, n. 12, p. 617, 2018.

MARTINS JR, S. M. S. B. et al. Excitations of interface pinned domain walls in constrained geometries. **AIP Advances**, v. 8, n. 5, p. 056004, 2018.

MUELA, Alicia et al. Optimal parameters for hyperthermia treatment using biomineralized magnetite nanoparticles: theoretical and experimental approach. **The Journal of Physical Chemistry C**, v. 120, n. 42, p. 24437-24448, 2016.

METROPOLIS, Nicholas et al. Equation of state calculations by fast computing machines. **The journal of chemical physics**, v. 21, n. 6, p. 1087-1092, 1953.

PEDROSA, S. S. et al. Dipolar effects on the magnetic phases of superparamagnetic clusters. **Journal of Applied Physics**, v. 123, n. 23, p. 233902, 2018.

SHINJO, Teruya (Ed.). **Nanomagnetism and spintronics**. Elsevier, 2013.

TANENBAUM, L. N.. Contrast enhancement in MR imaging: New options, new techniques, new opportunities. **The Journal of Practical Medical Imaging and Management**, 2015.

A. S. M. Silva, Ana L. Dantas, G. O. G. Rebouças, and A. S. Carriço. Nucleation of vortex pairs in exchange biased nanoelements. **Journal of Applied Physics** 109, 07D314, 2011.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidez 36, 39, 40, 41, 128
Adsorção de níquel 107, 117
Análises de difração de raios X 17, 22
Ativação térmica da casca 123

B

Biomassa 10, 33, 34, 100, 129, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 192, 194, 196, 198, 199, 200, 201, 205, 206

C

Calor isostérico de sorção 131, 132, 139, 140, 141
Calor latente de vaporização 132, 136
Caracterização físico-química 38, 43, 141
Casca de Buriti 123, 124, 129
Catalisadores baseados em óxido de ferro 153, 156, 159, 160, 161
Cinética de secagem 54, 56, 60, 61, 64, 65, 150
Composição química 14, 16, 29, 33, 47, 49, 50, 196, 200, 205, 206
Compósitos 2, 3, 8, 10, 11, 23, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 205, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216
Compósitos poliméricos 164, 170, 210

D

Decantador horizontal 90, 91, 95
Densidade 6, 10, 36, 37, 39, 40, 59, 62, 82, 90, 95, 97, 145, 172, 175, 196, 198
Determinação dos carboidratos 202

E

Energia livre de Gibbs 27, 31, 33, 132, 135
Entropia diferencial 133, 139, 140
Equação de Gibbs- Helmholtz 135
Esferas porosas 107, 110, 111, 119
Espectrofotômetro 112, 127, 156, 202
Estudo físico-químico 36

F

Forças de atração intermolecular 136

G

Granulometria 164, 179, 190, 200, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215

I

Indústria aeroespacial 1, 2, 3, 5, 6, 9

Isotermas de sorção 131, 133, 134, 137, 138, 139

L

Lama vermelha 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216

Licores 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44

Licores de cupuaçu 36, 37, 38, 43

Lignocelulósica 172, 173, 174, 175, 176, 178, 180, 181, 182, 184, 185, 187, 189, 190, 192, 194, 196, 198, 199, 200, 206

Liofilizador 143, 144, 146

Lipase extracelular 99

M

Microscopia eletrônica de varredura 13, 15, 17, 22

N

Nanopartículas de ferro 81

O

Óleo essencial 54, 55, 56, 59, 62

P

Partículas com memória acoplada 66

pH 25, 26, 28, 30, 33, 36, 37, 38, 40, 41, 102, 109, 112, 113, 119, 120, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 156, 162, 202, 203

Polpa de Oiti 148

Propriedades dos catalisadores 153, 156

Propriedades dos compósitos 209, 215

Propriedades termodinâmicas 131, 133, 135, 136, 139

Q

Quimiometria 37

Quitosana na adsorção de níquel 107

R

Refractance Window 143, 144, 145, 149, 151

Resíduos de ferro 164

Resina benzoxazina 1, 4, 5, 6, 9, 10, 11

Resinas fenólicas 1, 2, 3, 5, 9

T

Tamanho de partículas 175, 198, 200

Teor de lignina insolúvel 201

Tipo de dopante 153, 160

Tratamento térmico 13, 16, 17, 21, 22

Tratamento térmico-hidrometalúrgico 13, 16, 22

U

Utilização de mesocarpo de coco verde 24

V

Viscosidade 36, 37, 39, 40, 41, 95, 97, 205

 **Atena**
Editora

2 0 2 0