

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 Emilas 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

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

Data de submissão: 21/09/2021

Data de aceite: 29/09/2021

Anuar Jose Mincache

Department of Physics
State University of Maringá
Maringá – PR

<http://lattes.cnpq.br/9526608938362113>

Lilian Felipe da Silva Tupan

Department of Physics
State University of Maringá
Maringá – PR

<http://lattes.cnpq.br/8021047566603985>

Odair Gonçalves de Oliveira

Department of Physics
State University of Maringá
Maringá – PR

<http://lattes.cnpq.br/8601597056594779>

Ivair Aparecido dos Santos

Department of Physics
State University of Maringá
Maringá – PR

<http://lattes.cnpq.br/3989136572460030>

Luiz Fernando Cótica

Department of Physics
State University of Maringá
Maringá – PR

<http://lattes.cnpq.br/0807675554407664>

ABSTRACT: The study of multiferroic crystalline materials is of great technological and academic interest due to the correlation between their ferroelectric and ferromagnetic properties. In this work, ferroic properties of Nd-modified (A-site substitution) BiFeO_3 (BNFO) compounds were studied. Ceramic compositions of $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeO}_3$ ($x = 0.10$ and 0.20) were obtained through a route that included high-energy ball milling, isostatic pressing (to obtain the ceramic shape) and sintering in air. The X-ray diffraction data showed that these compositions have a distorted perovskite structure, with relative densities reaching 93%. Dielectric measurements showed a frequency independent step-like relaxation for the $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ composition and indicative indications of thermally activated conduction processes for the $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ composition. Magnetic studies showed a breakdown of the typical magnetic cycloidal structure of BiFeO_3 . **KEYWORDS:** BiFeO_3 composites. A-site substitutions. Ferric properties.

1 INTRODUCTION

Multiferroic materials have been the focus of great research interest since last decade due to the possibility of coexistence of two or more ferroic properties in a single material [1, 2]. As an example, the ability of reorienting of spins in the magnetic phase

and electric dipoles in the ferroelectric phase has opened paths to new technologies that can explore both electrical and magnetic polarizations to store and manipulate information [2]. Single-phased materials are the most suitable for the study of the origin of the magnetoelectric coupling. Among single-phased multiferroics, BiFeO_3 (BFO) has been widely studied because the coupling between the ferroelectric and magnetic orders occurs at room temperature. At room temperature, bulk BFO crystallizes in a rhombohedrally distorted perovskite structure with $R3c$ space group [3]. Due to the existence of the $6s^2$ lone pair mechanism in this structure, both Bi^{3+} and Fe^{3+} cations are displaced along the three fold $[111]_p$ polar axis and off-centered with respect to the center of the oxygen polyhedra, which in turn gives rise to a ferroelectric state with a high Curie temperature ($T_C = 1103$ K). When magnetic ordering occurs, Fe^{3+} magnetic moments have a G-type canted antiferromagnetic ordering with an incommensurate space modulated spiral spin structure, due to partially filled 3d-orbitals [4]. As a result, a residual non-zero magnetization was observed with an antiferromagnetic ordering Néel transition temperature at $T_N = 643$ K [4].

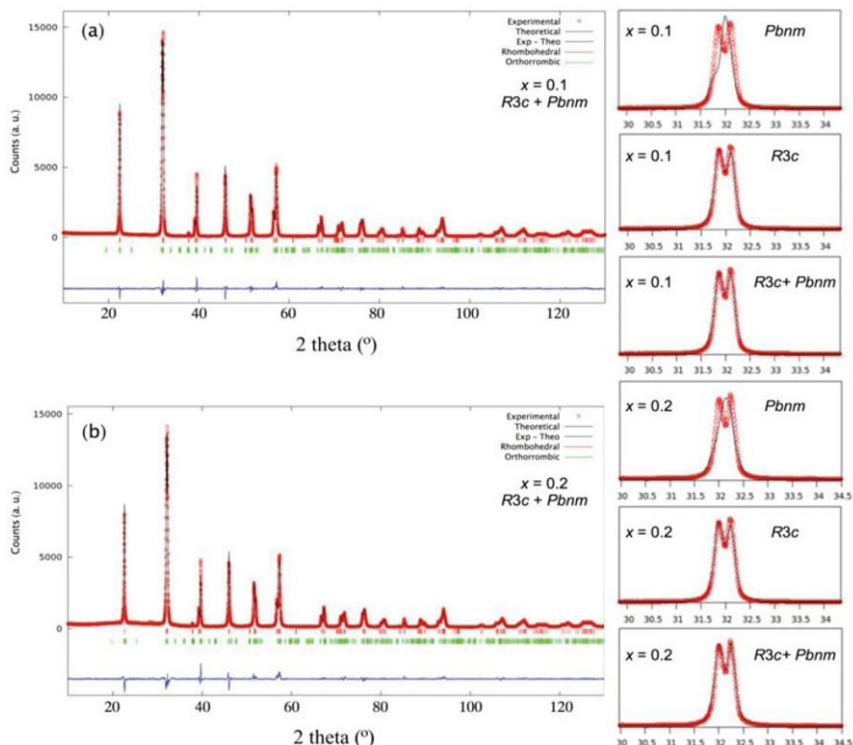
However, BFO has some drawbacks that need to be addressed to further explore the coupling between its ferroic orders, such as conductivity issues and undesired parasitic phases (in polycrystal processing case), which cause the experimentally reduced remnant polarization and the low (or absent) net magnetization. These issues cause BFO to show a weak experimental magnetoelectric response. In the search for a solution to these problems, chemical substitution on the Bi^{3+} cationic site has been exploited using the partial replacement by rare earth cations such as La^{3+} , Nd^{3+} , Eu^{3+} and Ho^{3+} in order to help eliminate undesired phases, promote structural phase transformations and improve the magnetic and ferroelectric properties [5, 6]. In fact, the replacement of larger Bi^{3+} ions (considering Shannon's 12-fold co-ordination ionic radii for Bi^{3+} ion = 1.40 \AA) by smaller Nd^{3+} ions (considering Shannon's 12-fold co-ordination ionic radii for Nd^{3+} ion = 1.27 \AA) in BFO can effectively modulate the crystal structure parameters and the Goldschmidt tolerance factor (t), improving the conditions for the emergence of ferroelectricity and breaking the cycloidal magnetic structure that gives rise to a weak ferromagnetic state [6]. Thus, in this work the partial cationic replacement of Bi^{3+} by Nd^{3+} in the BiFeO_3 crystal structure was studied, i. e., $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeO}_3$ (BNFO) compositions ($x = 0.1$ and 0.2) were obtained. As a two-step synthesis route, BNFO ceramic bodies were obtained by using high-energy ball-milling and conventional sintering. The obtained samples were characterized by X-ray diffraction (followed by a structural refinement using the Rietveld method) and by measurements of dielectric permittivity and loss tangent as a function of temperature and frequency and magnetic measurements as a function of applied magnetic field at room temperature.

2 EXPERIMENTAL

In order to synthesize the $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeO}_3$ compositions, analytical grade Fe_2O_3 (Sigma-Aldrich), Bi_2O_3 (Vetec) and Nd_2O_3 (Sigma-aldrich) oxide powders were used. The precursor powders were stoichiometrically mixed to achieve the desired compositions ($x = 0.1$ and 0.2). The mixed powders were placed in a 125 ml hardened steel grinding vessel charged with 20 hardened steel balls and then milled in a Retsch PM 100 high-energy planetary ball-mill in dry air atmosphere. The oxides/ball mass ratio (1:10), the mill speed (250 RPM) and processing time (1 h) were kept constant for all the samples. The resulting powders were uniaxially cold- pressed in a disc shape (10 mm in diameter and 1 mm thick) and then isostatically pressed at 120 MPa during 30 minutes. Subsequently, the samples were subjected to sintering processes using different temperatures for each sample, i. e., 830°C for $x = 0.1$ and 850°C for $x = 0.2$, during 1 h.

The X-ray diffraction (XRD) analyses were performed using a Shimadzu XRD-7000 diffractometer with Cu K_α radiation. To confirm the formation of the desired phases, the XRD patterns were subjected to a structural refinement using the Rietveld method in the FullProf program [7].

Figure 1. Two-phase model, with $R3c$ and $Pbnm$ space groups, obtained from the Rietveld refinements of X-ray diffraction patterns for a) $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ and b) $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ compositions. Insets: the most intense XRD peaks showing the experimental and theoretical results for the studied structural models.



The dielectric measurements as a function of temperature ($T = 50$ to 400 K) and frequency ($f = 100$ to 1 MHz) were carried out in an Agilent E4980 LCR meter. A cryostat (Sumitomo cryogenics) and a temperature controller (Lake Shore 331) were used to keep a constant heating/cooling rate of 2 K/min during the measurements.

The study of the magnetic properties of the obtained compositions was performed in a homemade vibrating sample magnetometer (VSM) at room temperature.

3 RESULTS AND DISCUSSION

The XRD results for $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ and $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ compositions are shown in Figure 1. In order to study the structural changes promoted by Nd substitution in the perovskite A-site, Rietveld refinements were conducted using three different models: a rhombohedral model ($R3c$ space group), an orthorhombic model ($Pbnm$ space group) and a two-phase model ($R3c+Pbnm$ space groups). Table 1 shows the structural parameters obtained in the Rietveld refinements. As can be seen from Figure 1 and Table 1, the best agreement between experimental and theoretical results was obtained using the two-phase model for both $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ and $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ compositions. Therefore, the Nd substitution in A-site promoted a structural distortion best understood as a mixing among rhombohedral and orthorhombic symmetries.

Table 1. Structural parameters obtained in the Rietveld refinements for $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ and $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ compositions.

$\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$					
structural model	space group	a (Å)	b (Å)	c (Å)	χ^2
rhombohedral	$R3c$	5.5727(5)		13.806(3)	2.84
orthorhombic	$Pbnm$	5.5661(2)	5.6287(1)	7.8932(1)	28.00
rhomb. + orthor.	$R3c(89.7\%) + Pbnm(10.3\%)$	5.5722(1)		13.808(2)	2.26
		5.5893(1)	5.6429(5)	7.8618(1)	
$\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$					
structural model	space group	a (Å)	b (Å)	c (Å)	χ^2
rhombohedral	$R3c$	5.5767(5)		13.815(2)	3.38
orthorhombic	$Pbnm$	5.5784(2)	5.6363(4)	7.9018(5)	21.05
rhomb. + orthor.	$R3c(75.5\%) + Pbnm(24.5\%)$	5.5769(1)		13.802(5)	2.95
		5.5784(2)	5.6364(4)	7.8387(1)	

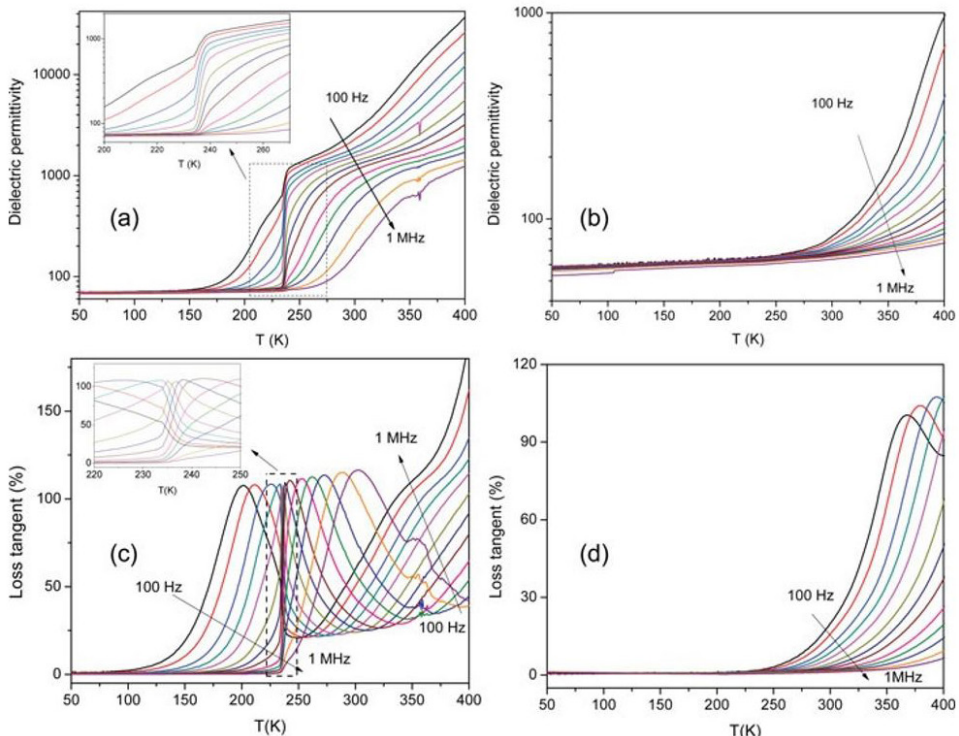
Relative density results (the ratio between the total apparent density – obtained by the Archimedes' method – and the theoretical density – obtained from the X-ray diffraction results) confirmed that highly densified ceramics ($\sim 93\%$ for both samples) were obtained.

The temperature and frequency dependent relative dielectric permittivity and loss tangent for $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ and $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ compositions are shown in Figure 2. At

room temperature, the dielectric permittivity for $x=0.1$ (Figure 2a) reaches values close to 70 (1 kHz). A frequency independent step-like relaxation takes place close to 238 K, where the dielectric permittivity increases from a lower temperature plateau to a higher temperature plateau. By increasing the Nd amount to $x=0.2$ (Figure 2b), the dielectric permittivity decreases to 50 (1 kHz) at room temperature. No relaxation could be observed in the studied temperature range for the $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ composition. The loss tangent for the $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ composition (Figure 2c) shows frequency dependent peaks in the same temperature range where the dielectric step takes place. The loss tangent for the $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ composition (Figure 2d) attained very high values for temperatures higher than 250 K and all frequencies at least 200 kHz below. This is a clear indication of thermally activated conduction processes.

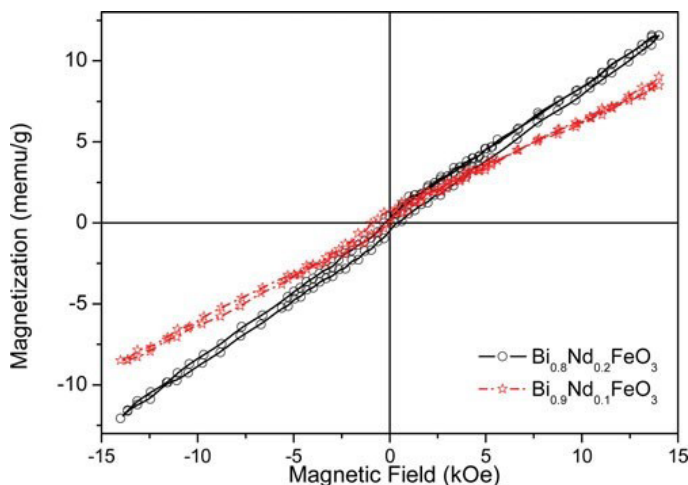
Figure 3 shows the magnetization curves obtained from the vibrating sample magnetometry (VSM) analysis of the $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ and $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ compositions. Although both samples show a very low magnetization, the behavior is strong enough to reveal a breakdown in the magnetic cycloidal structure of the BiFeO_3 .

Figure 2. Dielectric permittivity and loss tangent as a function of temperature and frequency of the $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ ((a) and (c)) and $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ ((b) and (d)) ceramic compositions.



In this sense, the very low magnetization can be explained as a weak ferromagnetic behavior due to the Nd substitution in A-site. In addition, a gradual increase in the samples' magnetization to applied magnetic fields up to 15 kOe can be observed. This shows that an enhancement in the net magnetization takes place when the content of Nd is increased.

Figure 3. Magnetic hysteresis loops, at room temperature, for $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ and $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ compositions.



4 CONCLUSIONS

High-energy ball milling and conventional sintering were used to successfully obtain $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ and $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ multiferroic ceramic compositions. Both samples presented a perovskite-like crystal structure with a mixture of rhombohedral and orthorhombic symmetries. Dielectric measurements showed a frequency independent step-like relaxation for the $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ composition and indications of thermally activated conduction processes for the $\text{Bi}_{0.8}\text{Nd}_{0.2}\text{FeO}_3$ composition. Magnetic studies showed a breakdown in the magnetic cycloidal structure typical of BiFeO_3 . In summary, this study demonstrates that the effects of A-site cationic substitution influence the physical properties of $\text{Bi}_{1-x}\text{Nd}_x\text{FeO}_3$ ceramics.

However, further work, such as temperature dependent magnetic and magnetodielectric measurements, is necessary to reveal the origin of the step-like behavior found in the $\text{Bi}_{0.9}\text{Nd}_{0.1}\text{FeO}_3$ composition.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Brazilian agencies funding CNPq (procs. 446565/2014-8 and 445837/2014-4) and CAPES (Procad 88881.0658506/2014-01 and

88881.068509/2014-01, PVE 88881.030465/2013-01, and PAEP 23038.002278/2015-84) for the financial support. R.G. 120 and A.S.B. acknowledge NSF/INAMM and ONR W911NF-12-1-0082 for the financial support.

REFERENCES

1. R. Ramesh, N. A. Spaldin Multiferroics: progress and prospects in thin films. *Nature Materials* 6, 21–29 (2007).
2. G. Catalan, and J. F. Scott Physics and Applications of Bismuth Ferrite. *Adv. Mater.* 21, 2463–2485 (2009).
3. L. F. Cotica, V. F. Freitas, I. B. Catellani, I. A. Santos, D. Garcia, and J. A. Eiras High-resolution structural studies and covalent bond interactions in BiFeO₃-PbTiO₃ compounds: The role of ferroism. *Appl. Phys. Lett.* 101, 172903 (2012).
4. L. F. Cotica, F. R. Estrada, V. F. Freitas, G. S. Dias, I. A. Santos, J. A. Eiras, and D. Garcia Ferroic states in La doped BiFeO₃-PbTiO₃ multiferroic compounds. *J. Appl. Phys.* 111, 114105 (2012). 130
5. V. V. Shvartsman, W. Kleemann, R. Haumont, and J. Kreisel Large bulk polarization and regular domain structure in ceramic BiFeO₃. *Appl. Phys. Lett.* 90, 172115 (2007).
6. V. F. Freitas, H. L. C Grande, S. N. De Medeiros, I. A. Santos, L. F. Cotica, and A. A. Coelho Structural, microstructural and magnetic investigations in high-energy ball milled BiFeO₃ and Bi_{0.95}Eu_{0.05}FeO₃ powders. *J. Alloys Compd.* 461, 48–52 (2008).
7. J. Rodriguez-Carvajal Recent advances in magnetic structure determination by neutron powder diffraction. *Physica B* 192, 55–69 (1993).

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