

**Cleberton Correia Santos  
(Organizador)**

**Estudos Interdisciplinares  
nas Ciências e da Terra  
e Engenharias 3**

---

Cleberton Correia Santos  
(Organizador)

Estudos Interdisciplinares nas Ciências  
Exatas e da Terra e Engenharias 3

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E82	<p>Estudos interdisciplinares nas ciências exatas e da terra e engenharias 3 [recurso eletrônico / Organizador Cleberton Correia Santos. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias; v. 3)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-642-3 DOI 10.22533/at.ed.423192309</p> <p>1. Ciências exatas e da Terra. 2. Engenharias. 3. Tecnologia. I.Santos, Cleberton Correia. II. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 016.5</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

O livro “Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias” de publicação da Atena Editora apresenta em seu 3º volume 37 capítulos relacionados temáticas de área multidisciplinar associadas à Educação, Agronomia, Arquitetura, Matemática, Geografia, Ciências, Física, Química, Sistemas de Informação e Engenharias.

No âmbito geral, diversas áreas de atuação no mercado necessitam ser elucidadas e articuladas de modo a ampliar sua aplicabilidade aos setores econômicos e sociais por meio de inovações tecnológicas. Neste volume encontram-se estudos com temáticas variadas, dentre elas: estratégias regionais de inovação, aprendizagem significativa, caracterização fitoquímica de plantas medicinais, gestão de riscos, acessibilidade, análises sensoriais e termodinâmicas, redes neurais e computacionais, entre outras, visando agregar informações e conhecimentos para a sociedade.

Os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora aos estimados autores que empenharam-se em desenvolver os trabalhos de qualidade e consistência, visando potencializar o progresso da ciência, tecnologia e informação a fim de estabelecer estratégias e técnicas para as dificuldades dos diversos cenários mundiais.

Espera-se com esse livro incentivar alunos de redes do ensino básico, graduação e pós-graduação, bem como outros pesquisadores de instituições de ensino, pesquisa e extensão ao desenvolvimento estudos de casos e inovações científicas, contribuindo na aprendizagem significativa e desenvolvimento socioeconômico rumo à sustentabilidade e avanços tecnológicos.

Cleberton Correia Santos

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
PREPARO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS REFORÇADOS COM FIBRAS DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Paula Consoli Ireno Franco Mary Leiva Faria Ana Paula Bilck	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103091</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>10</b>
ACESSIBILIDADE AO LABORATÓRIO DIDÁTICO DE BIOLOGIA, MICROSCOPIA E ANÁLISES CLÍNICAS DA UEZO POR PESSOAS EM CADEIRA DE RODAS	
Tiago Alexandre Silva Nascimento Gabriella Oliveira Alves Moreira De Carvalho Thiago Manchester De Mello Fabio Da Silva De Azevedo Fortes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103092</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
ANÁLISE DA ESTABILIDADE DAS ESCAVAÇÕES NO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA	
Marinésio Pinheiro de Lima Robson Ribeiro Lima Francisco Wilson Hollanda Vidal	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103093</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>33</b>
ELABORAÇÃO DE MODELO COMPUTACIONAL PARA O ESTUDO DE VIBRAÇÕES LIVRES EM UMA PONTE DE CONCRETO ARMADO	
Arlindo Pires Lopes Esterfeny Guedes Pires Larissa Lázara Mesquita Cavalcante Matheus Pereira da Silva Mayk Oris Guerreiro Stefanny di Samuel da Costa Tiago de Souza Seixas	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103094</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
ANÁLISE SENSORIAL: TESTES DISCRIMINATIVOS, DESCRITIVOS E AFETIVOS	
Antônio das Graças Amaral Neto Elisa Norberto Ferreira Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103095</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
APLICAÇÃO DE JOGOS E GAMIFICAÇÃO NO ENSINO-APRENDIZAGEM DOS CONCEITOS BÁSICOS DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL	
José Ribamar Azevedo dos Santos João Roberto Ursino da Cruz Marcos Paulo Santos Cardoso	
<b>DOI 10.22533/at.ed.71619103096</b>	

**CAPÍTULO 7 ..... 70**

ASPECTOS ECONÔMICOS DA LAVRA INTEGRAL DO PEGMATITO ALTO DA SERRA BRANCA

Marinésio Pinheiro de Lima  
Júlio Cezar de Souza  
Francisco Wilson Hollanda Vidal

**DOI 10.22533/at.ed.71619103097**

**CAPÍTULO 8 ..... 78**

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM RELAÇÃO A CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO INALÁVEL NA CIDADE DE CAMBORIÚ, SC

Beatriz Faga  
Joeci Ricardo Godoi  
Viviane Furtado Velho  
Letícia Flohr

**DOI 10.22533/at.ed.71619103098**

**CAPÍTULO 9 ..... 90**

DESENVOLVENDO BIOMATERIAIS DE HIDROXIAPATITA RECOBERTA COM NANOPARTÍCULAS DE PRATA (AgNPs) PARA APLICAÇÃO EM DEFEITOS CRÍTICOS ÓSSEOS

Ingrid Russoni de Lima  
Gabrielle Cristine Lemos Duarte Freitas  
Elaine Cristina Lopes Pereira  
Lucas Furtado Loesh  
Fernanda A. Sampaio da Silva  
Heleno Souza da Silva  
Renata Antoum Simão  
José Adilson de Castro  
Gláucio Soares Fonseca

**DOI 10.22533/at.ed.71619103099**

**CAPÍTULO 10 ..... 102**

AVALIAÇÃO DO PRÉ-TRATAMENTO DO INOCULANTE E DA COMBINAÇÃO DE SUBSTRATOS SOBRE A PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO A PARTIR DE GLICEROL BRUTO, DEJETOS SUÍNOS E GLICOSE

Fidel Alejandro Aguilar Aguilar  
Ronnie Von Dos Santos Veloso  
Luis Fernando Santis Espinosa  
Lilian de Araújo Pantoja  
Alexandre Soares dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.716191030910**

**CAPÍTULO 11 ..... 114**

CAPTURE DE CARBONO VOLÁTIL DO PROCESSO DE BIORREMEDIAÇÃO PARA UTILIZAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

Odete Gonçalves  
Paulo Fernando de Almeida  
Cristina Maria A. L. T. M. H. Quintella  
Ana Maria Álvares Tavares da Mata

**DOI 10.22533/at.ed.716191030911**

**CAPÍTULO 12 ..... 129**

CARBETO DE BORO (B<sub>4</sub>C): REVISÃO acadêmica ACERCA DAS PROPRIEDADES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

Eduardo Braga Costa Santos  
Denise Dantas Muniz  
Eliandro Pereira Teles  
Danielle Guedes de Lima Cavalcante  
Ricardo Alves da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.716191030912**

**CAPÍTULO 13 ..... 141**

CLIMATOLOGIA DA REGIÃO OESTE DO PARÁ - CENTRO DA AMAZÔNIA - E IMPACTO DOS TRÊS ÚLTIMOS EVENTOS DE SECAS SEVERAS NA TEMPERATURA DO AR E PRECIPITAÇÃO

Gabriel Brito Costa  
Waldeir dos Santos Pereira  
Mayara Barbosa Lima  
Juliane da Silva Sampaio  
Ana Caroline da Silva Macambira  
Letícia Victória Santos Matias  
Duany Thainara Corrêa da Silva  
Natan Barbosa Almada  
Rogério Favacho da Cruz  
Jéssica Aline Godinho da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.716191030913**

**CAPÍTULO 14 ..... 153**

DESIGN DE ENUNCIADOS COM O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS SOB O ENFOQUE DA (RE) FORMULAÇÃO DE PROBLEMAS

Fabiane Fischer Figueiredo  
Claudia Lisete Oliveira Groenwald

**DOI 10.22533/at.ed.716191030914**

**CAPÍTULO 15 ..... 164**

DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO TOTAL E BIOACESSÍVEL *in vitro* DE CÁLCIO EM DIFERENTES TIPOS DE LEITE POR FOTOMETRIA DE CHAMA

Ani Caroline Weber  
Luiz Ricardo Mallmann Oliveira  
Sabrina Grando Cordeiro  
Eniz Conceição Oliveira  
Eduardo Miranda Ethur  
Lucélia Hoehne

**DOI 10.22533/at.ed.716191030915**

**CAPÍTULO 16 ..... 175**

ESPAÇO ARTE\_ON: PLATAFORMA ON-LINE PARA EXPOSIÇÕES ARTÍSTICAS DOS DISCENTES DO ENSINO MÉDIO DO IFC-CAS

Leonardo Cristovam de Jesus  
Lucas Pereira Elias  
Marcos Henrique de Moraes Golinelli  
Tereza Cristina Benevenuto Lautério

**DOI 10.22533/at.ed.716191030916**



**CAPÍTULO 17 ..... 188**

ESTRATÉGIAS FOCADAS NO ENSINO DE LÓGICA DE PROGRAMAÇÃO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA BRASILEIRA

Deborah Godoy Martins Corrêa  
Tiago de Oliveira  
Denise Stringhini

**DOI 10.22533/at.ed.716191030917**

**CAPÍTULO 18 ..... 201**

ESTUDO DA FRAÇÃO ÁCIDA DO ÓLEO DE COPAÍBA

Carlos Vinícius Machado Miranda  
Railda Neyva Moreira Araújo Cabral  
Luely Oliveira da Silva  
Giselle Maria Skelding Pinheiro Guilhon  
Marivaldo José Costa Corrêa  
Eloisa Helena de Aguiar Andrade  
Manoel Leão Lopes Junior  
Lourivaldo Silva Santos

**DOI 10.22533/at.ed.716191030918**

**CAPÍTULO 19 ..... 209**

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA DO REAPROVEITAMENTO DO ESTÉRIL DE ROCHAS ORNAMENTAIS COMO AGREGADOS PARA A CONSTRUÇÃO CIVIL

Weverton Pereira do Sacramento  
Maria de Lourdes de Oliveira  
Luana Leite Ferreira  
Robson Wotikowski Guedes

**DOI 10.22533/at.ed.716191030919**

**CAPÍTULO 20 ..... 218**

EXPLORANDO CONCEITOS GEOMÉTRICOS NA EDUCAÇÃO INFANTIL

Leila Pessôa Da Costa  
Sandra Regina D'Antonio Verrengia

**DOI 10.22533/at.ed.716191030920**

**CAPÍTULO 21 ..... 226**

GESTÃO DE INFORMAÇÕES CLÍNICAS DE ANIMAIS DE GRANDE PORTE: UMA PROPOSTA DE SOLUÇÃO BASEADA EM COMUNIDADE DE PRÁTICA

Gersica Agripino Alencar  
Rafael Santos Barbosa  
Ricardo André Cavalcante de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.716191030921**

**CAPÍTULO 22 ..... 239**

GRUPOS DE HOMOLOGIA SIMPLICIAL

Wendy Díaz Valdés  
Lígia Laís Fêmina  
Gisele Andrade Lemos  
Jorge Vicente Barbosa Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.716191030922**

**CAPÍTULO 23 ..... 246**

LAMINADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORÇADOS COM FIOS DE JUTA NA FORMA DE TECIDO E ORIENTADOS A 0°, 45° E 90°

José Emílio Medeiros dos Santos  
Douglas Santos Silva  
Igor dos Santos Gomes  
Maurício Maia Ribeiro  
Roberto Tetsuo Fujiyama

**DOI 10.22533/at.ed.716191030923**

**CAPÍTULO 24 ..... 263**

*MAGONIA PUBESCENS* A.ST.-HIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Ana Mayra Pereira da Silva  
Amanda Ribeiro Correa  
Cárita Rodrigues de Aquino Arantes  
Rosiane Alexandre Pena Guimarães  
Monica Franco Nunes  
Dielle Carmo de Carvalho Neres  
Elisangela Clarete Camili  
Carla Spiller

**DOI 10.22533/at.ed.716191030924**

**CAPÍTULO 25 ..... 270**

O CURSO DE PRÉ-CÁLCULO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA NO ENSINO SUPERIOR

Erasmus Tales Fonseca  
Leandro Teles Antunes dos Santos  
Patrícia Milagre de Freitas  
Dayane Andrade Queiroz

**DOI 10.22533/at.ed.716191030925**

**CAPÍTULO 26 ..... 279**

OS DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM REDE NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

Dafne Fonseca Alarcon  
Luziana Quadros da Rosa  
Robson Santos da Silva  
Felipe de Matos Müller  
Márcio Vieira de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.716191030926**

**CAPÍTULO 27 ..... 294**

PRÁTICAS DE ENSINO DE MATEMÁTICA COM VISTAS À EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO CONTEXTO DA TRANSVERSALIDADE

Daniana de Costa  
Edilson Pontarolo

**DOI 10.22533/at.ed.716191030927**

**CAPÍTULO 28 ..... 304**

RESULTADOS PRELIMINARES DA UTILIZAÇÃO DO WRF NO INPE/EUSÉBIO - UM ESTUDO DE CASO

Vanessa de Almeida Dantas  
Vicente de Paulo Silva  
Adilson Gandu

**DOI 10.22533/at.ed.716191030928**

<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>313</b>
A MODELAGEM MATEMÁTICA NA PRODUÇÃO DE MILHO INFLUENCIADO PELA SUCESSÃO DE CULTURAS E ADUBAÇÃO NITROGENADA	
Lilian Fátima Ancerowicz Rubia Diana Mantai	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030929</b>	
<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>326</b>
SISTEMA PARA PREVENÇÃO DE QUEDAS E PENSAMENTO DO PASSAGEIRO NA PORTA DO TRANSPORTE COLETIVO BASEADO NA PLATAFORMA ARDUINO	
Lucas Goiabeira Farias Francisco da Conceição Silva Wellington Luis Mineiro França	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030930</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>332</b>
TEATRO E EDUCAÇÃO MATEMÁTICA: ANÁLISE DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO DE FRAÇÕES	
Fabiana Gerusa Leindeker da Silva Jenifer Cassandra da Silva Oliveira Bruno Ferreira da Luz Tamires Bon Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030931</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>342</b>
UM ESTUDO SOBRE O DESEMPENHO DE VIRTUALIZAÇÃO NOS HYPERVISORS VMWARE E KVM	
Lúcio Flávio de Jesus Silva Marco Antônio Castro Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030932</b>	
<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>349</b>
CONTRIBUIÇÃO DO PIBID/QUÍMICA NA EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS (EJA): UM RELATO DE EXPERIÊNCIA NO MUNICÍPIO DE COARI-AMAZONAS	
Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi Cristiana Nunes Rodrigues Carlos Victor Lamarão Maria Aparecida Silva Furtado	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030933</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>358</b>
OCORRÊNCIA DE PARALISIA FACIAL PERIFÉRICA E CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP: ANÁLISE DE CASOS ATENDIDOS EM UMA CLÍNICA/ESCOLA NO PERÍODO DE 2012 A 2014	
Marcos Barros de Souza Daiane de Oliveira Portella Miriam Rodrigues Silvestre Lúcia Martins Barbatto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030934</b>	

<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>368</b>
APLICAÇÃO DE SISTEMAS LINEARES EM CIRCUITOS ELÉTRICOS DE CORRENTE CONTÍNUA	
Robson Cabral Severo	
Leonardo Vale de Araujo	
Rafael The Bonifácio de Andrade	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030935</b>	
<b>CAPÍTULO 36</b> .....	<b>378</b>
DIAGNÓSTICO SOBRE OS CONDICIONANTES GEOLÓGICOS E AS FALHAS QUE OCASIONARAM OS DESABAMENTOS NA CICLOVIA TIM MAIA	
Vinicius da Silva Freitas	
Rafael Alves da Rocha	
Marcelo Augusto da Silva Cunha	
Bruno Matos de Faria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030936</b>	
<b>CAPÍTULO 37</b> .....	<b>388</b>
RECICLAGEM DE VIDRO DE PARA-BRISAS PARA PRODUÇÃO DE VITROCERÂMICA COM 15% DE ÓXIDO DE NIÓBIO	
Hiasmim Rohem Gualberto	
Iury Almeida Moraes	
Mônica Calixto de Andrade	
Edgard Poiate Junior	
Fernanda Arruda Nogueira Gomes da Silva	
Isis Andrea Venturini Pola Poiate	
<b>DOI 10.22533/at.ed.716191030937</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>401</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>402</b>

## CARBETO DE BORO ( $B_4C$ ): REVISÃO ACADÊMICA ACERCA DAS PROPRIEDADES E PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

### **Eduardo Braga Costa Santos**

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – João Pessoa, PB, Brasil.

### **Denise Dantas Muniz**

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – João Pessoa, PB, Brasil.

### **Eliandro Pereira Teles**

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Graduação em Engenharia de Materiais – João Pessoa, PB, Brasil

### **Danielle Guedes de Lima Cavalcante**

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais – João Pessoa, PB, Brasil.

### **Ricardo Alves da Silva**

Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Agronomia – Areia, PB, Brasil.

**RESUMO:** Este trabalho tem por objetivo descrever o carbeto de boro ( $B_4C$ ) quanto às suas características estruturais, propriedades mecânicas, térmicas e de interface superficial. O  $B_4C$  é um carbeto no modelo  $E_xC_y$  no qual sua composição química possui grande espectro de composições estequiométricas, oriundo da

redução do  $B_2O_3$  em fornos de arco elétrico operando entre 1000 e 1500 °C, possuindo estrutura romboédrica, baixa densidade, alto ponto de fusão e propriedades nucleares excelentes. Foi realizada uma revisão na literatura acerca do  $B_4C$ , suas características principais e propriedades mecânicas como a dureza e resistência à fratura frágil, propriedades de interface como a área superficial específica e a capacidade de adsorção/dessorção e as propriedades térmicas. Os resultados aferidos indicam uma altíssima dureza, área superficial específica elevada, possuindo uma boa molhabilidade em função do substrato que o envolve e a problemática da dissociação do carbono quando inserido em matrizes metálicas como o cobre, o ouro e a prata, que demandam o uso de agentes de fluxo para garantir uma melhor molhabilidade da superfície do  $B_4C$  e melhorar as propriedades dos compósitos de matriz metálica reforçados por  $B_4C$ .

**PALAVRAS-CHAVE:** Carbeto de boro, Caracterização, Revisão Acadêmica, Propriedades.

### BORON CARBIDE ( $B_4C$ ): ACADEMIC REVIEW ABOUT THE PROPERTIES AND MAIN CHARACTERIZATIONS

**ABSTRACT:** This paper has the goal to

describe the boron carbide ( $B_4C$ ) about its structural characteristics, mechanical, thermal and surface interface properties. The  $B_4C$  is a  $E_xC_y$  model carbide in which its chemical composition has a great spectre of stechiometric ones, that becomes from the reduction of  $B_2O_3$  in electric arc furnaces operating between 1000 and 1500 °C, having a romboedric structure, low density, high melt point and excellent nuclear properties. A review of the literature was done aboute the  $B_4C$ , its main characteristics and mechanical properties like hardness and fragile fracture resistance, interface properties like the Specific Surface Area and adsorption/desorption capacity and the thermal properties. The obtained results show an ultimate hardness, elevated Specific Surface Area, bringing a good wettability considering the substrate that evolves and the carbon dissociation problem during the insertion in metallic matrices like copper, gold ans silver, which demands flux agents to warrant a better  $B_4C$  surface wettability and increase the  $B_4C$  reinforced metallic matrix composites.

**KEYWORDS:** Boron carbide, Characterization, Academic Review, Properties.

## 1 | CARBETO DE BORO

Um carbeto de grande importância para atividades de alto valor agregado na indústria é o carbeto de boro, material covalente não-metálico com fórmula estequiométrica teórica  $B_4C$ . No entanto, é obtido através da redução do  $B_2O_3$  em fornos de arco elétrico entre 1000 e 1500 °C, o que encarece sua obtenção; e sua composição é, geralmente, rica em boro (PIERSON, 1999; AZoM, 2011).

Possui densidade de 2,52 g/cm<sup>3</sup>, podendo ser reduzida para valores entre 2,42 g/cm<sup>3</sup> (pó grosso) e 2,33 g/cm<sup>3</sup> (pó fino), massa molar em 55,25 g/mol, ponto de fusão entre 2350 °C e 2450 °C, conforme figura 1 seguinte, alta resistência ao desgaste e flexão (350-500 MPa), boa inércia química, alto módulo de elasticidade (450-470 GPa), insolubilidade em água e alta seção de choque para absorção de nêutrons (TURATTI, 2009; SANTOS, 1995).

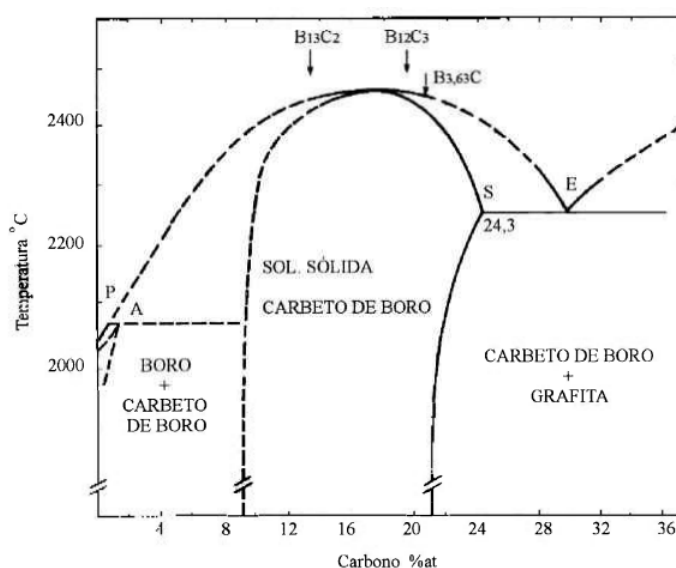


Figura 1 – Diagrama de fases para o sistema B-C à pressão ambiente (SANTOS, 1995).

Quando se analisa a região da estabilidade do  $B_4C$  na figura 1, em termos de composição, varia entre 9 e 21 at. % de concentração de carbono, isto é,  $B_{10,4}C$  a  $B_4C$ . Por ser um material pulverulento, conforme figura 2, pode provocar intoxicação e irritação de vias nasais e mucosas quando em contato direto, recomendando-se a produção e o manuseio do  $B_4C$  com equipamentos de proteção individual no rosto, olhos e pele.

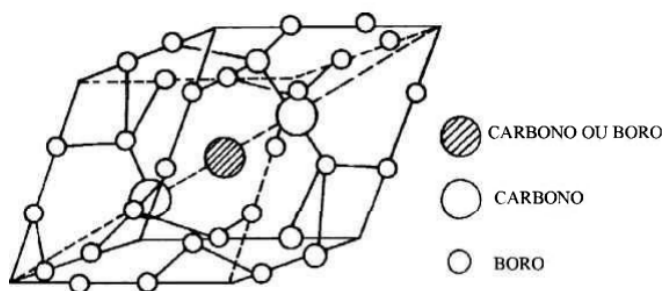


Figura 2 – Carbeto de boro na forma pulverulenta (TURATTI, 2009).

Turatti (2009) pesquisou sobre formas de sinterização do carbeto de boro com alta resistência ao desgaste, investigando a influência de vários parâmetros, como a granulometria do pó de partida, a adição de carbono e ligantes orgânicos, a temperatura máxima e a taxa de aquecimento no processo de sinterização.

Possui estrutura romboédrica, conforme figura 3, com baixa densidade e alto ponto de fusão, sendo extremamente duro e com propriedades nucleares excelentes. O  $B_4C$  resiste também à oxidação da atmosfera até 600 °C devido à formação de um filme de  $B_2O_3$ , sendo sua resistência química considerada excelente por reagir com halogênios sob altas temperaturas (AZoM, 2011; SMITH, HASHEMI, 2012).

As principais aplicações do  $B_4C$  estão na absorção de nêutrons térmicos em reatores nucleares, blindagem de aeronaves, tanques, veículos de combate e coletes a prova de balas, combustível em foguetes propulsores, abrasivos pulverulentos e fabricação de peças resistentes à abrasão (AZoM, 2011; TURATTI, 2009; SANTOS, 1995), porém apresenta uma tenacidade à fratura relativamente baixa (2,8 – 3,3 MPa.m<sup>1/2</sup>), restringindo sua aplicação como material estrutural.



Quando é um sinterizado de alta qualidade, possui microdureza de 25-40 GPa, que varia conforme seu método de preparação, com condutividade térmica entre 29-67 W/m.°C e condutividade elétrica à temperatura ambiente de  $140 \Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ , permitindo que variações estequiométricas do carbeto de boro possam apresentar comportamento metálico ( $\text{B}_{13}\text{C}_2$ ) e/ou semicondutor com *gap* definido e identificado pelo cálculo da estrutura de bandas ( $\text{B}_{12}\text{C}_3$ ) (SANTOS, 1995; SMITH, HASHEMI, 2012; DOMINICH et al, 2011; SURI et al, 2010).

Outro fator a ser observado, derivado da característica como semicondutor, está em ser do tipo *p*, onde a altas temperaturas possui uma concentração de poros entre  $10^{17}$  e  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , o que implica em ser promissor em aplicações de conversão termoelétrica direta de alta eficiência (SPOHN, 1995). Devido ao seu potencial de conversão termoelétrica, é usado como componente de combustíveis para foguetes propulsores quando combinado com oxigênio. Contudo, uma das grandes dificuldades do  $\text{B}_4\text{C}$  está em sua difícil sinterização, uma vez que sua expansão térmica é anisotrópica, podendo gerar trincas transgranulares em peças sinterizadas. Para melhor compreensão, a expansão térmica linear na direção  $\alpha_c = 6,25 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$ , enquanto nas direções  $\alpha_{ab} = 5,29 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}$  (TURATTI, 2009; TKACHENKO et al, 2007).

## 2 | PROPRIEDADES DO B4C

### 2.1 Propriedades mecânicas

**Dureza.** De acordo com Smith e Hashemi (2012), Callister e Reitwisch (2012) e Dieter (1981), a dureza é uma propriedade mecânica dos materiais que pode ter interpretações diversas, de acordo com a experiência do experimentador. Para o caso dos estudos envolvendo testes mecânicos, a dureza implica em quantificar a resistência à penetração de um material duro em outro, sendo as informações obtidas usadas para conhecer alguma informação sobre a resistência mecânica ou sobre o tratamento térmico submetido.

São observados geralmente três tipos gerais de dureza nos materiais, que são:

- Dureza ao risco;
- Dureza à penetração;
- Dureza dinâmica ou de rebote;

Onde as duas primeiras são observadas nos materiais cerâmicos. As medidas são realizadas com o auxílio de um indentador calibrado, geralmente de diamante em formato triangular ou de aço em formato esférico (CLINTON, MORRELL, 1987). Contudo, é salutar apontar que as medidas obtidas são de dureza relativa, não



conferindo um alto nível de reprodutibilidade ou precisão. As medidas de dureza mais utilizadas possuem norma específica, das quais destacam-se a norma da American Society of Testing and Materials – ASTM C1326-13, que trata do método Knoop de mensuração da dureza e da ASTM C1327-15, que trata do método Vickers de mensuração da dureza de materiais cerâmicos.

Clinton e Morrell (1987) analisam as diferentes formas de mensurar a dureza dos materiais cerâmicos utilizando os métodos Rockwell, Vickers e Knoop, apontando as vantagens e desvantagens quando utilizados de acordo com a demanda especificada. Destaca-se que estes métodos de indentação servem para identificar não somente metais e ligas metálicas, mas expandem-se para materiais mais duros, incluso cerâmicas e compósitos metálicos reforçados por materiais cerâmicos, como o B<sub>4</sub>C, por exemplo.

Um ponto importante a ser observado, conforme Dieter (1981) e Galanov et al (2013), está na análise da zona plástica abaixo da impressão de dureza, onde esta é envolvida por um material elástico que desempenha uma restrição ao escoamento plástico. E desta forma, a tensão compressiva média necessária para causar o escoamento plástico e avaliar a dureza do B<sub>4</sub>C é maior do que no caso de compressão simples. E isto implica na dificuldade em se precisar uma carga necessária para criar uma moosa em um sólido de forma a analisar a plasticidade do material.

Contudo, é importante ressaltar que Clinton e Morrell (1987) apontam diretamente que poucas cerâmicas são capazes de deformar homoganeamente sob tensão, sendo que estas possuem cinco sistemas independentes de deslizamento cristalográfico. Para a grande maioria dos materiais cerâmicos, a deformação plástica destes não pode ser acomodada sem haver algum nível de fratura. Destacam os autores que existem exceções quando as cargas aplicadas são pequenas demais, de forma que a energia de deformação seja insuficiente para nuclear as trincas.

Chen et al (2017) destacam em seu artigo a questão da mensuração da dureza segundo o método Vickers para identificar os pontos de concentração dos reforços aplicados na matriz, em função da pressão e temperatura de processamento do compósito, onde a fórmula para determinar a dureza neste método é conforme a equação 1 abaixo.

$$HV = 1854,4 \frac{P}{d^2} \quad (1)$$

Onde P é a carga aplicada e “d” é a média aritmética das duas diagonais do indentador em micrômetros (µm). Com o método executado, os autores observaram que a dureza aumenta com a temperatura de sinterização em certa condição de pressão e sob uma carga estabelecida de 29,4 N variando a pressão de processamento das amostras em 3 e 4 gigapascals (GPa) e temperaturas variando entre 700 e 1500

°C.

Ipekoglu et al (2017) caracteriza mecanicamente compósitos de alumínio reforçados com B<sub>4</sub>C produzidos pela técnica *squeeze casting*, onde aponta que o B<sub>4</sub>C é o terceiro material mais duro, com 3800 HV, sendo apenas o diamante e o nitreto de boro mais duros, destacando também a alta resistência mecânica, a baixa densidade comparada com outros carbetos e a boa estabilidade química, com boa compatibilidade de interface com o alumínio. A metodologia implicou em analisar a dureza das amostras desenvolvidas, variando a composição e a pressão utilizada no processamento, de acordo com o método Brinell, aplicado em metais, onde se utilizou a norma ASTM E8 com uma máquina de teste universal com célula de carga de 10 kN.

Seus resultados apontam que a pressão possui efeito limitado no aumento da dureza das amostras, sendo que a composição é o fator principal e após a inserção do B<sub>4</sub>C, a variação de concentração deste influi significativamente comparando com a matriz referencial; contudo, o ganho de dureza variando as concentrações é de apenas 10% quando comparadas as amostras com 3% e 10% de B<sub>4</sub>C.

**Resistência à fratura frágil.** As cerâmicas, de acordo com Smith e Hashemi (2012), Callister e Reitwisch (2012), Carter e Norton (2007) e Barsoum (2003), tanto as cristalinas quanto as amorfas fraturam em respostas às mínimas deformações que estejam submetidas, antes mesmo que possa ocorrer uma deformação plástica como é observada nos metais.

Os autores acima apontam ainda que os limites de resistência medidos para a maioria dos materiais cerâmicos são substancialmente inferiores que os estimados teoricamente a partir das forças de ligação interatômicas, incluindo os carbetos. Tal situação é explicada pela existência de defeitos que são onipresentes nos materiais cerâmicos, que são concentradores de tensões, onde a magnitude da tensão de tração aplicada é amplificada, não havendo quaisquer mecanismos de deformação plástica que desacelerem ou desviem as trincas.

Smith e Hashemi (2012) e Barsoum (2003) afirmam que a habilidade dos materiais cerâmicos resistirem à fratura frágil quando há a presença de uma trinca é especificada em termos de tenacidade à fratura, que é observada matematicamente conforme equação 2.

$$K_{Ic} = Y\sigma\sqrt{\pi a} \quad (2)$$

Onde  $K_{Ic}$  é a tenacidade à fratura em deformação plana, Y é um parâmetro ou função adimensional dependente da geometria da amostra e da trinca,  $\sigma$  é a tensão aplicada e “a” é o comprimento da trinca superficial ou a metade do comprimento de uma trinca interna. Os autores ainda destacam que pode ocorrer a fratura por fadiga

estática, quando as trincas se propagam lentamente, as tensões são de natureza estática e o lado direito da eq. 2 for inferior que  $K_{Ic}$ . Implica-se nesta informação que este tipo de fratura é sensível às condições ambientais, especialmente quando há a presença significativa de umidade na atmosfera. E este mecanismo provavelmente é gerado pela corrosão sob tensão nas extremidades, isto é, nos contornos de superfície (ZHANG et al, 2018).

Observação esta foi feita por Shorowordi et al (2003) que avaliam as características da microestrutura de compósitos de matriz de alumínio reforçados por  $B_4C$ ,  $SiC$  e  $Al_2O_3$  em modo de estudo comparativo. Para o  $B_4C$ , os autores realizam um pré-aquecimento a  $175\text{ }^\circ\text{C}$  por 2 horas e adicionados à matriz fundida no cadinho através de mistura mecânica, adicionando sob agitação mecânica um percentual de 13% em volume fracionário durante 30 minutos e mais 16 minutos de agitação pós-adição. Para a redução da porosidade, os compósitos são moldados em molde cilíndrico de grafite; e para melhorar a distribuição de partículas na matriz de Al, as amostras foram submetidas ao processo de extrusão a quente sob temperatura de  $420\text{ }^\circ\text{C}$  durante com uma taxa de extrusão de 27 com velocidade de 1m/minuto, sendo então tratadas termicamente a  $400\text{ }^\circ\text{C}$  por duas horas e resfriadas em forno para remover os efeitos da extrusão.

Os resultados obtidos pelos autores apontam que a macroestrutura do sistema Al- $B_4C$  apresentou um resultado positivo quanto à porosidade. E que apesar do reforço reagir facilmente com o ar em temperaturas elevadas, o ar aprisionado com as partículas de  $B_4C$  reagem com o  $B_4C$  dentro do fundido, o que supõem reduzir a quantidade de poros. E desta forma, dificulta a propagação de trincas e minimiza as possibilidades de fratura. Observaram também que há um aumento da molhabilidade do  $B_4C$  com a matriz devido à formação de  $B_2O_3$  líquido nas superfícies das partículas do reforço.

## 2.2 Propriedades térmicas e de interface

**Área Superficial Específica, Adsorção e Dessorção.** A Área Superficial Específica (ASE) é descrita como sendo a relação entre a quantidade de superfície ocupada por unidade de massa, onde é analisada de acordo com a porosidade das partículas que compõem os materiais cerâmicos (CESSA et al, 2009; REIS, 2013). Esta propriedade se mostra de relativa importância quando se trata do uso de reforços cerâmicos, em particular o  $B_4C$ , no qual é um material com forte ligação covalente e que possui condições específicas de adsorção devido à sua ampla variação de composições, desde  $B_{10.5}C$  até  $B_4C$  (AIZENHSTEIN et al, 2014).

Cessa et al (2009) destacam que a porosidade das partículas influencia o tamanho da ASE, no qual microporos possuem elevada área superficial interna e contribuem significativamente para o aumento da ASE. A ASE é formada pela área superficial interna, característica fortemente observada em cerâmicas euedrais,

que são formadas pelas paredes dos sulcos, poros e cavidades com profundidades maiores do que o comprimento e cuja abertura é voltada para o exterior. Já a área superficial externa é constituída pela superfície dos meso e macroporos, aumentando quando a superfície do sólido apresenta imperfeições na forma de sulcos e fissuras com dimensões maiores em comprimento do que em profundidade.

Reis (2013) aponta que a ASE atua como função da adsorção/dessorção observada nas superfícies dos sólidos, que é o processo de transferência de um ou mais constituintes, denominados adsorvatos, de uma fase fluida para a superfície de uma fase sólida, denominada adsorvente. Desta forma, as moléculas presentes na fase fluida são atraídas para a interface devido à existência de forças atrativas não compensadas na superfície do adsorvente.

Destaca-se que o processo de adsorção/dessorção, segundo a autora supracitada, pode ocorrer tanto por fisissorção (mecanismo físico) quanto por quimissorção (mecanismo químico). Para o  $B_4C$ , ao ser utilizado como reforço de matrizes metálicas, em particular o cobre, ocorre a fisissorção, cuja adsorção é observada pelas forças de Van der Waals. Esta ocorre quando forças intermoleculares de atração entre as moléculas do fluido e a superfície do sólido são maiores do que as forças de atração entre as moléculas do fluido. A estrutura molecular ou a natureza do adsorvente é particularmente importante no ordenamento do grau de adsorção que pode ocorrer, assim como o tipo e a localização dos grupos funcionais responsáveis afetam sua adsorbabilidade.

Soma-se a estes fatores as dimensões moleculares do adsorvato, onde diâmetros moleculares menores têm mais facilidade em difundir-se para o interior do sólido e conseqüentemente aumentar a adsorção (QIAO et al, 2015) e a formação de uma camada adsorvida numa superfície não é um processo instantâneo, mas que é afetada pela velocidade de difusão da substância tensoativa através da solução em direção à interface.

Desta forma, esta propriedade se caracteriza também dentro da questão dos sistemas argila-água, onde ocorrem os processos de troca catiônica e são analisadas as capacidades de cada constituinte, conforme Santos descreve (1989) e pode ser comparado no processo de adsorção do reforço em relação à matriz na qual o  $B_4C$  é inserido, uma vez que as forças interfaciais dependem diretamente da ASE disponível para que a molhabilidade do reforço seja suficiente.

**Propriedades térmicas.** Aizenhstein et al (2014) analisaram o uso do  $B_4C$  com diversas matrizes metálicas reativas (Ti, Si, Al, Fe, Ni) e não reativas (Cu, Au, Ag, Sn) para identificar as propriedades termodinâmicas dos compósitos e relacionar o fenômeno da molhabilidade nos sistemas estudados com o objetivo de estabelecer os parâmetros tecnológicos requeridos para a produção de cermetos baseados em  $B_4C$ .

O procedimento implicou na produção de substratos por polimento com pasta abrasiva e limpeza cuidadosa, com execução em fornos sob vácuo a 1150

°C, cujas ligas foram preparadas em fornos de arco elétrico e depois as amostras foram seccionadas e polidas com pasta de diamante e lixa de SiC. Analisou-se termodinamicamente os sistemas Cu-C e Cu-B.

O resultado termodinâmico aponta que a solubilização do carbono é muito baixa a 1200 °C e não há a formação de fase de carbeto no sistema Cu-C, enquanto no sistema Cu-B gerou uma reação eutética a 13,3 at% e 1013 °C, sendo a solubilidade do boro no Cu líquido a 1200 °C aproximadamente em 25 at%. Como não houve formação de fase ternária Cu-B-C, uma secção isotérmica para o sistema foi construído, conforme figura 4.

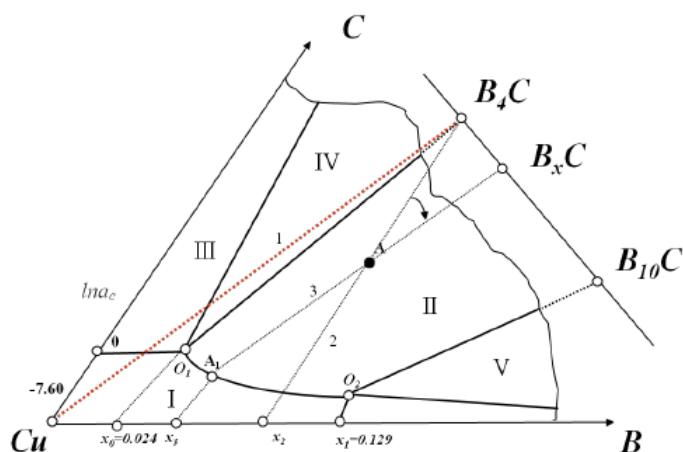


Figura 4 – Seção isotérmica esquemática do diagrama de fase ternário Cu-B-C a 1200 °C (a região rica em cobre está fora de escala) (AIZENHSTEIN et al, 2014).

Onde I representa a região de fase simples da solução líquida (LS) de Cu-B-C, II é a região com duas fases da LS variando a concentração de  $B_4C$ , III é a região com duas fases da LS mais a grafita, IV é a região de três fases com LS (ponto  $O_1$  + grafite +  $B_4C$ ), V é a região de três fases com LS (ponto  $O_2$ +B+  $B_{10}C$ , saturado com Cu), VI é região com duas fases da LS (ponto  $O_2$ +B, saturado com Cu).

Observou-se também um ângulo de contato de 110° para o Cu no substrato do  $B_4C$  a 1150 °C após 30 minutos de contato. Como resultado, o carbono dissociou-se do carbeto e formou uma camada superficial fina localizada na interface inicial do substrato com o metal, de forma que a adição de boro se faz necessária para evitar que o carbono forme aglomerados dispersos no metal fundido e permita uma melhor molhabilidade entre os constituintes. Concluíram os autores que, devido a não formar carbeto ou boreto estáveis, o Cu não é apropriado para molhar a superfície do  $B_4C$ , o que implica na necessidade de se utilizar agentes de fluxo que permitam melhorar a interface e garantir que haja um ganho de propriedades desejadas, como a adição de Si para reduzir a quantidade de carbono livre no sistema ou a adição de Al para formar fases de borocarbeto na interface.

O  $B_4C$ , de acordo com Bai et al (2013), possui propriedades como resistência mecânica, alta capacidade de absorção de nêutrons, alto ponto de fusão, boa

resistência a corrosão. Contudo, uma desvantagem está na baixa condutividade térmica do mesmo e para compensar esta desvantagem, os autores inserem o  $B_4C$  revestido com uma camada de cobre na superfície do pó pelo método de co-deposição superficial aquosa eletrolítica para alterar a natureza da interface metal-cerâmica.

Para melhorar a interface da superfície do  $B_4C$ , os autores fizeram um pré-tratamento no pó com solução concentrada de ácido nítrico, de forma a erodir os pites côncavos da superfície das partículas e, em seguida, lavaram com água deionizada para remover o ácido nítrico e removeram as impurezas com acetona, sendo então imersas em uma solução coloidal salina de paládio a 50 °C durante 180 minutos para posterior enxague em água deionizada. E então a placa de cobre eletrolítico cobrindo as partículas de  $B_4C$  foi colocada em uma célula com capacidade de 2000  $cm^3$  para analisar a condutividade térmica segundo norma ASTM E1225-13.

Os resultados obtidos mostram que o  $B_4C$  teve uma boa interface de contato com o cobre, porém não reage com o cobre para formar boretos. Analisou-se também que o coeficiente de expansão térmica do compósito aumenta a medida que a fração de  $B_4C$  diminui na composição. Contudo, quando a fração volumétrica do  $B_4C$  está no intervalo entre 40 e 70%, os compósitos com coeficiente de expansão térmica relativamente baixos terão uma excelente condutividade térmica.

### 3 | CONCLUSÕES

Averigua-se que o  $B_4C$  possui características ímpares em relação aos demais boretos devido a sua amplitude de composições estequiométricas, reagindo facilmente com metais como o titânio, silício, alumínio, ferro e níquel para formarem novos boretos. Suas propriedades mecânicas possuem diferencial pelo altíssimo nível de dureza obtido (3800 HV), a capacidade de absorção de nêutrons, boa resistência química a ambientes ácidos e alcalinos, porém possui baixa estabilidade termodinâmica quando submetido a altas temperaturas em matrizes fundidas. Distingue-se que existe uma melhor compatibilidade superficial entre o  $B_4C$  e metais como alumínio e titânio, em detrimento de metais como o cobre e o estanho.

Outro ponto destacável está na aplicabilidade do  $B_4C$ , que se apresenta mecanicamente como excelente reforço para melhorar a dureza dos compósitos, o que implica em melhoria da tenacidade à fratura e resistência à punctura, de forma que possa ser utilizado com grande amplitude dentro de aplicações que exijam tais propriedades. Contudo, é importante observar que o  $B_4C$  exige também processamentos específicos para tentar otimizar o processo de interface do substrato com a matriz, uma vez que a dissolução do boro e a liberação do carbono na matriz selecionada para a tese, que é o cobre, prejudica as propriedades mecânicas devido ao aumento significativo da porosidade na macroestrutura do compósito, além da formação de camada de carbono na superfície da amostra.

Sugere-se então utilizar agentes de fluxo que contribuam para reduzir a quantidade de carbono livre oriundo da dissolução do  $B_4C$  em matrizes fundidas e que possa se aplicar o uso de ligas que envolvam o uso não exclusivo do cobre, mas do cobre com o alumínio ou o ferro para melhorar a questão da interface com o  $B_4C$  e obter os ganhos de propriedade desejados.

## REFERÊNCIAS

AIZENHSTEIN, M.; FROUMIN, N.; FRAGE, N. **Experimental study and thermodynamic analysis of high temperature interactions between boron carbide and liquid metals**. Engineering, 6, 849-868, 2014.

AZoM. **Boron carbide (B4C) – properties and information about boron carbide**. Disponível em <https://www.azom.com> Publicado em 9/2/2011. Acesso em 23 junho 2018.

BAI, H.; MA, N.; LANG, J.; JIN, Y.; ZHU, C.; MA, Y. **Thermo-physical properties of boron carbide reinforced copper composites fabricated by electroless deposition process**. Material Design, 46, 740-5, 2013.

BARSOUM, M. W. **Fundamentals of ceramics**. Institute of Physics Publishing, Philadelphia – USA, 2003.

CALLISTER, W. D.; REITWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8ª edição, LTC, Rio de Janeiro, 2012.

CARTER, C. B.; NORTON, M. G. **Ceramic materials: science and engineering**. Springer, Amsterdã, Londres, Nova Iorque, 2007.

CESSA, R. M. A. et al. Área superficial específica, porosidade da fração argila e adsorção de fósforo em dois latossolos vermelhos. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 33, 1153-1162, 2009.

CHEN, H.; LIANG, H.; LIU, L.; LI, H.; LIU, K.; PENG, F. **Hardness measurements for high-pressure prepared TaB and nano-TaC ceramics**. Res. Phys., 7, 3859-3862, 2017.

CLINTON, D. J.; MORRELL, R. **Hardness testing of ceramic materials**. Mat. Chem. Phys., 17, 461-473, 1987.

DIETER, G. E. **Metalurgia mecânica**. 2ª edição, Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1981.

DOMNICH, V.; REYNAUD, S.; HABER, R. A.; CHHOWALLA, M. **Boron carbide: structure, properties and stability under stress**. Journal of American Ceramic Society, vol 94, n. 11, 3605-3628, 2011.

GALANOV, B. A. et al. **Penetration resistance of B4C-CaB6 based light-weight armor materials**. Procedia Engineering, 58, 328-337, 2013.

IPEKOGLU, M. et al. **Mechanical characterization of B4C reinforced aluminum matrix composites produced by squeeze casting**. Journal of Materials Research, vol 32, n. 3, 599-605, 2017.

PIERSON, H. O. **Handbook of chemical vapor deposition (CVD): principles, technology and applications**. 2<sup>nd</sup> edition, Noyes Publication/William Andrew Publishing, Norwich – UK, 1999.

QIAO, Y. et al. **Boron carbide composite ceramic preparation and corrosion behavior in simulated seawater**. Ceramics International, vol 41, n. 3, 5026-5031, 2015.

REIS, D. C. N. S. P. **Importância do estudo da área superficial específica e porosidade do estearato de magnésio para o setor farmacêutico.** Monografia, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2013.

SANTOS, N. A. (1995) *Estudo do processo de sinterização do carbeto de boro com adição de carbono*, Dissertação, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

SANTOS, P. S. (1989) *Ciência e tecnologia de argilas*, 2ª edição, Volume 1, Edgar Blucher, São Paulo.  
SHOROWORDI, K. M. et al. (2003) *Microstructure and interface characteristics of B<sub>4</sub>C, SiC and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> reinforced Al matrix composites: a comparative study*, Journal of Materials Processing Technologies, 142, 738-743.

SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos de engenharia e ciência dos materiais.** 5ª edição, Traduzido da edição norte-americana, AMGH Editora Ltda, Porto Alegre, 2012.

SPOHN, M. T. **Boron carbide.** American Ceramic Society Bulletin, vol 74, n. 6, 113-115, 2015

SURI, A. K.; Subramanian, C.; Sonber, J. K.; Murthy, T. S. R. C. **Synthesis and consolidation of boron carbide: a review.** Int. Mater. Rev., vol 55, n. 1, 4-40, 2010.

TKACHENKO, Y. G. et al. **Temperature effect on bending strength of hot-pressed boron carbide materials.** Powder Metallurgy, Metals and Ceramics, vol 46, n 5-6, 254-260, 2007

TURATTI, A. M. **Sinterização de carbeto de boro com alta resistência ao desgaste.** Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ZHANG, L. et al. **Microtopography and mechanical properties of vacuum hot pressing Al/B<sub>4</sub>C composites.** Ceramic International, vol 44, n. 3, 3048-3055, 2018.



## **SOBRE O ORGANIZADOR**

**CLEBERTON CORREIA SANTOS-** Graduado em Tecnologia em Agroecologia, mestre e doutor em Agronomia (Produção Vegetal). Tem experiência nas seguintes áreas: agricultura familiar, indicadores de sustentabilidade de agroecossistemas, uso e manejo de resíduos orgânicos, propagação de plantas, manejo e tratamentos culturais em horticultura geral, plantas medicinais exóticas e nativas, respostas morfofisiológicas de plantas ao estresse ambiental, nutrição de plantas e planejamento e análises de experimentos agropecuários.

(E-mail: [cleber\\_frs@yahoo.com.br](mailto:cleber_frs@yahoo.com.br)) – ORCID: 0000-0001-6741-2622

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acessibilidade 10, 11, 20, 21, 22, 186  
Amazônia 141, 142, 143, 150, 207, 208, 246, 261  
Amido de mandioca 1, 2, 3, 4, 9  
Análise sensorial 45, 46, 56

### B

Bioacessibilidade 164, 165, 166, 168, 172, 173  
Biofilmes 4  
Biomateriais 92  
Biorremediação 114, 116, 117, 123, 125, 126, 128

### C

Carbeto de boro 129, 130, 131, 132, 140  
Carbono cristalizado 114

### D

Dejetos de suínos 112

### G

Gamificação 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 67, 68, 69, 191, 194, 195  
Geometria 34, 118, 134, 218, 219, 220, 221, 222, 224, 225, 248, 259, 271, 390

### H

Homologia simplicial 239

### I

Inteligências múltiplas 188, 190, 191, 192, 193, 197, 198, 199, 200

### M

Matrizes 2, 129, 136, 138, 139, 247, 369  
Mineração 76, 80, 125, 197, 209, 211, 216, 217

### N

Nanopartículas 90, 91, 92, 93, 95, 98, 99, 100, 114, 116, 123, 125, 126

## O

Óleo de copaíba 201, 203, 204, 207

## P

Paralisia facial 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367

Pegmatito 23, 24, 25, 31, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77

Pensamento computacional 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 66, 67, 68, 195

## Q

Qualidade do ar 78, 79, 80, 81, 87, 88

## R

Reciclagem 3, 52, 294, 297, 298, 300, 302, 388, 389, 399

Robótica 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 199, 279, 282, 284, 285, 287, 288, 289, 291

## S

SAP 2000 33, 34, 40

Sistemas lineares 368, 369, 373, 374, 377

## T

Tecnologias Digitais 153, 154, 155, 156, 157, 161, 162, 163, 195, 287

## V

Variabilidade climática 142

## W

Website 175, 176, 181, 183

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-642-3

