



# Impactos das Tecnologias na Engenharia Química

---

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

**Atena**  
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Química

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

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

134	Impactos das tecnologias na engenharia química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 1)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-237-1 DOI 10.22533/at.ed.371190304  1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.  CDD 660.76
-----	--

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)



## APRESENTAÇÃO

Inovações tecnológicas surgem a todo o momento, em todo o mundo, sendo utilizadas como uma ferramenta estratégica para manutenção e crescimento dos negócios nas indústrias. A Engenharia Química foi uma das carreiras que mais contribuiu para a evolução da Era Industrial para a Era Moderna.

A preocupação em desenvolver produtos e processos de produção torna a Engenharia Química responsável por pesquisas e projetos em relação aos materiais que passam por mudanças físicas e químicas, adquirindo outras características.

A Engenharia Química trabalha com a manipulação de compostos e substâncias para se criar novos produtos. Estes produtos proporcionam uma melhoria na qualidade de vida humana, pois além de pesquisas relacionadas, existe a preocupação em viabilizar as invenções, criar métodos baratos e eficientes de fabricação em massa, implementando processos químico-industriais cada vez melhores, mais econômicos e mais ecológicos.

Neste primeiro volume, organizado para você, apresentamos o papel do Engenheiro Químico no mercado de trabalho, pois este aplica conhecimentos adquiridos no estudo de Química e de Engenharia para criar soluções voltadas à produção ou ao uso de substâncias químicas. É o profissional que constrói um elo entre a ciência e a manufatura. Cabe ao engenheiro químico lidar com a formulação e a solução de problemas associados à indústria química, bem como trabalhar na operação e manutenção de sistemas. Também são expostos, neste volume, trabalhos relacionados ao ensino teórico e prático de Engenharia Química.

Além disso, encontram-se trabalhos relacionados com aplicações estatísticas, simulações e otimização de processos para melhoria de utilização de produtos e subprodutos. Assim como são expostos trabalhos de caracterização de materiais e alterações em processos químicos utilizando novas técnicas de análise de produto, avaliando comportamento, característica de sistemas, propriedades físico-químicas e alteração de composição de produtos já utilizados no mercado.

Baseado nestes trabalhos, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos na área da Engenharia Química. Os trabalhos selecionados oportunizam uma nova visão de materiais, processos e técnicas na área, mostrando o impacto tecnológico no desenvolvimento da indústria e sua relação direta com a sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
O PAPEL DO ENGENHEIRO QUÍMICO NO MERCADO DE TRABALHO: PRODUÇÃO DE UM GUIA PRÁTICO DIGITAL DESTINADO AOS GRADUANDOS E DEMAIS INTERESSADOS NA PROFISSÃO	
Raphael Carlos Rosa Pereira Eder Dias da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
GAMEQ: JOGO PARA O ENSINO NA ENGENHARIA QUIMICA	
Riccardo Cafagna Miguel do Valle Fróes Negreiros Falcão Felipe Emmanouil Martires Stamoglou Ana Lucia Barbosa de Souza Ewerton Emmanuel da Silva Calixto Fernando Luiz Pellegrini Pessoa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
ELABORAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE PROTÓTIPO DE REATOR CSTR CONSTRUÍDO COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO VOLTADO À EDUCAÇÃO DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Sauro Franceschi de Carvalho Emeson de Souza Lemos Kevelyn Carolina Motta Sbravati	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>27</b>
PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE MÓDULO CONTÍNUO A PARTIR DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO COMO IMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO EXPERIMENTAL DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Igor Moraes Bezerra Calixto Sauro Franceschi de Carvalho Matheus Macedo Teixeira Rafaela Misseia Cinque de Lima Marco Antônio de Alcântara Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>36</b>
O SIMULADOR DO FUTURO APLICADO À INDÚSTRIA	
Fernanda Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903045</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>43</b>
TERMODINÂMICA QUÍMICA – COMPREENDENDO DE FORÇAS INTERMOLECULARES A COEFICIENTE DE ATIVIDADE	
Lisandra Ferreira de Lima Admilson Lopes Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903046</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>53</b>
DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO DE SOLVENTES EUTÉTICOS PROFUNDOS (DES) EMPREGANDO A CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)	
Helena Pletsch Mariana Carolina Gipiela Corrêa Dias Marcos Rogério Mafra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903047</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>59</b>
ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FALHAS POR TÉCNICAS ESTATÍSTICAS APLICADAS A SISTEMAS DE BOMBEAMENTO HIDRÁULICO	
Rebeca Albino de Jesus Ezequiel José da Silva Honorato Fábio George Nogueira Cruz José Nilton Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903048</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>73</b>
COMPARAÇÃO DE PERFIS DE VELOCIDADE OBTIDOS POR TUBO DE PITOT E POR SOFTWARE DE SIMULAÇÃO ANSYS CFX	
Victor Felipe Arthur Coutinho Ladeia Rosilanny Soares Carvalho Anna Clara Marques de Queiroz João Carlos Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903049</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>80</b>
ENGENHARIA DE PROCESSOS: DIMENSIONAMENTO, SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE SISTEMAS DE EVAPORAÇÃO MÚLTIPLO EFEITO DE INDÚSTRIAS DE CELULOSE <i>KRAFT</i>	
Jamilly Marques Gasparoni Cássia Regina Santos Nunes Almeida Gustavo Matheus de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030410</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>96</b>
PROJETO DE HIDROCICLONES USANDO OTIMIZAÇÃO ROBUSTA E ESTUDO DO EFEITO DA ROBUSTEZ	
Vitor Alves Garcia Fran Sérgio Lobato Luiz Gustavo Martins Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030411</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>111</b>
SELEÇÃO DE VARIÁVEIS E CONTROLE DE COMPOSIÇÃO POR INFERÊNCIA DE TEMPERATURA EM PROCESSO PRODUTIVO DO ETILBENZENO	
Arioston Araújo de Moraes Júnior Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas Paulo Romero de Araujo Mariz Emanuella Francisca de Lacerda Vieira Marcelo da Silva Pedro Jonas Laedson Marinho da Silva Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030412</b>	

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>119</b>
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE PH, TEMPERATURA E TEMPO DE VAPORIZAÇÃO NO PROCESSO DE TINGIMENTO DE TECIDOS	
Wanyr Romero Ferreira Wilson Costa Resende Aline Pereira Leite Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>128</b>
ANÁLISE CORROSIVA DO AÇO 304 QUANDO SUBMETIDO AO PROCEDIMENTO DE GALVANOPLASTIA	
Renata de Oliveira Marinho Marcelo Batista Queiroz Eudesio Oliveira Vilar Márcia Cristina de Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030414</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>140</b>
EFEITO DA DENSIDADE DE CORRENTE NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS DE Co-W OBTIDOS POR ELETRODEPOSIÇÃO	
Arthur Filgueira de Almeida Bianca Oliveira Evaristo Josiane Dantas Costa Mikarla Baía de Sousa Nathália Cristina Morais Lia Fook Renato Alexandre Costa de Santana Ana Regina Nascimento Campos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030415</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>148</b>
FILTRO DE KALMAN ESTENDIDO E REDE NEURAL ARTIFICIAL NA ESTIMATIVA DE CONCENTRAÇÃO EM UM REATOR QUÍMICO NÃO ISOTÉRMICO	
Arioston Araújo de Moraes Júnior Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas Marcelo da Silva Pedro Paulo Romero de Araujo Mariz Emanuella Francisca de Lacerda Vieira Jonas Laedson Marinho da Silva Santos Rodrigo Marinho Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030416</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>153</b>
COMPÓSITO DE NANOCELULOSE BACTERIANA E NANOTUBOS DE CARBONO	
Guilherme Colla Vinícius Heidemann de Souza Fernanda Vieira Berti Luismar Marques Porto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030417</b>	

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>160</b>
IMOBILIZAÇÃO DE COLÁGENO HUMANO TIPO I EM MEMBRANAS DE NANOCELULOSE BACTERIANA	
Ana Carolina Jorge Meyer Emily Marques dos Reis Luismar Marques Porto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030418</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>167</b>
CENTRIFUGATION STEP CONTROL OF CELLULOSE NANOCRYSTALS SUSPENSION BY pH AND TURBIDITY MEASUREMENTS	
Mayara Felix Santana Bárbara Castro Moreira Flávia Mitsue Yamashita Nilda de Fátima Ferreira Soares José Mauro de Almeida Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira Deusanilde de Jesus Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030419</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>173</b>
ESTUDO TERMODINÂMICO DA ADSORÇÃO DO CORANTE CRISTAL VIOLETA EM NANOTUBOS DE CARBONO FUNCIONALIZADOS	
Leonardo Martins Vargas Gabriel Facciochi Dörtzbacher Guilherme Luiz Dotto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030420</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>181</b>
ESTUDO DA REOLOGIA E DA SALINIDADE DE MICROEMULSÕES À BASE DE GLICERINA PARA SEREM UTILIZADAS NA RECUPERAÇÃO DE PETRÓLEO	
Amanda Brito de Carvalho Fabiola Dias da Silva Curbelo Elayne Andrade Araújo Alfredo Ismael Curbelo Garnica	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030421</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>196</b>
ORGANOFILIZAÇÃO DE ARGILAS BENTONÍICAS PARA APLICAÇÃO EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO BASE MICROEMULSIONADA	
Renata Rodrigues Magalhães Roxana Pereira Fernandes de Sousa Alfredo Ismael Curbelo Garnica Fabiola Dias da Silva Curbelo Thaine Taumaturgo Caminha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030422</b>	



<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>201</b>
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E VOLUMÉTRICAS DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO E DO BIOQUEROSENE	
<p>Idila Rafaela Carvalho Gonçalves  Ana Clara Cazarin Queiroz  Luciana Loureiro de Pinho Rolemberg de Andrade  Sílvia Maria Zanini Sebrão  Krishnaswamy Rajagopal</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030423</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>210</b>
AVALIAÇÃO REOLÓGICA DE TINTAS ACRÍLICAS COMERCIAIS E ADITIVADAS COM CARGA CONDUTORA	
<p>Alex da Silva Sirqueira  Monica Cristina dos Santos Vieira  Monica Feijó Naccache  Stanley Pires de Alcântara</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030424</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>222</b>
EFEITO DA ADIÇÃO DA CINZA GASEIFICADA DE CARVÃO PULVERIZADO NA FORMULAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA	
<p>Gabryella Cerri Mendonça  Cristiano Corrêa Ferreira</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030425</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>232</b>
TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM SISTEMAS PARTICULADOS: DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA DE FERTILIZANTES GRANULADOS NA ESTAGNAÇÃO DE AR	
<p>Hugo Perazzini  Maise Tonon Bitti Perazzini  Rayssa Caroline Ribeiro Bernardes  João Marcos Cardoso Silva</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030426</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>248</b>
DETERMINAÇÃO DA SOLUBILIDADE DA UREIA EM SOLUÇÕES AQUOSAS DE ETANOL	
<p>Raquel de Oliveira Silva  Ana Paula Silva Capuci  Raíssa Araújo de Oliveira Campos  Ricardo Amâncio Malagoni</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030427</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>255</b>
CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO COM ALTAS VAZÕES E VISCOSIDADES ELEVADAS: UMA ALTERNATIVA TÉCNICA À LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE ROYALTIES E PARTICIPAÇÕES ESPECIAIS	
<p>Carlos Eduardo Ribeiro de Barros Barateiro  Romulo Carlos da Silva Emerik</p>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030428</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>271</b>

## EFEITO DA ADIÇÃO DA CINZA GASEIFICADA DE CARVÃO PULVERIZADO NA FORMULAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA

**Gabryella Cerri Mendonça**

Universidade Federal do Pampa

Bagé – Rio Grande do Sul

**Cristiano Corrêa Ferreira**

Universidade Federal do Pampa

Bagé – Rio Grande do Sul

A investigação sobre a absorção de água apresentada nessa investigação já foi publicada no Congresso Brasileiro de Engenharia Química (COBEQ), que foi realizado em São Carlos - SP no ano de 2017.

**RESUMO:** O trabalho avalia a fabricação de produtos cerâmicos destinados à construção civil através da adição, na argila, de cinza leve procedente da gaseificação do carvão mineral. A metodologia utilizada para a caracterização consistiu das seguintes etapas: as matérias-primas foram submetidas a testes de caracterização química por fluorescência de raios-X e preparadas em cinco diferentes formulações compostas: de argila in natura (A0), argila in natura mais adição de 5% (CG5), 10% (CG10), 20% (CG20) e 30% (CG30). O processo de fabricação dos corpos de prova ocorreu por prensagem e a secagem foi realizada de modo natural e artificial, ao final desse processo os corpos de prova foram queimados na temperatura de 800°C. A análise de desempenho dos produtos ocorreu através da resistência mecânica, absorção de água,

porosidade aparente e massa específica. Todos os corpos cerâmicos analisados apresentaram valores de resistência mecânica em conformidade com as normas técnicas analisadas. O melhor resultado obtido foi de 7.44MPa para a Formulação CG5. Os valores médios de absorção variaram entre 14,11% (A0) e 26,53% (CG30). Esses índices mostraram que 80% das formulações apresentaram absorção de água dentro das faixas de aceitação da norma. Ao final observou-se que através dos ensaios de resistência mecânica, absorção de água, porosidade aparente e massa específica aparente é possível fabricar tijolos maciços e blocos de vedação.

**PALAVRAS-CHAVE:** carvão mineral, gaseificação, materiais cerâmicos.

**ABSTRACT:** The work evaluates the manufacture of ceramic products for the construction industry through the addition, in the clay, of light ash from coal gasification. The methodology used for the characterization consisted of the following steps: the raw materials were subjected to X-ray fluorescence chemical characterization tests and prepared in five different composite formulations: fresh clay (A0), fresh clay plus addition of 5% (CG5), 10% (CG10), 20% (CG20) and 30% (CG30). The process of fabrication of the specimens was by pressing and the drying was performed in a

natural and artificial way, at the end of this process the specimens were burned at a temperature of 800°C. The performance analysis of the products occurred through mechanical resistance, water absorption, apparent porosity and specific mass. All the ceramic bodies analyzed presented mechanical strength values in accordance with the technical norms analyzed. The best result was 7.44MPa for Formulation CG5. The mean values of absorption varied between 14.11% (A0) and 26.53% (CG30). These indices showed that 80% of the formulations presented water absorption within the acceptance ranges of the standard. At the end it was observed that through the tests of mechanical strength, water absorption, apparent porosity and apparent specific mass it is possible to manufacture massive bricks and sealing blocks.

**KEYWORDS:** mineral coal, gasification, ceramic materials.

## 1 | INTRODUÇÃO

De acordo com Gomes *et al.* (1998), a história do carvão fóssil no Brasil tem início em 1975 e o maior consumo de carvão nacional está na termoelectricidade, outros consumidores são a indústria cimenteira, petroquímica, papel e celulose, alimentos e cerâmica.

Segundo Soares *et al.* (2016) a gaseificação é uma alternativa conveniente para a produção de energia a partir de resíduos sólidos. Os coprodutos oriundos da gaseificação podem ser aproveitados para diversos fins, desde síntese de produtos químicos até aditivos para cimentos (PELLEGRINO, 2006).

A gaseificação, quando realizada via leito fluidizado, como ocorre nessa pesquisa, há a desvantagem de se obter uma cinza contendo altos teores de carbono, sendo a cinza leve ou *char* um dos principais resíduos oriundos da gaseificação (HERNÁNDEZ 2016).

A cinza volante (ou leve) é composta por sílica, óxidos metálicos e uma alta quantidade de carbono, este elevado índice está relacionado ao processo de gaseificação que foi realizado via leito fluidizado (DIAS, 2017). De acordo com Barbosa (2016) a gaseificação via leito fluidizado se caracteriza pela formação de um leito de biomassa em suspensão produzido pelo fluxo de ar forçado, sendo vantajoso pela distribuição uniforme da temperatura na região da gaseificação.

A adição de resíduos em materiais cerâmicos é uma prática vantajosa, Guilhon *et al.* (2016) apontam que o maior desafio das indústrias é conciliar a viabilidade econômica da viabilidade ecológica. Dantas (2008), destaca também que a incorporação de resíduos na cerâmica vermelha é capaz de trazer benefícios adicionais na melhoria do processo e nas características do produto final. A absorção de água é uma propriedade muito importante do material cerâmico, pois a partir dela é possível observar o seu comportamento, além dela estar diretamente relacionada com a porosidade aparente e massa específica aparente, atuando também como um parâmetro de qualidade do material cerâmico para a construção civil (PNHEIRO, 2010).

Casos semelhantes são possíveis detectar em trabalhos como: Zacaron et. al. (2015), que fizeram um estudo sobre a utilização do resíduo proveniente do beneficiamento do carvão mineral como matéria-prima alternativa na fabricação de blocos de vedação. Os autores utilizaram diferentes percentuais de carvão formulados nas massas de cerâmica vermelha em percentuais que variaram entre 2, 6 e 10% e dentre as diferentes etapas de análises foram feitas uma comparação entre os valores obtidos para a absorção de água e resistência mecânica.

Trabalho como o do resíduo de cerâmica vermelha (RCV): uma alternativa como material pozolânico desenvolvido por Garcia et. al (2014) evidencia que a adição de resíduo a cerâmica vermelha poderá se constituir em uma fonte que apresenta demanda emergente por adições minerais que agreguem, além de benefícios técnicos nos seus produtos, maior sustentabilidade à sua cadeia produtiva.

A investigação de Biolo (2005) optou por utilizar a areia de moldagem usada em fundição para ser aplicado na construção civil na forma de blocos cerâmicos. Além disso, nesse estudo foram feitos testes de absorção de água e resistência mecânica.

Diante disso, o objetivo dessa investigação é avaliar a incorporação da cinza volante proveniente da gaseificação do carvão mineral em argila a partir das propriedades mecânicas e físicas de diferentes percentuais de adição de cinza leve de gaseificação na argila, utilizando os teste de resistência mecânica e absorção de água, e conseqüentemente as análises de porosidade aparente e massa específica aparente.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

A argila utilizada foi coletada em uma pequena olaria localizada na região de Bagé – RS, essa argila tem característica caulinita e não passou pelo processo de sazonalamento, ou seja, contém significativos índices de material orgânico. A amostra de argila coletada foi moída, quarteada e peneirada onde a fração passante na peneira de 100 mesh foi a utilizada na pesquisa. Já a cinza leve gaseificada foi coletada no Laboratório de Energia e Carboquímica da Universidade Federal do Pampa, Campus Bagé – RS. A amostra de cinza foi quarteada e, não houve a necessidade de ser moída e peneirada pois sua granulometria estava análoga a 100 mesh, assemelhando-se assim com a da argila. Aproximadamente 10 g dos dois materiais foram submetidos a caracterização química de fluorescência de raios-X, conforme Tabela 1.

Compostos	Argila (%)	Cinza leve gaseificada (%)
SiO <sub>2</sub>	57.54	51.48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.15	10.88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.77	2.73
K <sub>2</sub> O	2.67	1.41

MgO	1.12	0.38
CaO	1.11	1.60
TiO <sub>2</sub>	0.81	0.83
Na <sub>2</sub> O	0.24	0.43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.09	0.43
ZrO <sub>2</sub>	0.07	0.023
SO <sub>3</sub>	0.07	3.83
MnO	0.04	-
SrO	0.03	-
Rb <sub>2</sub> O	0.03	-
ZnO	0.03	-
C	-	26.8

Tabela 1 – Composição química da argila e cinza gaseificada.

Fonte: (Lacer/UFRGS).

Na Tabela 1, nota-se que a sílica (SiO<sub>2</sub>) é um composto dominante na argila e na cinza gaseificada. O óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e o óxido de ferro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) indicam que esta argila é caulinita. A cinza leve contém alta porcentagem de carbono (C), por conta de ser transportado juntamente com as cinzas pelo gaseificador.

As amostras de argila *in natura* e resíduo nas proporções pré-determinadas foram misturadas e homogeneizadas.

Após as formulações foram umedificadas até atingir 5% em peso (massa de umidade/massa seca). Em seguida foram armazenadas em sacos plásticos, e permaneceram em repouso por 24 horas para ocorrer a homogeneização da umidade em toda a mistura. As formulações foram pré-determinadas e preparadas com adições de 5, 10, 20 e 30% de cinza leve gaseificada na argila conforme (Tabela 2).

Formulação	Argila	Cinza leve gaseificada
A0	100	0
CG5	95	5
CG10	90	10
CG20	80	20
CG30	70	30

Tabela 1 – Formulações cerâmicas investigadas (% em peso)

Fonte: Os autores, 2018.

As massas cerâmicas foram prensadas em uma prensa Atlas Series Laboratory Hydraulic Press de 5 toneladas. Após a conformação os corpos de prova foram submetidos a secagem natural, em temperatura ambiente por aproximadamente 24 horas e a secagem artificial a 110°C por 24 horas.

Em seguida os corpos de prova foram queimados em um forno elétrico da marca



SANCHIS, com um patamar de 80°C por hora. Ao atingir a temperatura desejada (800°C) permaneceu no forno por 3 horas.

Nos produtos obtidos foram determinados: a resistência mecânica [M-CIENTEC 0-27 (1995)], a absorção de água [M-CIENTEC 0-22 (1995)].

Para a análise de resistência mecânica utilizou-se uma máquina universal EMIC, localizada no laboratório de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Pampa, onde inicialmente foram medidos a altura e a largura dos corpos de prova com um paquímetro; após cada um dos corpos de prova foram colocados sobre os apoios com uma distância de 5 cm (Figura 1 A), então o ensaio se iniciou com a aplicação de uma força de 5 kN e terminou quando o corpo de prova havia se rompido. A Figura 1 (A) ilustra o ensaio sendo executado com aplicação de carga no corpo de prova. a Figura 1 (B) os corpos de prova sendo medidos e a Figura 1 (C) mostra a máquina.

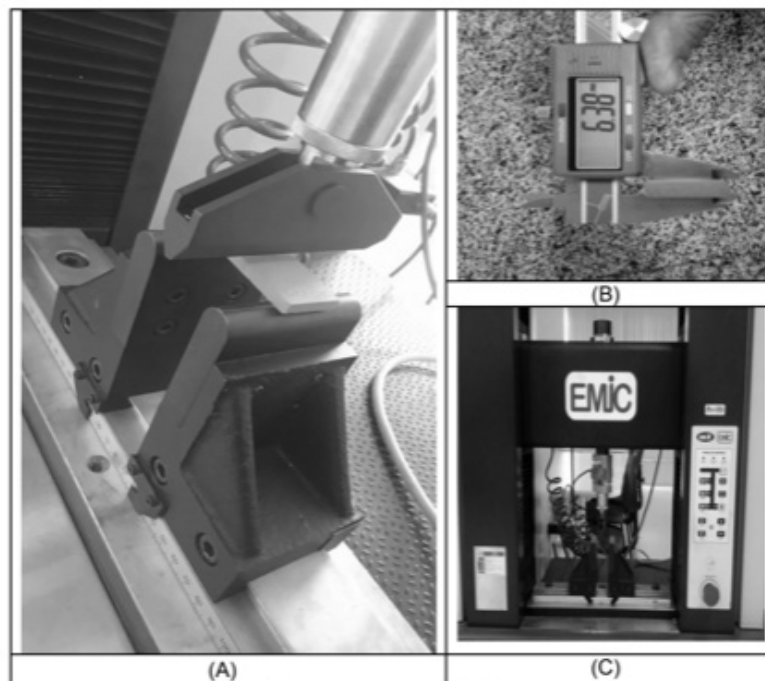


Figura 1 – Teste de resistência mecânica.

Fonte: Os autores, 2018.

A determinação da tensão de ruptura à flexão é efetuada conforme a Equação 1, e suas variáveis são ilustradas na Figura 23.

$$TRF = \frac{3 \times P \times L}{2 \times a^2 \times b} \quad (1)$$

onde  $TRF$  é a tensão de ruptura à flexão,  $P$  a carga de ruptura,  $L$  a distância entre os apoios,  $a$  altura do corpo de prova e  $b$  largura do corpo de prova (M-Cientec, C-027, 1995).

Para a análise de absorção de água os testes foram feitos da seguinte forma: primeiramente, os corpos de prova foram fervidos por 2 horas e após este período esperou-se atingir a temperatura ambiente Figura 2 (A), em seguida, foram pesados em uma balança hidrostática – Massa imersa Figura 2 (B), nesta etapa eles foram secos com um pano de algodão e pesados em uma balança analítica – Massa úmida Figura 2 (C), por fim foram colocados na estufa a 110°C por, aproximadamente, 15 horas e pesados novamente na balança analítica – Massa seca.

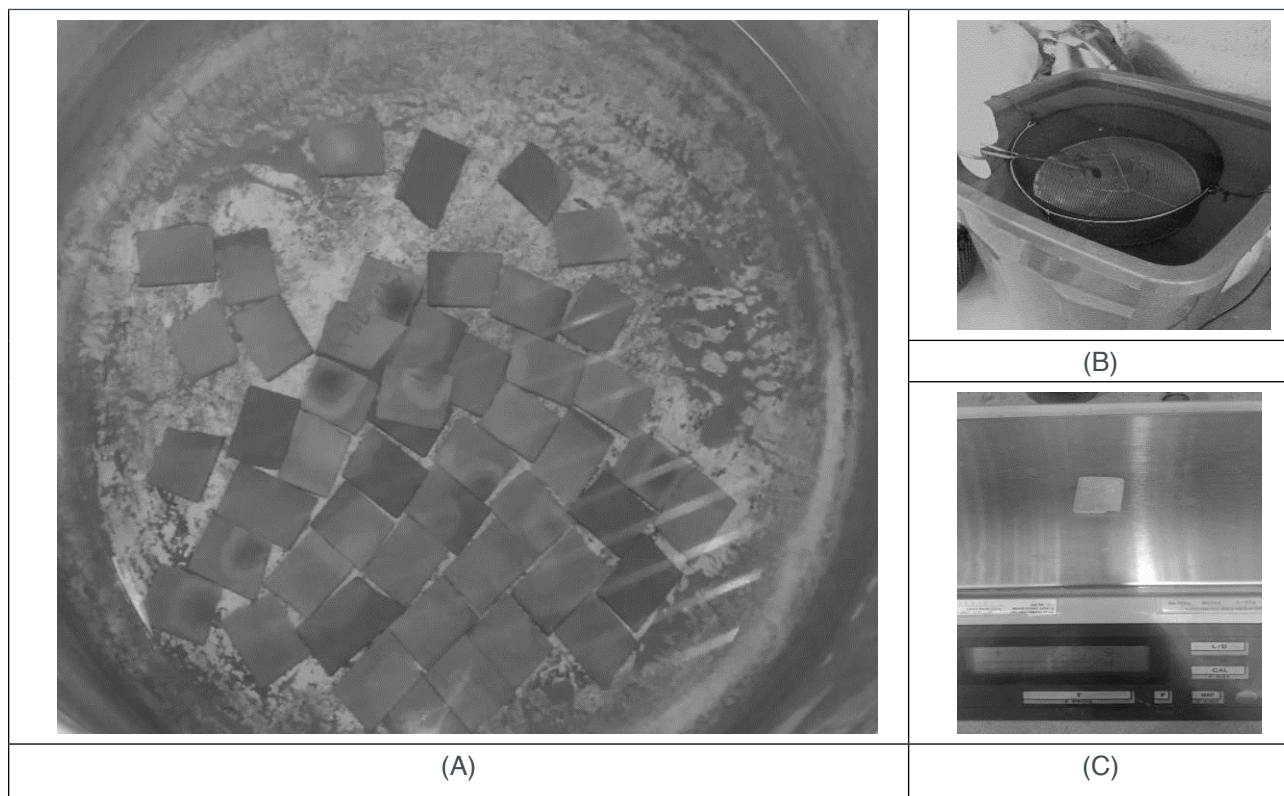


Figura 2 – Teste de absorção de água, porosidade aparente e massa específica em corpos de prova cerâmicos

Fonte: Os autores, 2018.

A absorção de água pode ser calculada de acordo com a Equação 2:

$$AA(\%) = \frac{Pu - Ps}{Ps} \times 100 \quad (2)$$

onde  $AA$  é a absorção de água,  $Pu$  a massa do corpo de prova saturado e  $Ps$  a massa do corpo de prova seco à 110°C (DA SILVA, 2010).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta o resultado obtido da resistência mecânica das formulações.

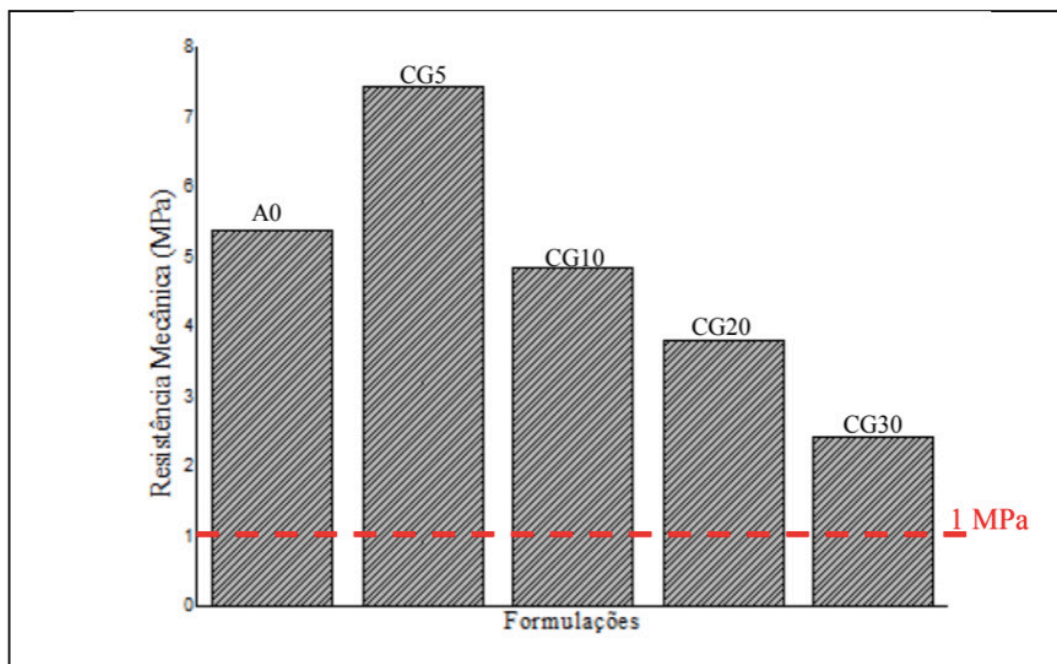


Figura 3 – Gráfico do resultado de resistência mecânica

Fonte: Os autores, 2018.

A partir da análise da Figura 3 pode-se perceber que todas as formulações estão dentro do padrão recomendado pelas normas do INMETRO/ Brasil, que define que para blocos de vedação a resistência mecânica deve estar compreendida entre 1 a 10 MPa, já para telhas a NBR 15310 (2009) estabelece que a resistência mecânica tenha um valor acima de 1 MPa. A análise do gráfico mostra que a formulação CG5 apresentou a maior resistência mecânica 7.44 MPa, e a CG30 a menor 2.44 MPa, podendo afirmar que a adição de 5% de cinza proveniente da gaseificação do carvão mineral foi a melhor formulação diante da análise da resistência mecânica.

Manhães (2009) utilizou um resíduo de rocha ornamental em porcentagem de 10 e 20% e um patamar de queima de 850°C. Na pesquisa de Manhães os valores encontrados de resistência mecânica foram próximos aos encontrados no nosso trabalho assim como, nota-se que com a adição do resíduo diminuiu a resistência mecânica das peças cerâmicas. Manhães explica que isso se deve ao aumento da quantidade de partículas de quartzo, proveniente da adição do resíduo na massa argilosa pura.

A Figura 4 apresenta o resultado obtido da absorção de água das formulações investigadas.

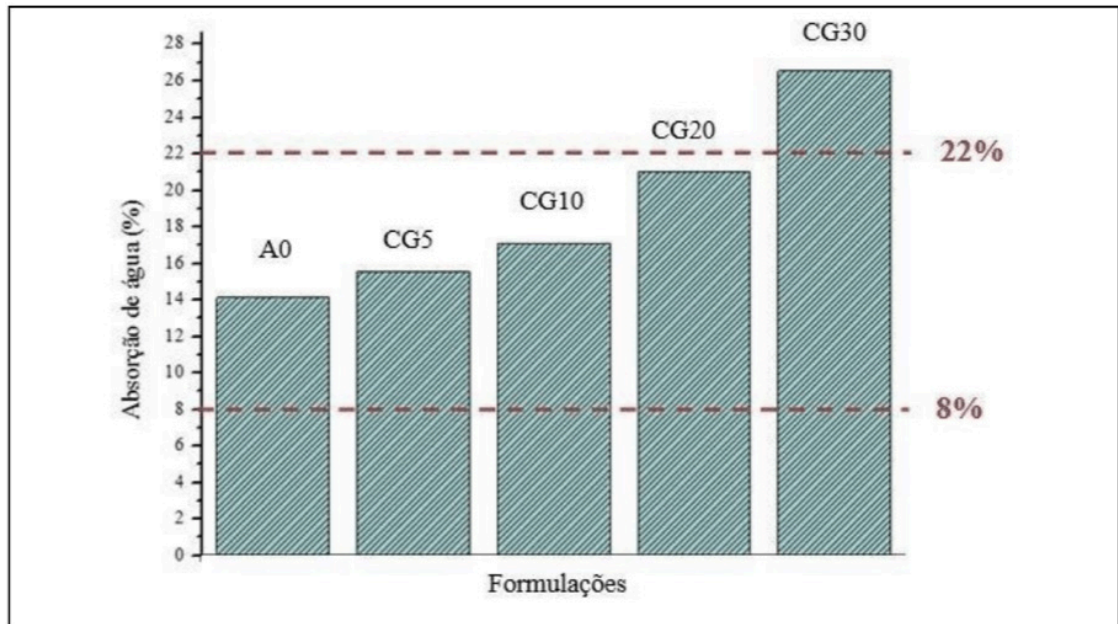


Figura 2 – Gráfico do resultado da absorção de água

Fonte: Os autores, 2017.

Nota-se que ocorreu um aumento da absorção de água a medida em que se acrescentou mais cinza na formulação, além do mais, o teste também revelou que as formulações A0, CG5, CG10 e CG20 podem ser utilizadas para fabricação de tijolos e blocos cerâmicos conforme a norma NBR 15270-1 (2005) ( $8\% < \text{absorção de água} < 22\%$ ), no entanto, a CG30 obteve índice acima do valor recomendado. Também se avaliou a possibilidade de uso para telhas e, nesta, somente as formulações A0, CG5 e CG10 se enquadraram dentro das especificações da norma de ( $\text{absorção de água} < 20\%$ ).

O trabalho de Nicolite (2016) explica que o aumento da absorção de água com a adição de resíduo se deve a elevada presença de poros no material cerâmico. Herek (2009) também encontrou valores de absorção de água dentro do recomendado pela norma NBR 15270 (2005) para as formulações 5, 10 e 20% de lodo de lavanderia incorporado à massa argilosa, assim como um acentuado aumento da porosidade das peças cerâmicas.

#### 4 | CONCLUSÃO

Conclui-se que o resíduo proveniente da gaseificação do carvão mineral pulverizado pode ser incorporado a argila *in natura* com o propósito de fabricar produtos como tijolos e blocos de vedação em relação a análises de resistência mecânica e absorção de água.

Em relação a resistência mecânica todas as formulações se enquadram dentro dos limites estabelecidos pelo INMETRO para blocos cerâmicos e pela NBR 15310 (2009) para telhas. Deve-se considerar também que quanto mais cinza proveniente



da gaseificação foi adicionada na argila, menor foi a resistência mecânica dos corpos cerâmicos, além de que a formulação CG5 foi a que apresentou os maiores índices de resistência quando comparado a formulação A0.

Quanto a análise de absorção de água, as formulações A0, CG5, CG10 e CG20 se enquadraram dentro do recomendado pela norma NBR 15270-1 (2005). Deve-se destacar que quanto maior o percentual de cinza na argila maior será a absorção de água.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, F. R. **Co-processamento de dregs em argila para produção de cerâmica vermelha**. 2007. Dissertação (Mestrado em Saneamento) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2007.

BARBOSA, K.; SILVA, J. D. **Análise Fluidodinâmica da Região de Gaseificação de um Gaseificador de Leite Fluidizado**. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 2, n. 1, 2016.

BIOLO, S. M. (2005). **Reuso do resíduo de fundição areia verde na produção de blocos cerâmicos**.

DANTAS, A. P. A. **Utilização de resíduos de rochas ornamentais na produção de cerâmica branca**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

DA SILVA, P. L. B. **Obtenção e caracterização de cerâmica vermelha utilizando na matéria-prima resíduo argiloso do rerrefino**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgia e de Materiais) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010

DIAS, Y. R. et al. **Caracterização prévia das cinzas volantes, coproduto da gaseificação do carvão mineral de Candiota**. Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, v. 8, n.2, 2017.

GARCIA, E., CABRAL J., M., QUARCIONI, V., & CHOTOLI, F. F. (2014). **Resíduo de cerâmica vermelha (RCV): uma alternativa como material pozolânico**. *Revista Cerâmica Industrial*, 19(4), 31-38.

GOMES, A. P., FERREIRA, J. A. F., ALBUQUERQUE, L. F. D., & Süffert, T. (1998). **Carvão fóssil**. *Estudos avançados*, 12(33), 89-106.

GUILHON, D.; SANTOS, D. M. S.; FARIAS, J. A. F. **Avaliação da cerâmica vermelha de Rosário (MA) a partir da adição de fino de rochas ornamentais**. *Blucher Design Proceedings* 2.9 (2016): 4176-4187.

HEREK, L. C. S. et al. Incorporação de lodo de lavanderia industrial na fabricação de tijolos cerâmicos (Incorporation of industrial laundry mud in the production of ceramic bricks). **Cerâmica**, v. 55, n. 335, p. 326-331, 2009.

HERNÁNDEZ, J. J., MAGÍN L., ESPERANZA M. **“Characterisation of residual char from biomass gasification: effect of the gasifier operating conditions.”** *Journal of Cleaner Production* 138 (2016): 83-93.

MANHÃES, J. P. V. T.; MOREIRA, J. M. S.; HOLANDA, J. N. F. Variação microestrutural de cerâmica vermelha incorporada com resíduo de rocha ornamental Microstructural variation of red ceramic



incorporated with ornamental rock waste. **Cerâmica**, v. 55, n. 336, p. 371-378, 2009.

M. CIENTEC 1/C – 022 – Agosto 1976 - MATERIAIS CERÂMICOS: Ensaio de Absorção de Água, 1p.

M. CIENTEC 1/C – 023 – Agosto 1976 - MATERIAIS CERÂMICOS: Determinação Ade Porosidade aparente, 1p.

M. CIENTEC 1/C – 022 – Agosto 1976 - MATERIAIS CERÂMICOS: Massa Específica Aparente, 1p.

NBR 15270-1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação: terminologia e Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

NBR 15310. Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 2009.

NICOLITE, M. et al. EFEITO DA INCORPORAÇÃO DE RESÍDUO DA ETAPA DE PRODUÇÃO DA ALUMINA ELETROFUNDIDA NAS PROPRIEDADES DA CERÂMICA VERMELHA. In: **60º Congresso Brasileiro de Cerâmica**. 2016. p. 614-621.

PELLEGRINO, R. **Gaseificação de carvão mineral com adição de vapor e remoção de H<sub>2</sub>S, em leito fluidizado**. 146 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Térmica e Fluidos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

PINHEIRO, B. C. A.; HOLANDA, J. N. F. **Efeito da temperatura de queima em algumas propriedades mecânicas de cerâmica vermelha**. *Cerâmica*, São Paulo, v. 56, n. 339, p. 237- 243, July 2010.

SOARES, D. et al. **Gaseificação de serragem de madeira com vapor de água: estudo cinético**. *Scientia cum Industria* 4.2 (2016): 119-124.

ZACCARON, A., NANDI, V. S., SILVA, D. B., & COMIN, A. B. (2015). **Estudo da Utilização do Resíduo Proveniente do Beneficiamento do Carvão Mineral como Matéria-Prima Alternativa na Fabricação de Blocos de Vedação**. *Revista Cerâmica Industrial*, (20), 38-44.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**CARMEN LÚCIA VOIGT** Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-237-1

