

Amanda Fernandes Pereira da Silva  
(Organizadora)

# ENGENHARIA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 3



Amanda Fernandes Pereira da Silva  
(Organizadora)

# ENGENHARIA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 3



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof<sup>o</sup> Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas  
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof<sup>o</sup> Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

## Engenharias: pesquisa, desenvolvimento e inovação 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Amanda Fernandes Pereira da Silva

| <b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> |   |
|--|---|
| E57  | Engenharias: pesquisa, desenvolvimento e inovação 2 /<br>Organizadora Amanda Fernandes Pereira da Silva. –<br>Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.<br><br>Formato: PDF<br>Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader<br>Modo de acesso: World Wide Web<br>Inclui bibliografia<br>ISBN 978-65-258-0935-9<br>DOI: <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.359231801">https://doi.org/10.22533/at.ed.359231801</a><br><br>1. Engenharia. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da<br>(Organizadora). II. Título.<br><br>CDD 620 |
| <b>Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166</b>  |   |

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Sabendo que a Atena Editora faz parte do grupo de instituições que incentivam a difusão de inovação científica, a mais nova coleção “Engenharias: Pesquisa, desenvolvimento e inovação 3” engloba pesquisa científica, aplicada, desenvolvimento experimental e inovação tecnológica. Um dos grandes desafios enfrentados atualmente nos mais diversos ramos do conhecimento, é o do saber multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas.

Atualmente, é necessário que os profissionais saibam discernir e transitar conceitos e práticas levando em consideração o viés humano e técnico. Diante desse contexto, este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber. Os mais diversos temas estão relacionados às áreas de engenharia, como civil, materiais, mecânica, química, dentre outras, dando um viés onde se faz necessária a melhoria contínua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril.

Esta obra se mostra como fundamental, de abordagem objetiva, para todos os âmbitos acadêmicos e pesquisadores que busquem alavancar em conhecimento. Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura.


Amanda Fernandes Pereira da Silva



**CAPÍTULO 1 ..... 1****A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE DENTRO DOS PROCESSOS EMPRESARIAIS**


Milena dos Santos Silva

Luis Jorge Souza dos Anjos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318011>**CAPÍTULO 2 ..... 5****ANÁLISE COMPARATIVA DAS NORMAS NBR 6118/2014, NBR 7188/2013 E AASHTO LRFD 2012, BASEADA NA TEORIA DA CONFIABILIDADE – ESTUDO DE CASO DE UMA VIGA I DA PONTE SOBRE CÓRREGO SÃO DOMINGOS NA RODOVIA ESTADUAL ES-010, TRECHO ITAÚNAS - ES-421**

Rodrigo José Costa Nóbrega

Emmanoel Guasti Ferreira


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318012>**CAPÍTULO 3 .....30****ANÁLISE DA DEFLEXÃO DE VIGAS E EIXOS POR EDO E SIMULAÇÃO EXPERIMENTAL DE BAIXO CUSTO**

Cristian Comin

Adabiel Oleone da Silva

Jocelaine Cargnelutti

Vanderlei Galina


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318013>**CAPÍTULO 4 .....39****APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO DO MELHOR TRATAMENTO PARA A BORRA OLEOSA GERADA NA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA**

Wanderbeg Correia de Araujo

Haron Calegari Fanticelli

Jose Oduque Nascimento de Jesus

Artur Saturnino Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318014>**CAPÍTULO 5 .....57****ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLIED IN DIFFERENT AREAS OF ROBOTICS**

Márcio Mendonça

Rodrigo Henrique Cunha Palácios

João P. S. Bertocini

Ivan R. Chrun

Wagner Fontes Godoy


José Augusto Fabri

Francisco de Assis Scannavino Junior

Lucas Botoni de Souza

Emanuel Ignacio Garcia

Marta Rúbia Pereira dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318015>

**CAPÍTULO 6 .....77**

AVALIAÇÃO DA PROBABILIDADE DE FALHA DE PÓRTICO PLANO DE AÇO SUJEITO A CARREGAMENTO GRAVITACIONAL E COM FLEXÃO EM TORNO DO EIXO DE MENOR INÉRCIA


Danilo Luiz Santana Mapa  
 Marcilio Sousa da Rocha Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318016>

**CAPÍTULO 7 .....86**

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO ESPAÇO FÍSICO EM ACADEMIAS DE GINÁSTICA E MUSCULAÇÃO NA CIDADE DO RECIFE/PE


Emanoel Silva de Amorim  
 Kássia Benevides Martins Gomes  
 Girlândia de Moraes Sampaio  
 Paula dos Santos Cunha Boumann  
 Diogo Cavalcanti Oliveira  
 José Allef Ferreira Dantas  
 Ana Maria Batista Farias  
 Hugo Leonardo França Silva  
 Thiago Araújo de Menezes  
 Arthur Henrique Neves Baptista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318017>

**CAPÍTULO 8 .....97**

COMPARAÇÃO DO FATOR DE SEGURANÇA UTILIZANDO ENVOLTÓRIAS DE RUPTURA LINEAR E CURVA. CASO DE ESTUDO MEDELLÍN – COLÔMBIA

Eduardo Montoya Botero  
 George Fernandes Azevedo  
 Hernán Eduardo Martinez Carvajal  
 Edwin Fabian Garcia Aristizabal  
 Newton Moreira de Souza


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318018>

**CAPÍTULO 9 ..... 107**

EFEITO DA ADIÇÃO DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE FIBRAS DE COCO A GESSO DE FUNDIÇÃO

Karina Paula Barbosa de Andrade Lima  
 Deborah Grasielly Cipriano da Silva  
 Ana Luíza Xavier Cunha  
 Kyriale Vasconcelos Morant Cavalcanti  
 Felipe Bezerra de Lima  
 Jackson José dos Santos  
 Eyshila Paloma Costa de Brito  
 Lucas Ítalo Santos Gomes  
 Francisco das Chagas da Costa Filho

Fernanda Wanderley Corrêa de Araújo  
 José Dantas Neto  
 Romildo Morant de Holanda  
 Yêda Vieira Póvoas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3592318019>

**CAPÍTULO 10.....121**

**EFEITO DO TRATAMENTO TÉRMICO NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS E NA ESTRUTURA DO AÇO TENAX 300IM**


Carlos Triveño Rios  
 Giselle Primo Samogin  
 Debora Christina Ramos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180110>

**CAPÍTULO 11 ..... 132**

**EFEITO DO ULTRASSOM NA EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS BIOATIVOS EM CHÁS: UMA REVISÃO**


Camila Araújo Costa Lira  
 Kamila de Lima Barbosa  
 Tereza Raquel Pereira Tavares  
 Anayza Teles Ferreira  
 Antonia Ingrid da Silva Monteiro  
 Maria Rayane Matos de Sousa Procópio  
 Marcelo Henrique Raulino Soares Nunes  
 Amanda Caúla Fontenele  
 Izabel Cristina de Almeida Silva  
 Francisca Andressa Rabelo da Silva França  
 Andreson Charles de Freitas Silva  
 José Diogo da Rocha Viana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180111>

**CAPÍTULO 12.....141**

**OS DESAFIOS DO GESTOR DE PRODUÇÃO: UM ESTUDO EM UMA INDÚSTRIA DE PEQUENO PORTE**

Alessandro Dias  
 Maykon Aurélio Alves  
 Natanael Oliveira  
 Mayara dos Santos Amarante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180112>

**CAPÍTULO 13.....161**

**POTENCIAL DE APLICAÇÃO DO RESÍDUO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ**


Marcela Trojahn Nunes  
 Fabiele Schaefer Rodrigues  
 Jocenir Boita

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180113>

**CAPÍTULO 14..... 169**

REPLACEMENT OF CONVENTIONAL VEHICLES WITH ELECTRIC ONES ON THE MACROMETRÓPOLE PAULISTA: ENERGETIC AND ENVIRONMENTAL IMPACTS FOR THE HORIZON OF 2030


Guilherme Pedroso  
João Marcos Pavanelli  
Raiana Schimer Soares  
Célio Bermann

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180114>

**CAPÍTULO 15.....203**

UMA REFLEXÃO SOBRE A IMPORTÂNCIA DA GEOMECÂNICA PARA A ENGENHARIA DE PETRÓLEO


Elias Enes de Oliveira  
Melissa Alves Fernandes  
Geraldo de Souza Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180115>

**CAPÍTULO 16..... 215**

FISSURAÇÃO NO CONCRETO ARMADO: POSSÍVEIS CAUSAS E TÉCNICAS DE RESOLUÇÃO

Amanda Fernandes Pereira da Silva  
Diego Silva Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35923180116>

**SOBRE A ORGANIZADORA .....225****ÍNDICE REMISSIVO.....226**

# POTENCIAL DE APLICAÇÃO DO RESÍDUO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ

*Data de submissão: 17/11/2022*

*Data de aceite: 02/01/2023*

### **Marcela Trojahn Nunes**

Universidade Federal de Santa Maria -  
Campus Cachoeira do Sul, Laboratório  
de Síntese e Caracterização de  
Nanomateriais (LSCNano)  
Cachoeira do Sul – Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/9415805189326573>

### **Fabiele Schaefer Rodrigues**

Universidade Federal de Santa Maria -  
Campus Cachoeira do Sul, Laboratório  
de Síntese e Caracterização de  
Nanomateriais (LSCNano)  
Cachoeira do Sul – Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/0421593776428066>

### **Jocenir Boita**

Universidade Federal de Santa Maria -  
Campus Cachoeira do Sul, Laboratório  
de Síntese e Caracterização de  
Nanomateriais (LSCNano)  
Cachoeira do Sul – Rio Grande do Sul  
<http://lattes.cnpq.br/0256204940447001>

**RESUMO:** A utilização de resíduos agrícolas tem se tornado uma necessidade, devido ao seu alto custo ambiental. Como exemplo disso, temos a cinza de casca de arroz (CCA), produzida pela queima indiscriminada da casca de arroz, bem

como, temos a necessidade de buscar por alternativas de reaproveitamento do resíduo de forma sustentável, seja aplicando em nanomateriais, seja extraíndo o  $\text{SiO}_2$  presente na cinza de casca de arroz. Este estudo aborda o uso de técnicas de caracterização para o resíduo de cinza de casca de arroz, mostrando a qualidade da  $\text{SiO}_2$  presente no resíduo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cinza de casca de arroz;  $\text{SiO}_2$ ; Cristobalita.

### RICE HUSK ASH RESIDUE APPLICATION POTENTIAL

**ABSTRACT:** The use of agricultural waste has become a necessity due to its high environmental cost. As an example of this, we have rice husk ash (RHA), produced by the indiscriminate burning of rice husk, as well as the need to look for alternatives to reuse the waste sustainably, either by applying it to nanomaterials or by extracting  $\text{SiO}_2$  present in rice husk ash. This study addresses the use of characterization techniques for rice husk ash residue, showing the quality of  $\text{SiO}_2$  present in the residue.

**KEYWORDS:** Rice husk ash;  $\text{SiO}_2$ ; Cristobalite.

## 1 | INTRODUÇÃO

O arroz é um dos alimentos mais importantes para a nutrição humana, sendo o segundo cereal mais cultivado no mundo, ocupando uma área aproximada de 168 milhões de hectares, produzindo aproximadamente 741 milhões de toneladas de grãos em casca. O Brasil possui uma produção anual de 11 a 13 milhões de toneladas de arroz com casca nas últimas safras (média de 2008/09 até 2014/15), conforme a SOSBAI (2016).

O grão de arroz consiste da cariopse e da casaca, que é uma camada protetora. A casca é composta de duas folhas modificadas que correspondem a cerca de 20% do peso do grão. Através da secagem, separa-se a casca da cariopse, obtendo-se o arroz integral (JULIANO e BECHTEL, 1985).

A casca de arroz em função do seu alto poder calorífico, aproximadamente 16,720 kJ/kg, e do baixo custo, é utilizada como alternativa a substituição da lenha empregada na geração de calor e vapor necessários para os processos de secagem e parboilização dos grãos de arroz na própria indústria (DELLA et al., 2001). Após a queima da casca de arroz, temos como resultado a cinza da casca (CCA), gerada nesse processo, por sua vez, quando descartada de maneira imprópria promove a poluição no solo, pois apresenta uma quantidade de carbono residual, além da concentração de óxidos alcalinizantes, como por exemplo, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, e outros, os quais, ao entrar em contato com a água, alcalinizam o meio aquoso (ZUCCO, 2007).

Segundo Zucco e Beraldo (2008), o aproveitamento de resíduos agrícolas mostra-se primordial em função do alto custo ambiental proveniente do seu inadequado descarte na natureza. Desta maneira, a cinza de casca de arroz produzida pela sua queima indiscriminada tornou-se preocupante em virtude do grande volume produzido anualmente. As pesquisas envolvendo a obtenção de materiais para a construção civil, empregando a CCA na aplicação industrial e o uso na construção civil (concreto e argamassa), revelam que a cinza deve ser de alta qualidade, com elevado grau de pureza, principalmente, pela exigência de que apresente elevada reatividade química. Uma vez que, segundo Isaia et al. (2016), o teor de sílica da CCA, quase sempre acima de 90 %, quando queimada com controle de temperatura conferindo-lhe uma microestrutura amorfa. Contudo, estima-se que a maior parte da produção de CCA tenha aplicações secundárias devido à queima sem controle de temperatura, o que resulta em um grau de cristalinidade, possuindo menor reatividade.

Assim, em 1924 o uso da CCA em concreto foi patenteado. A partir daí, surgiram diversas pesquisas com o uso da CCA em matrizes cimentícias, tanto para cinzas produzidas com queima controlada, quanto aquela à base de cinza de casca de arroz residual (NAIR et al., 2006).

A utilização da CCA pode melhorar as propriedades do concreto, além de viabilizar um destino sustentável a rejeitos que geralmente seriam descartados no meio ambiente

ou em aterros industriais. Neste mesmo cenário temos a necessidade da substituição de alguns componentes nos concretos, como o cimento e o seus agregados devido ao seu elevado custo e escassez dos componentes na natureza, podendo esta substituição ser realizada através do aproveitamento de resíduos. Onde o uso desses rejeitos pode melhorar as propriedades do concreto.

Conforme Schulz (2013), são considerados nanomateriais todos aqueles constituídos por partículas ou aglomerados delas com tamanho que apresente entre 1 e 100 nm. Assim, é importante ressaltar que a nanotecnologia, ou seja, uma tecnologia que manipula de maneira controlada a matéria nessa escala relaciona-se diretamente apenas aos nanomateriais manufaturados, projetados para ter características de interesse na escala de nanômetros. Além disso, as nanopartículas (NPs) podem ser obtidas através de diferentes componentes químicos, com destaque para os óxidos de zinco, manganês e titânio, contudo a utilização dos óxidos de ferro apresenta vantagens, como facilidade de síntese, magnetismo, baixa toxicidade, biocompatibilidade, alta capacidade de adsorção e baixo custo (HUA et al., 2012; XU et al., 2012).

O trabalho tem como objetivo obter resultados que possibilitem o uso de resíduos em aplicações tecnológicas, seja em catálise, engenharias e também como material suporte para nanopartículas diversas.

## **2 | MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Resíduo de cinza de casca de arroz**

O resíduo de cinza de casca de arroz é adquirido em empresas que beneficiam arroz, onde após a queima descontrolada da casca do arroz, gerando a cinza de casca de arroz. Após a coleta da cinza de casca de arroz, este resíduo passa por uma separação através de peneiras passante 200 mesh. É realizado um tratamento térmico de 100°C durante 30 minutos para eliminar o excesso de água contida na cinza de casca de arroz. Na figura 1 temos a imagem da cinza de casca de arroz após o tratamento térmico.



Figura 1 – Resíduo de cinza de casca de arroz.

Fonte: Autor.

## 2.2 Difração de Raios X (XRD)

A técnica de difração de raios X consiste na medida microestrutural de materiais, cristalinos e amorfos, podendo em alguns casos, medir na fase líquida. As aplicações são vastas em diferentes áreas de conhecimento, como, por exemplo, na engenharia, ciência de materiais, química, física, entre outras, (BOITA, 2014).

Conforme Zachariasen (1945), considerando o ponto de vista da física ondulatória, os raios X, ao atingirem o material, podem ser espalhados elasticamente pelos elétrons de um átomo (dispersão ou espalhamento coerente). O fóton de raios X após a colisão com o elétron muda sua trajetória, contudo mantém sua fase e energia, podendo assim dizer que a onda eletromagnética é instantaneamente absorvida pelo elétron e retroespalhada, onde cada elétron atua como centro de emissão de raios X.

Assim, a intensidade difratada depende principalmente do número de elétrons no átomo, bem como da distribuição dos átomos no espaço, pois os vários planos de uma estrutura cristalina apresentam diferentes densidades de átomos ou elétrons, fazendo com que as intensidades difratadas sejam distintas para os diferentes planos cristalinos originados, segundo Boita (2014).

Deste modo, o XRD permite obter informações sobre a estrutura cristalina ou amorfa dos materiais, geralmente na fase sólida. As medidas foram realizadas em um Mini Flex da marca Rigaku, na faixa de  $5^\circ$  -  $100^\circ$ , com ânodo de Cu K $\alpha$  (17.5 mA, 40 kV e  $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$ ). Os picos de difração foram indexados usando o software Crystallographica Search-Match (version 2.1.1.1) e a base de dados cristalográficos ICDD, The International Centre for Diffraction Data.

## 2.3 Espectroscopia de Fotoelétrons Induzidos por Raios X (XPS)

Baseada no efeito fotoelétrico, elucidado por Albert Einstein em 1905, temos



a técnica de Espectroscopia de Fotoelétrons Induzidos por Raios X (XPS). Esse efeito está relacionado à emissão de fotoelétrons de uma superfície após a absorção de fótons (fotoemissão), conforme Hofmann (2005) e Watts e Wolstenholme (2003).

A Espectroscopia de Fotoelétrons Induzidos por Raios X consiste na incidência de fótons de raios X com energia bem definida sobre a superfície, os quais interagem com os elétrons da amostra, transferindo-lhes energia. Salienta-se que a energia do fóton incidente deve ser maior do que a energia de ligação do elétron ao átomo, fazendo com que ele seja emitido com certa energia cinética.

Como resultado, o espectro obtido pelo XPS é representado por um número de contagens em função da energia cinética dos fotoelétrons, podendo ser alterada para energia de ligação. Este processo permite a identificação dos elementos presentes a partir da posição dos picos, possibilitando, ainda, uma varredura na região de um pico de interesse, mostrando o estado químico de um determinado elemento (WATTS e WOLSTENHOLME, 2003).

A identificação dos picos originados no XPS de acordo com o nível quântico do fotoelétron de origem deve ser realizada com o auxílio de um banco de dados, de acordo com Moulder et al. (1992).

A Espectroscopia de Fotoelétrons Induzidos por Raios X (XPS) foi medida no Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) do CNPEM em Campinas - SP. As medidas foram feitas no modo convencional, em modelo K- Alpha (Thermo Scientific) com energia de 100 - 4000 eV, com sistema de compensação de carga. Para fins de tratamento de dados, os espectros foram corrigidos com base no pico do C 1s (284,5 eV), com precisão experimental de 0,1 eV e medidos com energia de 1486,6 eV através de ânodo de AlK $\alpha$ . O tratamento de dados foi realizado com uso do software CASA XPS, versão 2.3.14 e ajustados com uma função soma Gaussiana - Lorentziana assimétrica (20 % de contribuição).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O difratograma apresentado na figura 2 corresponde ao resíduo da cinza de casca de arroz, que corresponde à fase Cristobalita (SiO<sub>2</sub>), de acordo com a base de dados cristalográfica. A presença da única estrutura relacionada ao SiO<sub>2</sub>, é resultado da presença de Si na casca do arroz cerca de 90 %, o que mesmo após a sua queima não ocorre sua degradação ou mudança de fase.

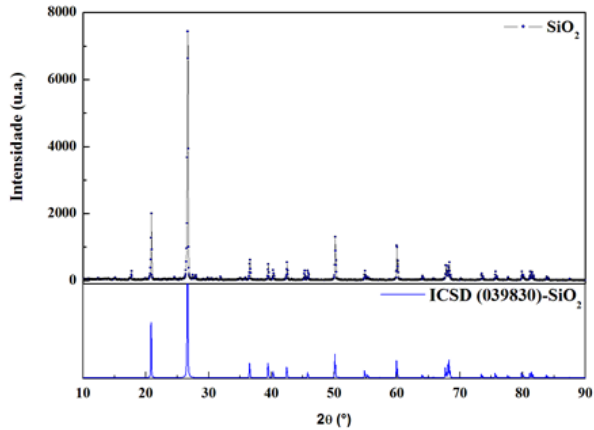


Figura 2 – Difração de raios X do resíduo de cinza de casca de arroz junto da medida padrão fornecida pela base de dados ICSD.

Fonte: Autor.

A cristalinidade encontrada no resíduo de cinza de casca de arroz surpreende, pois sem haver tratamento térmico considerável acima de 100°C, já se encontra em uma excelente cristalinidade. Isso pode vir a potencializar suas aplicações tecnológicas.

A análise de espectroscopia de fotoelétrons induzidos por raios (XPS) correspondeu a medidas na região de ampla energia, e na região local do Si 2p para o resíduo de cinza de casca arroz mostrado na figura 3. A medida na região local apresenta apenas uma componente com energia de ligação em 103,5 eV, posição em energia correspondente ao padrão de SiO<sub>2</sub> encontrada na literatura (Craciun et al., 1995), relacionada a ligações Si-O. Este resultado de XPS está correlacionado com o resultado de XRD.

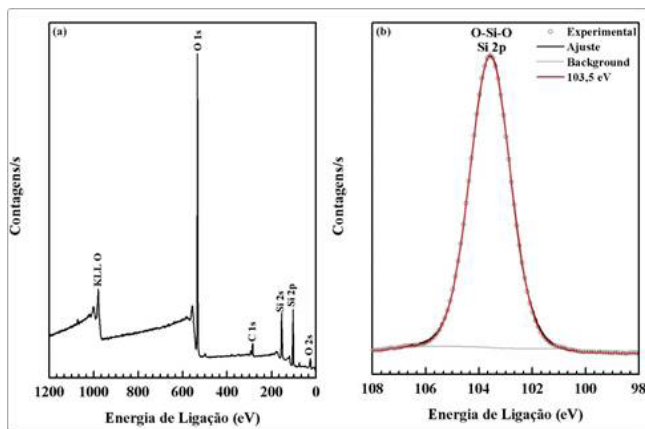


Figura 3 – Espectro de XPS do resíduo de cinza de casca de arroz em (a) em ampla energia e (b) varredura local Si 2p.

Fonte: Autor.

Em ambos os resultados das técnicas de caracterização XRD e XPS, mostram uma medida limpa com qualidade sinal/ruído excelente, mostrando a qualidade do composto encontrado no resíduo de cinza de casca arroz. As aplicações do composto SiO<sub>2</sub> são inúmeras, e cada vez mais se expande, principalmente na eletrônica.

## 4 | CONCLUSÕES

Os resultados de XRD e XPS se relacionam entre si, descrevendo a mesma linguagem em termos de resultados, mostrando que o resíduo possui apenas a fase de SiO<sub>2</sub>, sem a presença de outras impurezas junto do resíduo. Para a medida de XRD a fase corresponde a Cristobalita, e no XPS, possuem ligações do tipo Si-O, o que reforça o resultado de XRD. Estes resultados evidenciam potenciais aplicações com o uso de resíduo de cinza de casca de arroz, seja como material suporte para nanoestruturas diversas, ou o SiO<sub>2</sub> de forma extraída do resíduo a partir de tratamento químico, para aplicações em meios industriais, como na indústria de pneus, creme dental, vidros e principalmente em sistemas que empregam a areia como agregado, sendo o caso da área de construção civil. Este último requer mais estudos quanto à substituição do mesmo em aplicações tecnológicas que envolvem o uso de areia convencional.

## AGRADECIMENTOS

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Processo 403838/2016-9.

## REFERÊNCIAS

CRACIUM, V., READER, A. H., Vandenhoudt, D. E. W., Best, S. P., Hutton, R. S., Andrei, A. & Boyd, I. W. **Thin Solid Films** **255**, 1995, p.290-294.

DELLA VP, KÜHN I, HOTZA D. Caracterização de cinza de casca de arroz para uso como matéria-prima na fabricação de refratários de sílica. **Química Nova**. 2001;24(6):778-782.

HOFMANN, P. **Lecture notes on surface science**. 5. ed. Arhus: Springer, 2005, 192 p

HUA M, ZHANG S, PAN B, ZHANG W, LV L, ZHANG Q. Heavy metal removal from water/wastewater by nanosized metal oxides: A review. **Journal of Hazardous Materials**. 2012;211-212:317-331.

ISAIA GC, ZERBINO RL, GASTALDINI ALG, SENSALÉ GR. Viabilidade do emprego de cinza de casca de arroz natural em concreto estrutural (parte II): durabilidade. **Ambiente Construído**. 2017;17(2):233-252.

JULIANO BO, BECHTEL DB. The rice grain and its gross composition. **Rice: chemistry and technology**. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1985.

MOULDER, J. F.; STICKLE, W. F.; SOBOL, P. E.; BOMBEN, K. D. Chastian, J. ed. **Handbook of X-Ray Photoelectron Spectroscopy**. Eden Prairie: Perkin-Elmer Corporation. 1992, 275 p.

NAIR DG, JAGADISH KS, FRAAIJ A. Reactive pozzolanas from rice husk ash: an alternative to cement for rural housing. **Cement and Concrete Research**. 2006;36(6):1062-1071.

SCHULZ PA. Nanomaterials and the interface between nanotechnology and environment. **Vigilância Sanitária em Debate**. 2013;1(4):53-58.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO – SOSBAI. Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado. **Arroz irrigado**: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. Pelotas: SOSBAI, 2016.

XU P, ZENG GM, HUANG DL, FENG CL, HU S, ZHAO MH, LAI C, WEI Z, HUANG C, XIE GX, LIU ZF. Use of iron oxide nanomaterials in wastewater treatment: A review. **Science of the Total Environment**. 2012;424:1-10.

WATTS, J. F.; WOLSTENHOLME, J. **An introduction to surface analysis by XPS and AES**. John Wiley & Sons, 2003, 207 p.

ZUCCO, L. L. **Avaliação do comportamento físico-químico-mecânico de misturas cimento-cinza casca de arroz por meio de corpos-de-prova cilíndricos e placas prensadas**[thesis]. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola/Universidade Estadual de Campinas; 2007. 381 p.

ZUCCO LL, BERALDO AL. Efeito da adição de cinza de casca de arroz em misturas cimento-casca de arroz. **Engenharia Agrícola**. 2008; 28(2):217-226.

**A**

Acessibilidade arquitetônica 87

Aço ferramenta 121, 124, 128, 129

Análise avançada 77, 84, 85

Artificial intelligence 57, 58, 59, 60, 65, 66, 68, 73, 74, 76

Autonomous vehicle 58, 59

Avaliação pós ocupação 87

**B**

Borra oleosa 39, 40, 41, 42, 46, 47, 53

**C**

Chuvas 98

Cinza de casca de arroz 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168

CO<sub>2</sub> emissions 169, 172, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 183, 185, 188, 189, 190, 191, 194, 195, 196, 197

Competitividade 2, 141, 142, 150, 198

Cristobalita 161, 165, 167

**D**

Desafios 38, 141, 142, 143, 146, 147, 148, 151, 156, 158, 159, 204, 205

Desenvolvimento 2, 6, 7, 20, 30, 31, 37, 39, 43, 54, 87, 88, 95, 105, 120, 141, 142, 145, 147, 148, 159, 167, 198, 205, 206, 213

**E**

Eixo de menor inércia 77, 79, 81, 83, 84, 85

Electric vehicle 169, 171, 179, 200, 201

Empresa 1, 2, 39, 41, 46, 47, 48, 52, 53, 109, 123, 141, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 201

Energy consumption 169, 170, 174, 181, 182, 185, 188, 189, 190, 191, 192, 195

Engenharia 6, 8, 9, 12, 13, 20, 21, 22, 24, 29, 30, 31, 38, 54, 57, 85, 86, 87, 96, 106, 118, 119, 120, 121, 130, 132, 141, 142, 143, 144, 146, 157, 164, 168, 203, 204, 205, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 219, 224, 225

Engenharia de Petróleo 203, 204, 205, 209, 210, 212, 213, 214

Ensino em engenharia 30

Envoltória curva 97, 98, 104

Equações diferenciais ordinárias 30

Ergonomia 87, 88, 90, 91, 93, 95, 96

Escorregamentos 97, 98, 99, 100

Extração de fitoquímicos 133

## F

Fator de segurança 12, 97, 98, 99, 102, 105

Fibra natural 108, 110

Fissuras 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224

## G

Geomecânica 101, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214

Gesso de fundição 107, 108, 110, 113, 115, 117

Gestão 1, 2, 3, 4, 38, 86, 119, 120, 141, 144, 146, 147, 148, 151, 152, 155, 156, 157, 158, 159

## I

Impacto 14, 15, 17, 49, 121, 122, 123, 127, 128, 129, 141, 142, 150

Índice de confiabilidade 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 26, 27, 79, 80, 84

Interdisciplinaridade 30, 37, 38

## M

Macrometrópole Paulista 169, 172, 176, 197, 199

Matriz curricular 203, 209, 210

Mecânica das rochas 203, 204, 206, 208, 209, 210, 211

Método AHP 39, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 53, 54

Método Monte Carlo 5, 10

Modos de falha 5, 8, 18

## P

Patologias 215, 216, 217, 218, 219, 223, 224

Polifenóis 133, 134, 136, 138, 139

Pórtico de aço 77

Precision agriculture 58, 65

Probabilidade de falha 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 77, 79, 80, 83, 84

Processos empresariais 1

## Q

Qualidade 1, 2, 3, 4, 86, 87, 88, 89, 93, 95, 96, 122, 133, 134, 139, 144, 146, 148, 152, 154, 161, 162, 167, 218

**R**

Resíduos sólidos 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 53, 54, 55, 120

Resistência dos materiais 8, 9, 30, 31, 38

Resistência mecânica 108, 116, 117

**S**

SiO<sub>2</sub> 161, 165, 166, 167

Superfície de estado limite 5, 7

**T**

Tecnologias para o tratamento de borra oleosa 39

Tenacidade 121, 122, 128, 130

TENAX 300IM 121, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 129

**U**

Unmanned aerial vehicle 58

Urban transport 169, 170, 198

# ENGENHARIAS:

Pesquisa, desenvolvimento e inovação 3



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

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 @atenaeditora

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)



# ENGENHARIA- RIAS:

Pesquisa, desenvolvimento  
e inovação 3



-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)