

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2020

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª 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. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 O desenvolvimento sustentável na engenharia civil 2 /
Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João
Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-614-0

DOI 10.22533/at.ed.140202511

1. Engenharia civil. 2. Desenvolvimento sustentável. I.
Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João
(Organizador). III. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

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.

APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido 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.

Para isso o mesmo traz temas correlacionados a engenharia civil, apresentando estudos sobre os solos e, bem como de construções e patologias, estando diretamente ligadas ao impacto ambiental causado e ao reaproveitamento dos resíduos da construção.

Destaca-se ainda a abordagem sob meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do estudo aprofundado sob eficiência energética em construções.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO AUTOMATIZADO EM INDÚSTRIA ESPECIALIZADA NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS E PISOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO

Andrezzo Julio Dantas Nascimento

Daniel de Jesus Lopes

João Luiz Cardeal Craveiro

Magno Santos Batista

DOI 10.22533/at.ed.1402025111

CAPÍTULO 2..... 14

AGREGADO MIÚDO PROVENIENTE DO RIO DOCE E SUA INFLUÊNCIA NA DURABILIDADE, RESISTÊNCIA E CARBONATAÇÃO DO CONCRETO

Luan Rangel dos Santos

Claudinei Antônio Montebeller

Lucas Soares Milanezi

Adriana Zamprogno

DOI 10.22533/at.ed.1402025112

CAPÍTULO 3..... 30

ANÁLISE DA ACELERAÇÃO DO RECALQUE DE UM ATERRO SOBRE SOLO MOLE

Talita Menegaz

Gisele Marilha Pereira Reginatto

Narayana Saniele Massocco

Rafael Augusto dos Reis Higashi

Thaís Ventura Chibiaqui

DOI 10.22533/at.ed.1402025113

CAPÍTULO 4..... 44

ANÁLISE DE RECALQUES EM ESTACAS ESCAVADAS EQUIPADAS COM O SISTEMA *EXPANDER BODY*

Fernando Feitosa Monteiro

Renato Pinto da Cunha

Carlos Medeiros Silva

Marcos Fábio Porto de Aguiar

DOI 10.22533/at.ed.1402025114

CAPÍTULO 5..... 55

ANÁLISE DE RISCO A ESCORREGAMENTO NA VILA COQUEIRAL REGIÃO NOROESTE DE BELO HORIZONTE

Charline Tarcilia Ferreira dos Santos

Lorrany Magescki Faria

Magno André de Oliveira

Eduarda Moreira Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.1402025115

CAPÍTULO 6.....	74
UTILIZAÇÃO DE BARREIRAS VERTICAIS NA REMEDIAÇÃO AMBIENTAL	
Luciana Regina Cajaseiras de Gusmão	
José Fernando Thomé Jucá	
Karla Salvagni Heineck	
DOI 10.22533/at.ed.1402025116	
CAPÍTULO 7.....	87
ESTUDO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO EM ALTAS TEMPERATURAS UTILIZANDO CINZA DA QUEIMA DE MADEIRA	
Marlon Hable	
Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.1402025117	
CAPÍTULO 8.....	106
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO COM USO DA VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO	
Kleber Marcelo Braz Carvalho	
José Renato de Castro Pessoa	
DOI 10.22533/at.ed.1402025118	
CAPÍTULO 9.....	121
ANÁLISE TENSÃO-DEFORMAÇÃO POR MEIO DO SOFTWARE PLAXIS 2D EM ESTACA HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA	
Arthur Duarte Dias	
Renato Pinto da Cunha	
Moises Antônio da Costa Lemos	
Gabriela de Athayde Duboc Bahia	
DOI 10.22533/at.ed.1402025119	
CAPÍTULO 10.....	133
UMA REVISÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Alex Gomes Pereira	
Benício de Moraes Lacerda	
Cristiano da Silva Vieira	
Emerson Diniz Viriato	
DOI 10.22533/at.ed.14020251110	
CAPÍTULO 11.....	147
ESTUDO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE RIO VERDE, GO	
Marcel Sousa Marques	
Adriana Antunes Lopes	
Camila Ribeiro Rodrigues	
Katianne Lopes de Paiva	
Marcelo Mendes Pedroza	

Danielma Silva Maia
Enicléia Nunes de Sousa Barros
Daniel Rodrigues Campos
DOI 10.22533/at.ed.14020251111

CAPÍTULO 12..... 153

EVOLUÇÃO DA DIRETIVA EUROPEIA RELATIVA AO DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS, O SUCESSO DE APLICAÇÃO PORTUGUÊS E OS DESAFIOS DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM EM EDIFICAÇÕES

Jaime Francisco de Sousa Resende
Andrea Lucia Teixeira Charbel
Teresa Cristina Nogueira Bessa Assunção

DOI 10.22533/at.ed.14020251112

CAPÍTULO 13..... 164

DESEMPENHO COMERCIAL DE EDIFÍCIOS CORPORATIVOS COM SELO AMBIENTAL NA REGIÃO DO PORTO MARAVILHA – RJ

Gustavo Ezequiel Andrés

DOI 10.22533/at.ed.14020251113

SOBRE OS ORGANIZADORES 178

ÍNDICE REMISSIVO..... 179

UMA REVISÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Data de aceite: 16/11/2020

Alex Gomes Pereira

Centro Universitário São Lucas
Porto Velho, Rondônia
ID Lattes: 1676454293636622

Benício de Moraes Lacerda

Faculdade de Educação e Cultura de Porto
Velho
Porto Velho, Rondônia
ID Lattes: 4051930204722663

Cristiano da Silva Vieira

Centro Universitário São Lucas
Porto Velho, Rondônia

Emerson Diniz Viriato

Engenheiro Civil
Porto Velho, Rondônia
ID Lattes: 9260926541995793

RESUMO: Nos últimos anos, a ocorrência prematura da perda das características funcionais e estruturais das edificações, bem como consideráveis impactos ambientais devido ao processo produtivo do cimento levou ao desenvolvimento e adoção de materiais suplementares à composição do cimento Portland para aumentar a vida de serviço das estruturas e redução de impactos ambientais. Nesta temática, as pesquisas com o uso da cinza de casca de arroz (CCA) em argamassas e concretos (substituindo parcialmente o cimento Portland) vêm crescendo, gerando dessa forma grandes vantagens no campo técnico e ambiental. Diante

disso, o presente trabalho apresenta um revisão sobre a utilização do resíduo agro-industrial de CCA na construção civil. A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma revisão bibliográfica sistemática a respeito do assunto, passando por uma abordagem geral, apresentando a origem, dados estatísticos, aplicações e características tecnológicas sobre o tema.

PALAVRAS-CHAVE: Cinza de casca de arroz; Construção civil; Resíduo.

ABSTRACT: In recent years, the increase in the consumption of Portland cement in the civil construction sector as well as the considerable increase in environmental impacts from the cement production process has led to the development and adoption of additional materials to the Portland cement composition to minimize environmental degradation. In this theme, research on the use of rice husk ash (RRA) in mortars and concretes (partially replacing Portland cement) has been growing, thus generating great advantages in the technical and environmental field. Therefore, this article presents a review on the use of agro-industrial RRA residue in civil construction. The work was developed from a systematic literature review on the subject, going through a general approach, presenting the origin, statistical data and applications and technological characteristic on the subject.

KEYWORDS: Rice husk ash; Civil construction; Residue.

1 | INTRODUÇÃO

Recentemente, em muitos países,

são empregados resíduos industriais como forma de agregar valor à execução, recuperação e manutenção de obras de concreto, já que estas representam técnicas sustentáveis e alternativas economicamente viáveis.

À vista disso, objetivando a redução de custos e manutenção e, ainda, minimizar a exploração dos materiais não renováveis normalmente usados nessas estruturas, a literatura cita vários tipos de resíduos, provenientes de processos industriais, que têm sido usados na construção civil em substituição aos usuais materiais. Resíduos como as cinzas de milho, resíduos de biomassa da cana de açúcar, resíduos de fosfogesso, resíduos de madeira, resíduos de construção e demolição (RCD) e resíduo de vidro moído têm sido utilizados em concretos e argamassas para substituição parcial de cimento (MEMON e KHAN, 2018; ANJOS et al., 2013; CHEN et al., 2018; USMAN et al., 2018; TRENTIN et al., 2020), e recentemente, o emprego da cinza de casca de arroz (CCA).

Esse trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre o emprego do CCA na construção civil.

2 | A CULTURA DO ARROZ

Conforme a Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI, 2016), o arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos alimentos mais importantes para nutrição humana, sendo base alimentar de 3 bilhões de pessoas no mundo.

Em termos de produção mundial, o continente asiático se caracteriza como o maior produto de arroz do mundo, sendo responsável por 90% do total da produção do arroz no mundo (VIGNESHWARI, ARUNACHALAM e ANGAYARKANNI, 2018). Segundo os dados da *Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database* - FAOSTAT, em 2016, o Brasil era o segundo maior produtor mundial de soja; o terceiro maior produtor de milho; e o nono maior produtor mundial de arroz, produzindo mais de 12 milhões de toneladas de arroz na safra 2016/2017. Nacionalmente, o arroz ocupa a terceira posição, em volume produzido, ficando atrás apenas das culturas da soja e do milho (CONAB, 2015; CONAB, 2017). A Tabela 1 apresenta os principais produtores de arroz do mundo.

Ranking	Produção (toneladas)
China	212.129.000
Índia	172.580.000
Indonésia	83.037.000
Bangladesh	56.417.319
Vietnã	44.046.250
Tailândia	32.192.087
Myanmar	25.418.142
Filipinas	19.066.094
Brasil	11.749.192
Paquistão	10.802.949

Tabela 1 – Principais produtores de arroz

Fonte: Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018).

2.1 Cinza de casca de arroz na construção civil

Segundo Calheiro et al. (2016), a CCA é um resíduo sólido resultante da combustão da casca de arroz (CA) utilizada como combustível para a geração de energia (Figura 1 e 2).

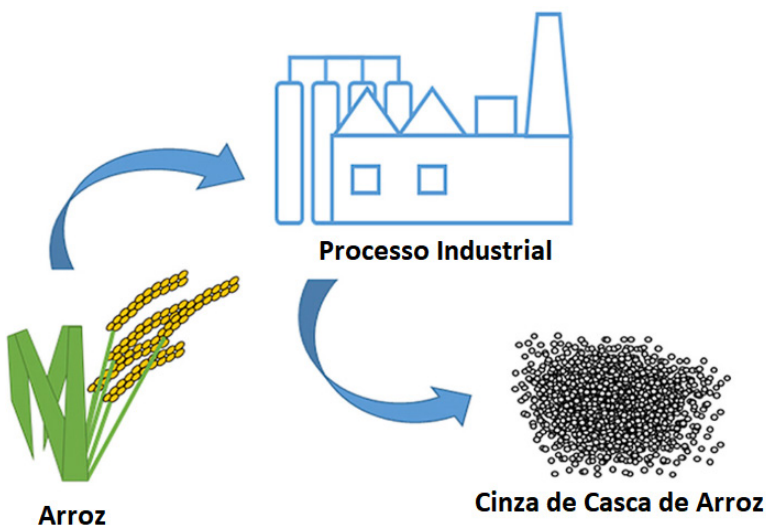


Figura 1 - Processo de produção da CCA

Fonte: Adaptado de Vidal, Araujo e Freitas (2018).



Figura 2 - a) Cascas de arroz; (b) Cinza da casca de arroz

Fonte: Glushankova et al. (2018).

Como resultado são geradas milhares de toneladas de CCA, o que prejudica o seu gerenciamento, pois demanda muito espaço para o devido ao acúmulo e descarte (CALHEIRO et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2015). A Figura 3 e 4 ilustram o descarte incorreto do resíduo industrial de CCA.



Figura 3 – Depósito de CCA a céu aberto

Fonte: Pouey (2006).



Figura 4 – Depósito de CCA ao longo da estrada

Fonte: Santos (1997).

Historicamente, a utilização de CCA em concreto tem como um precursor Beagle, que em 1924, introduziu pela primeira vez o arroz nesse tipo de formulação. As décadas de 1940 e 1950, internacionalmente marcadas pelo desenvolvimento de diversos trabalhos, incluindo as primeiras pesquisas de blocos confeccionados com cimento Portland e CCA. Em 1973, Metha desenvolve diferentes trabalhos sobre o efeito da queima na atividade pozolânica, o qual, mais tarde, serviu para o desenvolvimento do estudo sobre a compreensão do grau de pozolanicidade das CCA, conforme a temperatura de queima (TIBONI, 2007).

Os anos seguintes foram caracterizados pela consolidação da utilização das CCA em diversas partes do mundo. De modo geral, a literatura cita vários tipos de trabalhos, entres esses estudos, destacam-se: a substituição de cimento Portland por CCA em concreto massa, utilização de CCA em trabalhos de alvenaria e fundações, primeiro Workshop sobre o CCA, estudo da fluência e retração de concretos de cimento Portland com a adição de CCA, produção e emprego de CCA como material cimentício, efeito da queima e moagem nas propriedades de argamassa, morfologia e características químicas e físicas da CCA, hidratação e microestruturas de pastas de cimento produzidas com diferentes CCA e patente relativa aos produtos altamente duráveis com cinzas, com o emprego de 5 a 30% de CCA substituindo o cimento (TIBONI, 2007; SILVA, 2009).

No Brasil, os primeiros estudos desenvolvidos com CCA foram realizados por Isaia (1995), Gava (1999), Isaia (2005), Pouey (2006) e Metha e Monteiro (2008). A Tabela 2 sumariza os principais trabalhos realizados ao longo dos anos sobre CCA.

Ano	Local	Autor(es)	Trabalho(s)
1924	Alemanha	Beagle	Utilização de CA no concreto
1940 e 1950	-	Diversos	Blocos confeccionados com cimento Portland e cinza e casca de arroz
1973	Bélgica	Metha	Primeira patente no assunto
1976	-	Pitt	Controle de combustão em leito fluidizado
1978	Índia	Metha e Pirtz	Substituição de cimento Portland por CCA em concreto massa
1979	Índia	Prakash	Utilização de CCA em trabalhos de alvenaria e fundações
1979	Paquistão	-	Primeiro Workshop sobre o assunto
1981	Ásia	Cook	Estudo da fluência e retração de concretos de cimento Portland com a adição de CCA
1982	Japão	-	Produção e emprego de CCA como material cimentício

1984	Israel	Hana Yousif	Efeito da queima e moagem nas propriedades de argamassa
1986	Índia	James e Rao	Morfologia e características químicas e físicas da CCA
1989	Tailândia	Hwang e Wu	Hidratação e microestrutura de pastas de cimento produzidas com diferentes CCA
1994	Estados Unidos	Metha	Patente relativa a produtos altamente duráveis com cinzas, com o emprego de 5 a 30% de CCA substituindo o cimento
1995	Brasil	Isaia	Efeito de misturas binárias e ternárias de pozolanas em concreto de alto desempenho
1999	Brasil	Gava	Estudo comparativo de diferentes metodologias para avaliação da atividade pozolânica
2001	Espanha	Paya	Determinação da sílica amorfa na CCA por um rápido método analítico
2005	Brasil	Isaia	Cinza de casca de Arroz in: Concreto, Ensino, Pesquisa e Realizações
2006	Brasil	Pouey	Beneficiamento da CCA residual com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico
2008	Brasil	Metha e Monteiro	Cinza de casca de arroz in: Concreto, Microestrutura, Propriedades e Materiais

Tabela 2 – Estrutura cronológica do conhecimento sobre CCA

Fonte: Silva (2009).

Embora as primeiras aplicações no Brasil datem da década de 90, somente no início do ano de 2000 é que ocorreu um maior interesse para sua utilização, devido ao grande volume de resíduos sólidos gerado, principalmente no sul do país.

Sua recente aplicação em composições de concretos e argamassas se dá em função de ser uma matéria-prima barata, abundante e origem renovável. Além dessas características, outras vantagens são a existência de compostos nobres nos resíduos de arroz, como por exemplo, a sílica, que podem trazer enormes benefícios aos processos industriais do concreto e outros tipos de materiais (PRASARA-A e GHEEWALA, 2017). E ainda, Moraes et al. (2010) destacam as composições de cimento contendo sílica, em relação à pasta de cimento Portland sem adições, tende a exibir uma microestrutura mais densa, menos heterogênea e mais compacta, e com menor proporção de vazios desenvolvidos. A reação da sílica com o hidróxido de cálcio formado na hidratação do cimento gera um composto resistente de silicato de cálcio hidratado. Esse composto tende a preencher os grandes vazios capilares, com excelentes características de aderência, diferentes e até melhores que o silicato

de cálcio hidratado obtido com a hidratação do cimento Portland.

Neste contexto, observa-se o desenvolvimento de diferentes pesquisas com a utilização do CCA em formulações de concreto e argamassa (HABEEB e MAHMUD, 2010; ZAIN et al., 2011; VAN et al., 2013; SALAZAR-CARRENO, GARCIA-CACERES e ORTIZ-RODRIGUEZ, 2015; PARK, KWON e WANG, 2016; VIGNESHWARI, ARUNACHALAM e ANGAYARKANNI, 2018; SHARMA e SHARMA, 2018; HU, HE e ZHANG, 2020). No Brasil, a literatura baila as pesquisas desenvolvidas em Santa Catarina, São Paulo e Rio Grande do Sul (TIBONI, 2007).

Nos estudos desenvolvidos no Rio Grande do Sul, destaca-se os realizados pelo Grupo de Pesquisa em Materiais e Reciclagem (GMAT) e Núcleo de Caracterização de Materiais (NucMat), ambos da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). Dentre os materiais estudados têm-se CCA, cuja experiência é descrita nos parágrafos seguintes.

Kieling et al. (2009) investigaram a influência da adição de cinza de casca de arroz na aderência de argamassas de revestimento. No estudo apresentado foram preparadas argamassas com 0%, 5% e 10% de CCA em substituição ao cimento em volume. As composições foram submetidas aos ensaios de resistência de aderência à tração. Os resultados obtidos indicaram que a argamassa com 5% de CCA apresenta uma menor quantidade de vazios na interface entre os agregados.

Moraes et al. (2010) analisaram a viabilidade técnica e ambiental da incorporação de resíduos de CCA em revestimentos de argamassa. As amostras foram analisadas quanto à resistência mecânica por meio dos ensaios de resistência de aderência à tração. Além disso, as argamassas foram avaliadas em função da análise do ciclo de vida (ACV). Como resultado, os autores observaram que as misturas compostas com CCA apresentaram resultados superiores em relação aquelas confeccionadas com material convencional.

Wilbert, Kazmierczak e Kulakowski (2017), analisaram a interface entre agregados reciclados de concreto e argamassas de concretos com CCA e fíler basáltico por nanoindentação. Em linhas gerais, os resultados demonstraram que a utilização de CCA aumenta a dureza da região de interface entre os agregados.

Estudos desenvolvidos por Guillante et al. (2019), avaliaram o efeito sinérgico da CCA e do resíduo de cerâmica vermelha (RCV) na mitigação da reação álcali agregado. As composições foram submetidas aos ensaios de resistência à compressão e ensaio acelerado de reação álcali agregado (RAA). Os resultados de ensaio acelerado de RAA mostraram que a CCA é prejudicial para a RAA, mesmo quando aplicada com agregado não reativo. Enquanto o RCV mostrou-se ser capaz de aliviar a RAA, mesmo quando empregado em conjunto com a CCA. No estudo da resistência à compressão, a CCA pode compensar uma pequena perda de resistência associada ao uso de RCV.

Cecconello et al. (2019) investigaram a retração e porosidade em concretos produzidos com agregado reciclado de concreto (ARC) e CCA. Os autores estudaram a inclusão de 25 e 50% de ARC graúdo, e 10 e 20% de CCA em substituição ao cimento. Os concretos foram avaliados quanto a absorção e água capilar e total, bem como a porosidade e retração. A partir dos resultados, os autores verificaram um efeito significativo da interação entre ARC e CCA.

2.2 Características

Nos estudos realizados no Brasil, observa-se que a maioria dos trabalhos que estudam a CCA na construção civil mostram que grande parte dessas cinzas apresentaram características pozolânicas gerada de sua estrutura química amorfa e de sua alta concentração de sílica, entre 74% e 97% (SILVA, 2009; MORAES et al., 2010). Devido ao seu alto teor de óxido de silício, a CCA é utilizada passa a ser uma alternativa para diversas aplicações industriais, em especial na área da construção civil, como mineral pozolânico para argamassas, concretos, ou como material estabilizante de solos para obras rodoviárias.

Neste sentido, Nascimento et al. (2015) estudaram a caracterização físico-química da cinza de casca de arroz proveniente do processo termelétrico do sul de Santa Catarina. Em seu estudo, foi utilizado uma CCA fornecida por uma cooperativa de arroz da região sul de Santa Catarina. No estudo, os autores avaliaram as propriedades químicas por meio da técnica de espectrometria de fluorescência de raios-x (FRX), usando o equipamento espectrômetro PHILIPS, modelo PW 2400, com tubos de raios-x de 3kW e alvo de ródio com sistema de análise sequencial (com goniômetro). Os resultados de FRX obtidos pelos autores encontram-se ilustrados na Tabela 3.

Óxidos	(%)
Dióxido de silício (SiO_2)	86,37
Pentóxido de fósforo (P_2O_5)	4,79
Óxido de potássio (K_2O)	3,09
Óxido de ferro (Fe_2O_3)	1,16
Óxido de alumínio (Al_2O_3)	0,86
Óxido de magnésio (MgO)	0,68
Óxido de cálcio (CaO)	0,63

Tabela 3 – Composição química da CCA

Fonte: Adaptado de Nascimento et al. (2015).

De acordo com os resultados apresentados, nota-se elevada porcentagem, em peso, do componente dióxido de silício (86,37%). Também foram identificados

os componentes pentóxido de fósforo (4,79%), óxido de potássio (3,09%), óxido de ferro (1,16%), óxido de alumínio (0,86%), óxido de magnésio (0,68%) e óxido de cálcio (0,63%).

Resultados semelhantes foram obtidos por Nehdi, Duquette e Damatty (2003), Park, Kwon e Wang, 2016, Calheiro et al. (2016), Vigneshwari, Arunachalam e Angayarkanni (2018), Sharma e Sharma, 2018, Guillante et al. (2019), Ceconello et al. (2019), Hu, He e Zhang (2020). Hu, He e Zhang (2020) avaliaram as CCAs em diferentes tempos de combustão.

De acordo com Chen et al. (2015) as características químicas da CCA provêm do processo de queima (Tabela 4).

Além desses fatores, Chaves et al. (2009) explicam que a composição química da CA varia em função de outros fatores. Entre eles, mencionam as características do solo em que o arroz foi plantado, o tipo e teor de fertilizantes utilizados, condições climáticas e o tipo de arroz.

Referência	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	TiO ₂ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	CaO (%)	MnO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	SO ₃ (%)	P ₂ O ₃ (%)	Outros (%)	Processo de queima	T (°C) empregada
Deng et al. (2016) China	98,64	0,38	0,03	0,238	0,249	N/E	0,218	0,12	0,125	N/E	N/E	N/E	Pirólise	600
Alvarez et al. (2014) Espanha	98,0	0,52	0,02	0,11	0,23	0,01	0,11	0,10	0,38	N/E	0,08	0,42	Pirólise	400, 450, 500 e 600
Fernandes et al. (2016) Brasil	96,71	0,09	N/E	0,01	N/E	0,01	N/E	N/E	0,69	0,06	0,23	N/E	Leito fluidizado	700
Bakar; Yahya; Gan (2016) Malásia	95,77	0,046	N/E	0,05	0,667	0,054	0,397	1,259	0,618	0,653	0,459	0,027	Muflo	500, 600, 700, 800 e 900
Chen et al. (2015) China	94,8	1,27	N/E	0,56	0,45	N/E	0,19	0,12	0,62	N/E	1,49	0,5	Leito fluidizado	650, 675, 700, 725 e 750
Lee et al. (2017) Coreia	94,7	0,08	N/E	0,06	1,42	0,18	0,54	0,09	1,7	N/E	N/E	1,23	Pirólise	800
Hossain et al. (2017) Índia	92,81	N/E	0,112	0,312	0,417	N/E	0,212	2,658	1,021	0,132	1,071	1,255	N/E	500
Sobrosa et al. (2017) Brasil	91,48	N/E	0,003	0,05	0,36	0,32	0,32	0,04	1,4	0,15	0,45	N/E	Leito fluidizado	650

N/E = Não encontrado/ não citado no artigo de referência.

Tabela 4 – Composição elementar da CCA relacionada ao processo de queima

Fonte: Adaptado de Camargo et al. (2018).

As características tecnológicas da Cinza de casca de arroz são apresentadas na Tabela 5.

Propriedades	Resultados
Massa específica	2,07 g/cm ³
Área de superfície específica	27,12 m ² /g
Tamanho médio de partícula	24,73 μm

Tabela 5 – Propriedades físicas da CCA

Fonte: Vidal, Araujo e Freitas (2018).

Quanto a reatividade da CCA varia conforme o método utilizado para obtenção da sílica (HAMDAN et al., 1997; RAMBO, 2009). Segundo Fernandes (2006), a sílica a partir da CCA pode ser obtida por duas técnicas: calcinação com atmosfera controlada (entre 400-700°C) e lixiviação em meio alcalino. O método de calcinação com atmosfera controlada se caracteriza por apresentar uma sílica cristalina e pouco reativa, com uma área de superfície específica de 10m²/g e baixo valor econômico. No caso da obtenção da sílica por meio do procedimento de lixiviação em meio alcalino, a sílica resultante da CCA é constituída por uma forma pura, com solubilização sob condições alcalinas e precipitação em baixo pH (BRINKER e SCHERER, 1990).

3 | CONCLUSÃO

A presente pesquisa buscou agregar com embasamento científico os efeitos benéficos da utilização da cinza de casca de arroz gerados constantemente em grandes volumes por usinas elétricas.

A partir deste estudo, observa-se que o uso do resíduo industrial da cinza de casca de arroz mostra-se como uma alternativa promissora para a mitigação de impactos ambientais causados pela construção civil, tanto em termos de grandes quantidades gerados e a necessidade de sua correta destinação, assim como minimizar a utilização de cimento Portland e aumento da durabilidade dos concretos e argamassas, visto que apresenta desempenho superior quando comparado aos materiais usualmente utilizados em diversas obras.

REFERÊNCIAS

ANGEL, J. D. M.; VÁSQUEZ, T. G. P.; JUNKES, J. A.; HOTZA, D. Caracterização de cinza obtida por combustão de casca de arroz em reator de leito fluidizado. **Química nova**, v. 32, n. 5, p. 1110-1114, 2009.

ANJOS, M. A. S.; MARTINELLI, A. E.; MELO, D. M. A.; RENOVATO, T.; SOUZA, P. D. P.; FREITAS, J. C. O. Hydration of oil well cement containing sugarcane biomass waste as a function of curing temperature and pressure. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, v. 109, p. 291-297, 2013.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM C593: Standard specification for fly ash and other pozzolans for use with lime for soil stabilization**. USA, 2019.

BRINKER, C. J.; SCHERER, G. W. Sol-Gel Science: The physics and chemistry of sol-gel processing. **Academic Press, San Diego CA**, 1990.

CALHEIRO, D.; FERNANDES, I. J.; KIELING, A. G.; MORAES, C. A. M.; KULAKOWSKI, M. P.; BREHM, F. A. Influência da segregação granulométrica e do emprego de aditivos de moagem na adequação de cinzas de casca de arroz como coproduto. **Matéria**, v. 21, n. 2, p. 270-281, 2016.

CAMARGO, A. F.; BRANDLER, D.; MODKOVSKI, T. A.; SCAPINI, T.; TREICHEL, H. Uma revisão sobre a influência dos processos de queima na composição da cinza da casca de arroz visando produção de sílica. **Revista CIATEC**, v. 10, n. 2, p. 42-57, 2018.

CHAVES, T. F.; QUEIROZ, Z. F.; SOUSA, D. N. R.; GIRÃO, J. H. S.; RODRIGUES, E. A. (2009). Uso da cinza da casca de arroz (CCA) obtida da geração de energia térmica como adsorvente de Zn(II) em soluções aquosas. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1378-1383, 2009.

CHEN, G.; DU, G.; MA, W.; YAN, B.; WANG, Z.; GAO, W. Production of amorphous rice husk ash in a 500 kW fluidized bed combustor. **Fuel**, v. 144, p. 214–221, 2015.

CHEN, Q.; ZHANG, Q.; QI, C.; FOURIE, A.; XIAO, C. Recycling phosphogypsum and construction demolition waste for cemented paste backfill and its environmental impact. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 418-429, 2018.

CECCONELLO, V.; SARTORI, B. R. C.; KULAKOWSKI, M. P.; KAZMIERCZAK, C. S.; MANCIO, M. Shrinkage and porosity in concretes produced with recycled concrete aggregate and rice husk ash. **IBRACON Structures and Materials Journal**, v. 12, n. 3, p. 694-704, 2019.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A cultura do arroz**. Brasília: Conab, 2015.

CONAB, COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra Brasileira de grãos: Terceiro levantamento, safra 2017/18**. Brasília: Conab, 2017.

FERNANDES, A. A. **Síntese de zeólitas e wolastonita à partir da cinza da casca do arroz**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2006.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em < http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity>. Acesso em: 28de jun. de 2020.

GAVA, G. P. **Estudo comparativo de diferentes metodologias para a avaliação da atividade pozolânica**. Dissertação (Mestrado) – Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

GLUSHANKOVA, I.; KETOV, A.; KRASNOVSKIKH, M.; RUDAKOVA, L.; VAISMAN, Iakov. Rice Hulls as a Renewable Complex Material Resource. **Resources**, v. 7, n. 31, 2018.

GUILLANTE, P.; ABREU, A. G.; KULAKOWSKI, M. P.; MANCIO, M.; KAZMIERCZAK, C. S. Synergistic effect of RHA and FCW in alkali-aggregate reaction mitigation. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 2, p. 7-20, 2019.

HABEEB, G. A. & MAHMUD, H. B. Study on properties of rice husk ash and its use as cement replacement material. **Materials Research**, v. 13, n. 2, p. 185-190, 2010.

HAMDAN, H.; MUHID, M. N. M.; ENDUD, S.; LISTIORINI, E. & RAMLI, Z. ²⁹Si MAS NMR, XRD and FESEM studies of rice husk silica for the synthesis of zeolites. **Journal of Non-Crystalline Solids**, v. 211, p. 126-131, 1997.

HU, L.; HE, Z.; ZHANG, S. Sustainable use of rice husk ash in cement-based materials: environmental evaluation and performance improvement. **Journal of Cleaner Production**, v. 264, p. 121744, 2020.

ISAIA, C. I. **Efeito de misturas binárias e ternárias de pozolanas em concreto de elevado desempenho: um estudo de durabilidade com vistas à corrosão da armadura**. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

ISAIA, C. I. **Concreto**: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005.

KIELING, A. G.; CAETANO, M. O.; KULAKOWSKI, M. P.; KAZMIERCZAK, C. S. Influência da adição de cinza de casca de arroz na aderência de argamassas de revestimento. **Estudos Tecnológicos (Online)**, v. 5, p. 157-170, 2009.

MEHTA, P. K. Rice husk as: a unique supplementary cementing material. In: **Proceedings of the International Symposium on Advances in Concrete Technology**. Athens, Greece. p. 407-430, 1992.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. 3.ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. **Concreto**: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 1994.

MEMON, S. A.; KHAN, M. K. Ash blended cement composites: Eco-friendly and sustainable option for utilization of corncob ash. **Journal of Cleaner Production**, v. 175, p. 442-455, 2018.

MORAES, C. A. M.; KIELING, A. G.; CAETANO, M. O.; GOMES, L. P. Life cycle analysis (LCA) for the incorporation of rice husk ash in mortar coating. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 54, n. 2, p. 1170–1176, 2010.

NASCIMENTO, G. C.; DOMINGUINI, L.; MELLO, J. M. M.; MAGRO, J. D.; RIELLA, H. G.; FIORI, M. A. Caracterização físico-química da cinza de casca de arroz oriunda do processo termelétrico do sul de Santa Catarina – Brasil. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 4, p. 634-640, 2015.

NEHDI, M.; DUQUETTE, J.; DAMATY, A. E. L. Performance of rice husk ash produced using a new technology as a mineral admixture in concrete. **Cement and Concrete Research**, v. 33, n. 8, p. 1203-1210, 2003.

PARK, K. B.; KWON, S. J.; WANG, X. Y. Analysis of the effects of rice husk ash on the hydration of cementitious materials. **Construction and Building Materials**, v. 105, p. 196-205, 2016.

POUEY, M. T. F. **Beneficiamento da cinza de casca de arroz com vistas à produção de cimento composto e/ou pozolânico**. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia, Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

PRASARA-A, J.; GHEEWALA, S. Sustainable utilization of rice husk ash from power plants: A review. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 1020-1028, 2017.

RAMBO, M. K. D. **Aproveitamento da casca de arroz para produção de xilitol e sílica xerogel**. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Química, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

SALAZAR-CARRENO, D.; GARCIA-CACERES, R. G.; ORTIZ-RODRIGUEZ, O. O. Laboratory processing of Colombian rice husk for obtaining amorphous silica as concrete supplementary cementing material. **Construction and Building Materials**, v. 96, p. 65-75, 2015.

SANTOS, S. **Estudo da viabilidade de utilização de cinza de casca de arroz residual em argamassas e concretos**. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

SHARMA, D.; SHARMA, R. Influence of rice husk ash and rice tiller ash along with chromate reducing agents on strength and hydration properties of Ordinary Portland Cement. **Construction and Building Materials**, v. 169, p. 843-850, 2018.

SILVA, E. J. **Contribuição para utilização de cinza de casca de arroz na construção civil**. Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

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

TASHIMA, M. M.; FIORITI, C. F.; AKASAKI, J. L.; BERNABEU, J. P.; SOUSA, L. C.; MELGES, J. L. P. Cinza de casca de arroz (CCA) altamente reativa: método de produção e atividade pozolânica. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 2, p. 151-163, 2012.

TIBONI, R. **A utilização de cinza de casca de arroz de termoelétrica como componente do aglomerante de compósitos à base de cimento Portland**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

TRENTIN, P. O.; MANICA, J.; VANZETTO, S. C.; MARANGONI, B.; ZALESKI, A. Substituição parcial de agregado miúdo por resíduo de vidro moído na produção de argamassa. **Matéria**, v. 25, p. 12576, 2020.

USMAN, M.; KHAN, A. Y.; FAROOQ, S. H.; HANIF, A.; TANG, S.; KHUSHNOOD, R. A.; RIZWAN, S. A. Eco-friendly self-compacting cement pastes incorporating wood waste as cement replacement: A feasibility study. **Journal of Cleaner Production**, v. 190, p. 679-688, 2018.

VAN, V. T. A.; RÖBLER, C.; BUI, D. D.; LUDWIG, H. M. Mesoporous structure and pozzolanic reactivity of rice husk ash in cementitious system. **Construction and Building Materials**, v. 43, p. 208-216, 2013.

VASCONCELOS, A. R. B.; AKASAKI, J. L. Análise da durabilidade do concreto de alto desempenho com adição de cinza de casca de arroz e borracha de pneu. **Ambiente Construído**, v. 10, p. 77-90, 2010.

VIDAL, A. V.; ARAUJO, R. G. S.; FREITAS, J. C. O. Sustainable cement slurry using rice husk ash for high temperature oil well. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 292-297, 2018.

VIGNESHWARI, M.; ARUNACHALAM, K.; ANGAYARKANNI, A. Replacement of silica fume with thermally treated rice husk ash in Reactive Powder Concrete. **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 264-277, 2018.

ZHANG, M. H.; LASTRA, R.; MALHOTRA, V. M. Rice-husk ash paste and concrete: Some aspects of hydration and the microstructure of the interfacial zone between the aggregate and paste. **Cement and Concrete Research**, v. 26, n. 6, p. 963-977, 1996.

ZAIN, M. F. M.; ISLAM, M. N.; MAHMUD, F.; JAMIL, M. Production of rice husk ash for use in concrete as a supplementary cementitious material. **Construction and Building Materials**, v. 25 n. 2, p. 798-805, 2011.

WILBERT, D. G. B.; KAZMIERCZAK, C. S.; KULAKOWSKI, M. P. Análise da interface entre agregados reciclados de concreto e argamassas de concretos com cinza de casca de arroz e filler basáltico por nanoindentação. **Ambiente Construído**, v. 17, n. 2, p. 253-268, 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adensamento 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 95, 110, 115, 119, 126
Agregado 14, 15, 19, 21, 27, 28, 90, 91, 92, 93, 94, 102, 103, 104, 106, 139, 140, 146, 148
Argilas 30, 36, 39, 40, 42, 60
Aterro sanitário 90, 104, 147, 148
Automação 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13

B

Barreiras verticais 74, 76, 85, 86
Bentonita 74, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86
Blocos 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 56, 60, 61, 64, 66, 67, 68, 70, 123, 124, 137

C

Carbonatação 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 29
Carga 5, 9, 17, 36, 39, 44, 45, 46, 50, 51, 52, 54, 88, 121, 122, 123, 126, 128, 129, 130, 131
Casca de arroz 88, 104, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 146
Cinzas 93, 134, 137, 138, 140, 143
Compressão 14, 15, 18, 19, 22, 25, 27, 28, 34, 35, 53, 54, 83, 87, 88, 89, 90, 94, 97, 98, 102, 103, 104, 106, 107, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 125, 139
Concreto 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 29, 78, 79, 87, 88, 89, 90, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 123, 125, 127, 128, 131, 134, 137, 138, 139, 140, 144, 146
Construção civil 2, 5, 7, 12, 14, 16, 19, 29, 90, 102, 104, 120, 133, 134, 135, 140, 142, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 171

D

Diretiva Europeia 153, 154
Drenos 30, 36, 37, 38, 41, 42

E

Eficiência energética 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163
Ensaio 13, 14, 17, 18, 19, 22, 25, 26, 27, 29, 32, 43, 44, 45, 47, 49, 50, 53, 89, 97,

106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 126, 131, 139
Estaca 44, 45, 46, 50, 52, 54, 121, 122, 123, 125, 127, 128, 129, 131
Etiquetagem 153, 154, 158, 159, 160, 161, 162, 163
Expand Body 44, 45, 46, 49, 50, 53, 54

F

Fogo 87, 88, 89, 97, 98, 100, 103

G

Geológica 55, 59

Geotécnica 31, 54, 55, 58, 64, 71, 78, 125, 126

H

Heurístico 55, 57

M

Madeira 19, 20, 87, 91, 93, 134

N

Numérica 32, 121, 122, 124, 126

P

Patologia 14, 18, 29, 119

Pisos 1, 2

Plaxis 2D 121, 122, 124, 127, 130, 131, 132

Pulso ultrassônico 106, 107, 108, 109, 111, 115, 117, 118

R

Recalque 30, 31, 32, 34, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 52, 53, 122, 123, 129, 130, 131

Remediação 74, 75, 76, 77, 84

Resíduos 65, 66, 70, 87, 89, 90, 91, 102, 133, 134, 138, 139, 147, 148, 149, 150, 151, 152

Resistência 14, 15, 16, 18, 19, 22, 25, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 39, 41, 46, 48, 74, 76, 78, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 123, 125, 139

Rio Doce 14, 15, 18, 19, 21, 22, 23, 26, 27, 28

Risco 7, 10, 14, 55, 56, 57, 58, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 80, 88, 96, 97, 151, 168

S



Segurança 1, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 88, 107, 122

Simulação 97, 121, 124, 126, 128


U

Urbel 55, 56, 57, 58, 67, 70, 71

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

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

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

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