



# 7º ENCONTRO NACIONAL DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO



# 7º ENCONTRO NACIONAL DE APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO

PROMOÇÃO



PATROCINADORES



APOIO



ORGANIZAÇÃO



**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremona

**Imagens da capa**

Agência Preview - Banco de Imagens

**Edição de arte**

Silvia Trein Heimfarth Dapper

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 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-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 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 Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> 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

# 7º Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos na Construção

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo

**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima

**Revisão:** Os autores

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S495 7º Encontro nacional de aproveitamento de resíduos na construção / Organizadores Luciana Cordeiro, Sofia Bessa, Angela Borges Masuero, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Outros organizadores  
Daniel Tregnago Pagnussat  
Denise Carpena Coitinho Dal Molin  
Lais Zucchetti  
Sílvia Trein Heimfarth Dapper  
Rosana Dal Molin  
Fernanda Lamego Guerra  
Caroline Giordani  
Iago Lopes dos Santos  
Maria Fernanda Menna Barreto  
Maxwell Klein Degen  
Natália dos Santos Petry  
Rafaela Falcão Socoloski  
Roberta Picanço Casaril  
Aline Zini  
Jéssica Deise Bersch  
Thainá Yasmin Dessuy  
Thaís do Socorro Matos da Silva

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5983-681-9  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.819210811>

1. Construção civil. 2. Preservação ambiental. 3. Redução de impactos e o reaproveitamento de resíduos. I. Cordeiro, Luciana (Organizadora). II. Bessa, Sofia (Organizadora). III. Masuero, Angela Borges (Organizadora). IV. Título.

CDD 690

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**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)

Atena  
Editora

Ano 2021



## 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.



## Apresentação

Um dos grandes desafios do setor da construção civil é a busca pela redução de resíduos oriundos dos mais diversos processos da produção industrial. Desta forma, é estimulada, no âmbito científico, a busca por alternativas que visam o reaproveitamento desses resíduos como matéria-prima na construção. Aliado a esta ideia, o 7º Encontro Nacional de Aproveitamento de Resíduos na Construção (ENARC) é um evento que visa incentivar a divulgação e discussão de ideias que possam embasar e desenvolver o setor da construção, levando em conta a ótica de preservação ambiental, redução de impactos e o reaproveitamento de resíduos.





## Agradecimentos

Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e ao Grupo FV, pelo apoio financeiro.

À ANTAC - Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, pelo apoio institucional.

À UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, NORIE - Núcleo Orientado para Inovação da Edificação, PPGCI - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura e LAMTAC - Laboratório de Materiais e Tecnologia do Ambiente Construído, pela organização.

Ao Sinduscon-RS, pelo apoio e divulgação.

Aos autores, pela divulgação das pesquisas e à comissão científica pela sua avaliação.

A todos os participantes, pelas suas contribuições, presenças e interações.

Nosso muito obrigado a todos.

PROMOÇÃO



PATROCINADORES



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## Comissão organizadora local

- Profa. Dra. Angela Borges Masuero (UFRGS) - Comissão coordenadora
- Prof. Dr. Daniel Tregnago Pagnussat (UFRGS) - Comissão coordenadora
- Profa. Dra. Denise Dal Molin (UFRGS) - Comissão coordenadora
- Profa. Dra. Lais Zucchetti (UFRGS) - Comissão coordenadora
- Profa. Dra. Silvia Trein Heimfarth Dapper (PUCRS)
- Rosana Dal Molin (ANTAC) - Secretária ANTAC
- Fernanda Lamego Guerra (Pós-Doc NORIE/UFRGS)
- Caroline Giordani (Doutoranda NORIE/UFRGS)
- Deividi Maurenre Gomes da Silva (Doutorando NORIE/UFRGS)
- Iago Lopes dos Santos (Doutorando NORIE/UFRGS)
- Maria Fernanda Menna Barreto (Doutoranda NORIE/UFRGS)
- Maxwell Klein Degen (Doutorando NORIE/UFRGS)
- Natália dos Santos Petry (Doutoranda NORIE/UFRGS)
- Rafaela Falcão Socoloski (Doutoranda NORIE/UFRGS)
- Roberta Picanço Casaril (Doutoranda NORIE/UFRGS)
- Aline Zini (Mestranda NORIE/UFRGS)
- Jéssica Deise Bersch (Mestranda NORIE/UFRGS)
- Thainá Yasmin Dessuy (Mestranda NORIE/UFRGS)
- Thaís do Socorro Matos da Silva (Mestranda NORIE/UFRGS)





## Comitê científico

Profa. Luciana Cordeiro (UFPA) – Comissão coordenadora

Profa. Sofia Bessa (UFMG) – Comissão coordenadora

## Revisores

Abrahão Bernardo Rohden (FURB)

Adeildo Cabral (IFCE)

Adriana Gumieri (UFMG)

Aline Barboza (UFAL)

Ana Paula Maran (UFMS)

Ana Paula Milani (UFMS)

Anderson Muller (IFSC)

Andrea Franco (UFMG)

Ariane P. Rubin (UFSC)

Carina Stolz (FEEVALE)

Carlos Eduardo Marmorato (UNICAMP)

Cláudia Ruberg (UFPB)

Cláudio Kazmierczak (UNISINOS)

Dóris Bragança (UFRGS)

Edna Possan (UNILA)

Eduardo Grala (UFPEL)

Eduardo Polesello (FEEVALE)

Elaine Antunes (UNESC)

Fabiano Pereira (UNESC)

Fabriccio Almeida (SENAI)

Feliciane Brehm (UNISINOS)

Felipe Moreira (UFPA)

Felipe Reis (IFPA)

Fernanda Costa (UFRB)

Fernando Almeida (UFMG)

Fernando José (UFMG)

Geilma Vieira (UFES)

Giselle Reis (SERG/RS)

Glaucinei Correa (UFMG)

Guilherme Brigolini (UFOP)

Guilherme Cordeiro (UENF)

Isaura Paes (UFPA)

Janaíde Rocha (UFSC)

Jardel Gonçalves (UFBA)

João Adriano Rossignolo (USP)

Juliana Moretti (UNIFESP)

Luciana Cordeiro (UFPA)

Lucimara Leal (IFPA)

Luiz Maurício Maués (UFPA)

Luizmar Lopes (UPF)

Marcelo Massulo (UFPA)

Marcelo Picanço (UFPA)

Márcia França (UFMG)

Maria Teresa Aguilar (UFMG)

Marlon Longhi (UFRGS)

Maurício Pina (UFPA)

Maurilio Pimentel (UFPA)

Mirna Gobbi (PROARQ/UFRJ)

Mônica Leite (UEFS)

Muriel Froener (UCSul)

Patrícia Chaves (IFPA)

Patrícia Lovato (UPF)

Paulo Gomes (UFAL)

Rafael Mascolo (UNIVATES)

Ricardo Girardi (PUCRS)

Richard Lermen (IMED)

Risete Braga (UFPA)

Robson Fernandes (UFPA)

Rodrigo Silva (IMED)

Sabino Alves (UNIFESSPA)

Sandra Oda (UFRJ)

Sofia Bessa (UFMG)

Talita Miranda (UFMG)

Teresa Barbosa (UFJF)

Thiago Braga (UFPA)

Thiago Melo Grabois (UFRJ)

White dos Santos (UFMG)


## SUMÁRIO

### ÁREA 1 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MATERIAIS, COMPONENTES, ELEMENTOS E SISTEMAS COM APLICAÇÃO DE RESÍDUOS

#### **CAPÍTULO 1.....1**

PREVISÃO DO IMPACTO DA ADIÇÃO DE RESÍDUO DE BORRACHA DE PNEU NO DESEMPENHO MECÂNICO DO CONCRETO


MEDEIROS; Victor Amadeu Sant' Anna; CRUZ; Bruna Ramos de Souza; ALCAZAS; Juliana Carrasco; MILANI; Ana Paula da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108111>

#### **CAPÍTULO 2.....9**

PROPRIEDADES REOLÓGICAS E HIDRATAÇÃO DE PASTAS DE CIMENTOS TERNÁRIOS CONTENDO RESÍDUOS DE MÁRMORE, PORCELANATO, BLOCO CERÂMICO E FOSFOGESSO


COSTA; Ana Rita Damasceno; GONÇALVES; Jardel Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108112>

#### **CAPÍTULO 3.....17**

OTIMIZAÇÃO DOS PARÂMETROS DE MOAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS PARA APLICAÇÃO COMO MATERIAIS CIMENTÍCIOS SUPLEMENTARES

COSTA; Ana Rita Damasceno; GONÇALVES; Jardel Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108113>

#### **CAPÍTULO 4.....26**

EFEITO DA SÍLICA ATIVA NA MITIGAÇÃO DA REAÇÃO ÁLCALI-AGREGADO ATRAVÉS DO MÉTODO ACELERADO EM BARRAS DE ARGAMASSAS

CRUZ DA SILVA ARAUJO; Juliene; PEREIRA BONFIM; Francirene; PEREIRA GOUVEIA; Fernanda






 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108114>


#### **CAPÍTULO 5.....33**

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA MOAGEM DO RESÍDUO DE FCC NA HIDRATAÇÃO INICIAL DO CIMENTO POR CALORIMETRIA ISOTÉRMICA

OLIVEIRA; Josinorma Silva de; ANDRADE; Heloysa Martins Carvalho, GONÇALVES; Jardel Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108115>


|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 6.....</b>  | <b>42</b> |
| MÉTODO DE RIETVELD PARA QUANTIFICAÇÃO DE FASES EM RESÍDUOS PARA USO COMO MATERIAIS CIMENTÍCIOS SUPLEMENTARES (MCS)  |           |
| MATOS; Samile Raiza Carvalho; COSTA; Ana Rita Damasceno; OLIVEIRA; Josinorma Silva de; MACIEL; Kuelson Rândello Dantas; GONÇALVES; Jardel Pereira                                       |           |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108116">https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108116</a>     |           |
| <b>CAPÍTULO 7.....</b>  | <b>51</b> |
| AVALIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE MISTURAS SOLO-RESÍDUO VISANDO A UTILIZAÇÃO COMO BARREIRAS IMPERMEÁVEIS EM ATERROS SANITÁRIOS   |           |
| BRESSAN JUNIOR; José C.; ZAMPIERI; Lucas Q.; NIENOV, Fabiano A.; LUVIZÃO, Gislaine  |           |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108117">https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108117</a>     |           |
| <b>CAPÍTULO 8.....</b>  | <b>58</b> |
| NEUTRALIZAÇÃO DO FOSFOGESSO COM CAL E A SUA INFLUÊNCIA NA HIDRATAÇÃO E NO DESEMPENHO MECÂNICO DE MATRIZES CIMENTÍCIAS   |           |
| ANDRADE NETO; José S.; BERSCH; Jéssica D.; SILVA, Thaís S. M.; RODRÍGUEZ, Erich D.; SUZUKI, Seiiti; KIRCHHEIM; Ana Paula  |           |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108118">https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108118</a>     |           |
| <b>CAPÍTULO 9.....</b>  | <b>66</b> |
| INFLUÊNCIA DO RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA EM ARGAMASSAS NA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO AGREGADO OU DO CIMENTO  |           |
| TORRES; Ariela da Silva; PINZ; Francielli Priebbernow; PALIGA; Charlei Marcelo  |           |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108119">https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108119</a>   |           |
| <b>CAPÍTULO 10.....</b>   | <b>73</b> |
| DESEMPENHO TÉRMICO DE ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM RESÍDUOS DA MINERAÇÃO E SIDERURGIA  |           |
| BARRETO; Rodrigo Rony; MENDES; Vitor Freitas; FARDIN; Wellington; SANTANA; Vanessa Pereira; MENDES; Julia Castro  |           |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081110">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081110</a> |           |
| <b>CAPÍTULO 11.....</b>   | <b>81</b> |
| CARBONATAÇÃO NATURAL EM CONCRETO COM RESÍDUO DO BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM SUBSTITUIÇÃO AO AGLOMERANTE   |           |
| COSTA; Vitória Silveira da; TEIXEIRA; Fernando Ritiéle; PALIGA; Charlei Marcelo; TORRES; Ariela da Silva  |           |

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081111>

**CAPÍTULO 12.....88**

INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA DO ARGILITO NAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DE MATRIZES CIMENTÍCIAS


SILVA; Thaís; BERSCH; Jéssica; ANDRADE NETO; José; MASUERO; Angela; DAL MOLIN; Denise

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081112>

**CAPÍTULO 13.....95**

EFEITO DA ADIÇÃO DE CINZA DE OLARIA NO ÍNDICE DE SUPORTE CALIFÓRNIA DE SOLO ARGILOSO DA REGIÃO DE GUARAPUAVA-PR


KADLOBICKI; Lucas; TRENTO; Vanderlei; PAULINO; Rafaella Salvador; DA SILVA; Sauana Centenaro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081113>

**CAPÍTULO 14.....103**

ANÁLISE CRÍTICA DOS MÉTODOS DE SEPARAÇÃO DE AGREGADOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) BASEADA EM CRITÉRIOS DE DESEMPENHO DE CONCRETOS RECICLADOS


FERREIRA; Guilherme de Andrades; NEUMANN; Isadora Sampaio; SANTOS; Iago Lopes; DAL MOLIN; Denise Carpena Coitinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081114>

**CAPÍTULO 15.....111**

CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR DE ELEVADA REATIVIDADE PRODUZIDA VIA FRACIONAMENTO DENSIMÉTRICO E MOAGEM ULTRAFINA


LINHARES, Beatriz Dias Fernandes; LEMOS, Mônica Nunes; CORDEIRO, Guilherme Chagas







 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081115>







**CAPÍTULO 16.....119**

GEOPOLÍMERO A BASE DE METACAULIM: MEDIDAS DE IMPEDÂNCIA ELETROQUÍMICA E RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

COSTA, Rayara Pinto; PY, Lucas Goldenberg; SACARDO, Lucas Eduardo Perin; LONGHI, Marlon Augusto; KIRCHHEIM, Ana Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081116>

|   |            |
|---|------------|
| <b>CAPÍTULO 17</b> .....  | <b>127</b> |
| AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES NO ESTADO FRESCO E ENDURECIDO DE ARGAMASSAS PRODUZIDAS COM RESÍDUOS DE POLIPROPILENO TRITURADO   |            |
| GARCIA; Adson de Sousa; SILVA; Barbara Cristina Soares; JÚNIOR; Paulo Sergio Barreiros de Leão; SOUZA; Grazielle Tigre de   |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081117">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081117</a>   |            |
| <b>CAPÍTULO 18</b> .....  | <b>134</b> |
| ANÁLISE EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO DE ARGAMASSAS UTILIZANDO RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE CELULOSE (DREGS E GRITS)   |            |
| ALVARENGA; Bruno Medeiros de; FALCÃO; Juliane Rodrigues; TESSARO; Alessandra Buss; MATTOS; Flávia Costa de  |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081118">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081118</a>   |            |
| <b>CAPÍTULO 19</b> .....  | <b>142</b> |
| CARBONATAÇÃO DE ARGAMASSAS MISTAS PRODUZIDAS COM REJEITO DE MINÉRIO DE FERRO  |            |
| HERMENEGILDO, Gabriela C.; CARNEIRO, Gisele O. P.; NOGUEIRA, Júlia A. W.; BEZERRA, Augusto C., BESSA, Sofia A. L.   |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081119">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081119</a>   |            |
| <b>CAPÍTULO 20</b> .....  | <b>150</b> |
| EFEITO DE UMA RESINA POLIMÉRICA NA ABSORÇÃO DE PEDRAS ARTIFICIAIS DE CALCÁRIO LAMINADO  |            |
| BEZERRA; Ana Karoliny Lemos; SILVA; Leonária Araújo; ARAÚJO; Lucas Benício Rodrigues; CABRAL; Antonio Eduardo Bezerra   |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081120">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081120</a> |            |
| <b>CAPÍTULO 21</b> .....  | <b>158</b> |
| CARACTERIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ (CCA) GERADA EM LEITO FLUIDIZADO  |            |
| PAGLIARIN; Karine; JORDANI; Bárbara; KOPPE; Angélica  |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081121">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081121</a> |            |
| <b>CAPÍTULO 22</b> .....  | <b>166</b> |
| INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE SUBPRODUTOS NA DISPERSÃO DE PARTÍCULAS DE CIMENTO   |            |
| MARTINS; Julia; ROCHA; Janaíde  |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081122">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081122</a> |            |

|   |            |
|---|------------|
| <b>CAPÍTULO 23</b> .....  | <b>173</b> |
| COMPÓSITO CIMENTÍCIO COM GRÃOS DE POLIPROPILENO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL E À FLEXÃO  |            |
| COELHO, Rivaldo Teodoro; DUCATTI, Vitor Antonio; SALADO, Gerusa de Cássia   |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081123">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081123</a>   |            |
| <b>CAPÍTULO 24</b> .....  | <b>180</b> |
| COMPORTAMENTO DE CONCRETOS COM BAIXO TEOR DE CASCA DE ARROZ COMO BIOAGREGADO  |            |
| AMANTINO, Guilherme; TIECHER, Francieli; HASPARYK, Nicole; TOLEDO, Romildo  |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081124">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081124</a>   |            |
| <b>CAPÍTULO 25</b> .....  | <b>187</b> |
| ANÁLISE DA DURABILIDADE DE ARGAMASSAS COM SUBSTITUIÇÃO DO CIMENTO POR RESÍDUO DE MARMORARIA EM DIFERENTES FATORES ÁGUA CIMENTO  |            |
| ALMADA, Bruna S.; SANTOS, White J.  |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081125">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081125</a>   |            |
| <b>CAPÍTULO 26</b> .....  | <b>195</b> |
| ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO CIMENTO POR RESÍDUO DE MARMORARIA COM FIXAÇÃO DA TRABALHABILIDADE PELO USO DE ADITIVOS PLASTIFICANTE   |            |
| ALMADA, Bruna S.; SANTOS, White J.  |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081126">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081126</a>  |            |
| <b>CAPÍTULO 27</b> .....  | <b>202</b> |
| ANÁLISE DA APLICABILIDADE DO RESÍDUO DE CERÂMICA VERMELHA NA PAVIMENTAÇÃO   |            |
| SANTOS, Marianny Viana dos; SOUZA, Wana Maria de; RIBEIRO, Antonio Junior Alves   |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081127">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081127</a> |            |
| <b>CAPÍTULO 28</b> .....  | <b>208</b> |
| RESÍDUO DE CONCRETO COMO SUBSTITUTO AO CIMENTO: AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E DAS EMISSÕES  |            |
| OLIVEIRA, Dayana Ruth Bola; LEITE, Gabriela; POSSAN, Edna; MARQUES FILHO, José  |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081128">https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081128</a> |            |




## ÁREA 2 - DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS COM RESÍDUOS

### **CAPÍTULO 29.....216**

USO DO RESÍDUO DA NEFELINA EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO


ROSA; Laura Pereira; HALTIERY; Diego Santos; PEREIRA; Fabiano Raupp; ANDRADE; Lucimara Aparecida Schambeck

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081129>

### **CAPÍTULO 30.....224**

INFLUÊNCIA DA MAGNETITA E DA BARITA EM MATRIZES CIMENTÍCIAS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA


MAZZARO; Filipe S.; ALVES; Jordane G.S.; ALMEIDA; Fernando C.R.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081130>

### **CAPÍTULO 31.....232**

UTILIZAÇÃO DE CINZA PESADA DE BIOMASSA DE PINUS TAEDA COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND NO CONCRETO CONVENCIONAL

BARCAROLI; Bruno Crimarosti; SALAMONI; Natália; ROHDEN; Abrahão Bernardo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081131>

### **CAPÍTULO 32.....240**

ANÁLISE DA POTENCIALIDADE DO USO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO COMO AGREGADO GRAÚDO NA PRODUÇÃO DE BLOCOS PARA PAVIMENTOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO


REUPS; José Eduardo Angeli; NIEMCZEWSKI; Juliana Alves Lima Senisse

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081132>

### **CAPÍTULO 33.....248**

AVALIAÇÃO DO USO DO PÓ DE RETIFICA PARA APLICAÇÃO EM CAMADAS DE PAVIMENTAÇÃO


AVERNA; Larissa Bertho; MATTEDI; Carolina Vieira; DE ABREU; Victor Barreto; CONTINI; Paulo Victo Matiello; MARIANI; Bruna Bueno

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081133>

### **CAPÍTULO 34.....256**

CRIAÇÃO DE REVESTIMENTOS BIOINSPIRADOS A PARTIR DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO


MENEGUEL, Carolina Frota; DAPPER, Silvia Trein Heimfarth

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081134>

**CAPÍTULO 35.....264**

CONSTRUÇÃO DE QUIOSQUES COM TUBOS DE PAPELÃO EM EVENTOS TEMPORÁRIOS


DIAS; Nathalia Schimidt; SALADO; Gerusa de Cássia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081135>

**CAPÍTULO 36.....272**

REUTILIZAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO EM ARGAMASSAS


MARAN, Ana PauLa; MENNA BARRETO, Maria Fernanda; MASUERO, Angela Borges;  
DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081136>

**CAPÍTULO 37.....281**

CINZAS DE BIOMASSA GERADAS NA AGROINDÚSTRIA DE MALTE: CARACTERIZAÇÃO E USO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO EM ARGAMASSAS


DA SILVA; Sauana Centenaro; DA SILVA; João Adriano Godoy; PAULINO; Rafaella Salvador

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081137>

**CAPÍTULO 38.....289**

UTILIZAÇÃO DE AGREGADOS DE RCD EM SUBSTITUIÇÃO TOTAL AOS NATURAIS PARA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE CONCRETOS ADENSADOS DE FORMA MANUAL E MECÂNICA


SARTORE; Igor Carlesso; PAULINO; Rafaella Salvador; TORALLES; Berenice Martins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081138>

**CAPÍTULO 39.....297**

INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO DA AREIA NATURAL POR PÓ DE PEDRA EM TUBOS DE CONCRETO


COLONETTI; Luís Gustavo Vieira; PIROLLA; Douglas Leffa; PIVA; Jorge Henrique;  
MACCARINI; Helena Somer; WANDERLIND; Augusto; ANTUNES; Elaine Guglielmi Pavei

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081139>

**CAPÍTULO 40.....305**

PRODUÇÃO DE ARGAMASSAS COM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DE CIMENTO E AGREGADO POR CINZAS DE CARVÃO VAPOR


PADILHA; Lilian; PIROLLA; Douglas Leffa; PIVA; Jorge Henrique; SAVI; Aline Eyng;  
WANDERLIND; Augusto; ANTUNES; Elaine Guglielmi Pavei

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081140>

**CAPÍTULO 41..... 312**

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO POR RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL NA RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO AXIAL DE ARGAMASSAS MISTAS


SCHILLER; Ana Paula Sturbelle; PALIGA; Charlei Marcelo; TORRES; Ariela da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081141>

**CAPÍTULO 42..... 319**

PAINÉIS AGLOMERADOS HOMOGÊNEOS DE MADEIRA PRODUZIDOS COM PINUS, PALHA DE MILHO, POLIETILENO TEREFTALATO E POLIURETANO DERIVADO DE ÓLEO DE MAMONA


SOUZA; Matheus; CAZELLA; Pedro H. S.; RODRIGUES; Felipe R.; PEROSSO; Marjorie B. S.; SILVA; Sérgio A. M.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081142>

**CAPÍTULO 43..... 327**

ESTUDO DO EMPREGO DE AGREGADOS CERÂMICOS EM CONCRETO PERMEÁVEL


STRIEDER; Helena L.; DUTRA; Vanessa F. P.; GRAEFF; Ângela G.; MERTEN; Felipe R. M.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081143>

**CAPÍTULO 44..... 335**

PRODUÇÃO DE PISOS INTERTRAVADOS EM ESCALA INDUSTRIAL COM A INCORPORAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO


GHISLENI; Geisiele; LIMA; Geannina Terezinha dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081144>

**CAPÍTULO 45..... 343**

APLICAÇÃO DE RESÍDUOS DA REGIÃO AMAZÔNICA EM ÁLCALI-ATIVADOS VISANDO O SEU USO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

RIBEIRO; Rafaela Cristina Alves; CAMPOS; Patrick Cordeiro; BRITO; Woshington da Silva; PICANÇO; Marcelo Souza; GOMES-PIMENTEL; Maurílio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081145>

**CAPÍTULO 46..... 350**

ESTUDO EXPERIMENTAL DE ARGAMASSAS COM RESÍDUO DE CINZA VOLANTE DE

## MINÉRIO DE CARVÃO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO

BICA; Bruno O.; PADILHA; Francine; ROCHA; Janaíde; GLEIZE; Philippe

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081146>

### **CAPÍTULO 47.....358**

#### ANÁLISE DA SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO QUARTZOSO POR AGREGADO MIÚDO DE BRITAGEM DE ROCHA BASÁLTICA EM CONCRETO


WALKER; Wesley Ramon; MEINHART; Alice Helena; ARNOLD; Daiana Cristina Metz; DIAS; Letícia Andriolli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081147>

### **CAPÍTULO 48.....365**

#### AVALIAÇÃO DO RESÍDUO DE ARENITO COMO AGREGADO MIÚDO EM MATRIZ DE ARGAMASSA


MARIO, Mauro; GIORDANI, Caroline; MASUERO, Angela Borges; DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081148>

### **CAPÍTULO 49.....373**

#### O RESÍDUO DE NIÓBIO E SUAS POTENCIAIS APLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA


ALVES; Jordane G.S.; MAZZARO; Filipe S.; ALMEIDA; Fernando C.R.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081161>

### **CAPÍTULO 50.....380**

#### PAINÉIS DE PARTÍCULAS DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS PRODUZIDOS PARA NÚCLEO DE PAINEL SANDUÍCHE

PEREIRA; Alexandre Rosim; ROSSIGNOLO; João Adriano


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081150>

## ÁREA 3 - GESTÃO DE RESÍDUOS

### **CAPÍTULO 51.....388**

#### IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM CAMPO GRANDE – MS


PUPIN; Nayara Severo; MAIA; Johnny Hebert de Oliveira; MILANI; Ana Paula da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081151>

**CAPÍTULO 52.....395**

O CICLO DA GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA UFRGS


ANTUNES; Giselle Reis; RODRIGUES; Eveline Araujo; SIMONETTI; Camila

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081152>

**CAPÍTULO 53.....403**

ANÁLISE SOBRE A GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NA CIDADE DE PORTO ALEGRE/RS


ROCHA, Paulyne Vaz; SOUZA; Ana Lilian Brock de; PETRY, Natália dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081153>

**CAPÍTULO 54.....412**

ANÁLISE DO PLANO DE GESTÃO MUNICIPAL INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE RIO BRANCO – AC, SOB A ÓTICA DE GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

VIANA; Tiago H. da Costa; MONTEIRO; Késsio Raylen; SEGOBIA; Pedro Bomfim


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081154>

**ÁREA 4 - ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA**

**CAPÍTULO 55.....420**

VALORIZAÇÃO DE RESÍDUO AGROINDUSTRIAL COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND EM FIBROCIMENTOS


BASSAN DE MORAES; Maria Júlia; SOARES TEIXEIRA; Ronaldo; PROENÇA DE ANDRADE; Maximiliano; MITSUUCHI TASHIMA; Mauro; ROSSIGNOLO; João Adriano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081155>

**CAPÍTULO 56.....428**

PROJETO SARGOOD: VALORIZAÇÃO DO *SARGASSUM* NA CONSTRUÇÃO CIVIL

ROSSIGNOLO, João Adriano; BUENO, Cristiane; DURAN, Afonso Jose Felicio Peres; LYRA, Gabriela Pitolli; ASSUNÇÃO, Camila Cassola; GAVIOLI, Leticia Missiato; MORAES, Maria Julia Bassan; NASCIMENTO, João Lucas Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081156>

**CAPÍTULO 57.....436**

VALORIZAÇÃO DO CAULIM FLINT COMO MATERIAL CIMENTÍCIO SUPLEMENTAR (MCS)

MEDEIROS; Matheus Henrique Gomes de; MATOS; Samile Raiza Carvalho; DESSUY; Thainá Yasmin; MASUERO; Angela Borges; DAL MOLIN; Denise Carpena Coitinho


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081157>

## ÁREA 5 - AVALIAÇÃO AMBIENTAL E DO CICLO DE VIDA

### **CAPÍTULO 58.....443**

AVALIAÇÃO DAS EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> DE PAVIMENTO DE CONCRETO PERMEÁVEL: COMPARAÇÃO ENTRE O USO DE AGREGADOS DE RCD E NATURAIS


CASARIN; Roberta P.; ARAGÃO; Lucas C.; ZAPPE; Anna Paula S. ; THOMAS; Mauricio; PASSUELO; Ana Carolina B.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081158>

### **CAPÍTULO 59.....451**

O IMPACTO AMBIENTAL DO APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOB A VISÃO DO CICLO DE VIDA


KONZEN; Bárbara Anne Dalla Vechia; PEREIRA; Andréa Franco

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081159>

### **CAPÍTULO 60.....462**

PEGADA DE CARBONO DE CONCRETOS AUTOADENSÁVEIS PRODUZIDOS COM FINOS DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL


FERREIRA; Luiza de Souza; DESSUY; Thainá Yasmin; GLITZEHNIRN; Claudia; PASSUELLO; Ana; MASUERO; Angela Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081149>

### **CAPÍTULO 61.....468**

AVALIAÇÃO DOS PARAMETROS SUSTENTÁVEIS PARA PAVERS CONFECCIONADOS COM RESÍDUOS INDUSTRIAIS

ALTOÉ; Silvia Paula Sossai; GOÉS; Isadora; ROTTA; José Venancio Pinheiro; BORIN; Mateus Roberto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081160>



## UTILIZAÇÃO DE CINZA PESADA DE BIOMASSA DE PINUS TAEDA COMO SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND NO CONCRETO CONVENCIONAL

<https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081131>

BARCAROLI; BRUNO CRIMAROSTI; SALAMONI; NATÁLIA;  
ROHDEN; ABRAHÃO BERNARDO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE REGIONAL DE BLUMENAU - FURB.  
E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: ABR CIVIL@GMAIL.COM

**RESUMO:** Com a evolução das cidades, há uma maior geração de resíduos sólidos, que são depositados em aterros sanitários ou de maneira incorreta, no meio ambiente. Com a intenção de reduzir esse impacto e proteger os recursos naturais da produção de cimento Portland, esta pesquisa analisa a substituição parcial de cimento pelas cinzas pesadas provenientes da combustão do *Pinus Taeda* em concreto convencional. Para isso, amostras de concreto e argamassa foram moldadas, e algumas propriedades físicas foram determinadas. A partir dos resultados encontrados, constatou-se que a substituição de até 10% pela cinza apresenta valores satisfatórios em relação ao traço referência.

**PALAVRAS-CHAVES:** Concreto convencional, cinza de *Pinus Taeda*, combustão, pozolana.

**ABSTRACT:** With the evolution of cities, there is a greater generation of solid waste, which is deposited in landfills or incorrectly, in the environment. With the intention of reducing this impact and protecting the natural resources of Portland cement production, this research analyzes the partial replacement of cement by heavy ash from the combustion of *Pinus Taeda* in conventional concrete. For this, samples of concrete and mortar were molded, and some physical properties were determined. From the results found, it was concluded that the substitution of up to 10% by ash presents satisfactory values in relation to the reference mixture.

**KEYWORDS:** Conventional concrete, ash from *Pinus Taeda*, combustion, pozzolan.

### 1 | INTRODUÇÃO

O cimento Portland é um dos materiais mais utilizados do mundo. Entretanto, sua produção causa sérios impactos ambientais, como a escassez dos recursos naturais empregados e o aumento da emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). A utilização do cimento pode ser diminuída com o emprego materiais alternativos, substituindo parcialmente o cimento em argamassa e concreto, reduzindo os danos ambientais causados pela fabricação do cimento <sup>(1)</sup>.

Mas não é só a indústria cimentícia que gera impactos ambientais. Outras indústrias, como siderúrgicas e agroindústrias, geram rejeitos que devem ser destinados corretamente à aterros sanitários. Entretanto, com alguns estudos, esses rejeitos podem vir a serem aplicados em outros processos ou indústrias, tornando-se resíduos e contribuindo com os aspectos ambientais desses processos. Materiais cimentícios

alternativos podem advir desses resíduos.

As cinzas de origem vegetal podem ser utilizadas como adição mineral ao cimento Portland quando possuírem uma quantidade predominante de sílica no estado amorfo e apresentarem finura adequada <sup>(1)</sup>. Algumas cinzas têm suas propriedades pesquisadas para a substituição parcial do cimento, como cinza da casca do arroz <sup>(2)</sup> e cinza do bagaço da cana de açúcar <sup>(3-4)</sup>.

Com intuito de estudar um novo material cimentício, reutilizando um resíduo da indústria madeireira, investiga-se a possibilidade da substituição parcial do cimento Portland por cinza de fundo de *Pinus Taeda*, proveniente da sua combustão, no concreto convencional. São verificadas as propriedades mecânicas do concreto convencional perante a adição da cinza e ainda ao efeito Spalling. Submeter o concreto estudado à altas temperaturas é importante, pois o material sofre transformação em sua estrutura, podendo levar à sua deterioração <sup>(5)</sup>.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODO

Foram confeccionados corpos de prova cilíndricos (CPs) de concreto, para caracterização física e mecânica, e análise ao spalling, e CPs de argamassa, para verificação do desempenho do cimento <sup>(6)</sup> e atividade pozolânica <sup>(7)</sup>. Os materiais utilizados para a pesquisa foram: cimento Portland CP II-Z-40 (Votoran) e CP II-F-32 (Cauê); cal hidratada CH-III (Cibracal) com massa específica de 2,30 g/cm<sup>3</sup> e massa unitária no estado solto de 0,50 g/cm<sup>3</sup>; agregado miúdo com módulo de finura de 2,21 e massa específica de 2,46 g/cm<sup>3</sup>; agregado graúdo com dimensão máxima característica de 19 mm, módulo de finura de 8,04 mm e massa específica 2,86 g/cm<sup>3</sup>.

A cinza proveniente da queima do *Pinus Taeda* foi coletada em uma indústria madeireira da cidade de Caçador/SC. A secagem da madeira dentro da estufa ocorre a uma temperatura aproximada de 76°C, com tempo de permanência de 10 a 81 h, dependendo da sua espessura. Para atingir tal temperatura, o queimador é abastecido por cavaco de pinus, com cerca de 500°C de temperatura de combustão.

O resíduo no estado natural foi utilizado na mistura do concreto, com dimensão máxima característica de 19 mm, módulo de finura do material de 1,37 e massa específica de 2,20 g/cm<sup>3</sup> <sup>(8)</sup>. Já, para a argamassa, após a coleta no queimador, o resíduo passou por um processo de moagem em Abrasão Los Angeles, com relação carga resíduo de 1x5, durante 3 h. O produto resultante é passante na peneira de 75 µm e retido na peneira 45 µm.

### 2.1 Concreto

O método de dosagem utilizado para o concreto foi o ACI 211 <sup>(9)</sup>, para 30 MPa e abatimento de 25 a 50 mm. Quatro traços foram executados: referência (0% de cinza), 5%, 10%, 15% e 20% de substituição do cimento Portland pela cinza da combustão do pinus (Tabela 1).



| Materiais                   | Porcentagem de adição da cinza de pinus |        |        |        |        |
|-----------------------------|---|--------|--------|--------|--------|
|                             | 0%                                      | 5%     | 10%    | 15%    | 20%    |
| CP II-Z-40                  | 351,8                                   | 334,3  | 316,7  | 299,1  | 281,5  |
| Agregado Graúdo             | 1123,8                                  | 1123,8 | 1123,8 | 1123,8 | 1123,8 |
| Agregado Miúdo              | 701,7                                   | 701,7  | 701,7  | 701,7  | 701,7  |
| Cinza de <i>Pinus Taeda</i> | 0                                       | 8,7    | 17,3   | 26,0   | 34,7   |
| Água                        | 190                                     | 190    | 190    | 190    | 190    |

Tabela 1 - Traços de concreto (kg/m<sup>3</sup>)

A execução do concreto foi realizada com o auxílio de betoneira de 120 litros, seguido de ensaio de abatimento, moldagem, desmoldagem e cura submersa em tanque com água e cal. Antes dos ensaios, os CPs foram secos em estufa por 24 h. 15 CPs foram expostos à 600°C em forno mufla, e posteriormente foram realizados ensaios de perda de massa e análise de fissuras, absorção por capilaridade e resistência à compressão axial. Os 120 CPs que não foram expostos à 600°C, passaram por ensaios de absorção de água por capilaridade e resistências à compressão axial e à tração por compressão diametral (Figura 1).

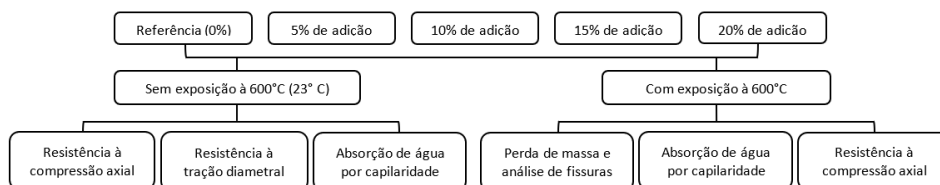


Figura 1 – Fluxograma dos traços de concreto com adição de cinza da combustão do pinus

## 2.2 Argamassa

A caracterização da cinza foi realizada através de ensaios com argamassa. Foram realizados três traços de argamassa, com e sem utilização de cinza da combustão do pinus <sup>(6)</sup>, e um terceiro traço com a cinza e cal hidratada, para avaliação da atividade pozolânica <sup>(7)</sup> (Tabela 2).

| Material                     | Referência <sup>(6)</sup> | Cinza de pinus <sup>(6)</sup> | Cal hidratada <sup>(7)</sup> |
|------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| CP II-F-32                   | 624 ± 0,4                 | 468 ± 0,4                     | -                            |
| Cinza de <i>Pinus Taeda</i>  | -                         | 156 ± 0,2                     | 268                          |
| Areia Normal <sup>(10)</sup> | 1872                      | 1872                          | 1872                         |
| Água                         | 300 ± 0,2                 | 300 ± 0,2                     | 300 ± 0,2                    |
| Hidróxido de cálcio          | -                         | -                             | 104                          |

Tabela 2 - Traços de argamassa (g)

Posteriormente à mistura em argamassadeira e ensaio de índice de consistência, os CPs foram moldados<sup>(11)</sup>. Após 24 h, os traços de referência e com cinza de pinus, são desmoldados e deixados em cura submersa com água e cal até ensaio de resistência à compressão axial<sup>(6)</sup>. Já, para o traço de cal hidratada, passadas as 24 h da moldagem, os CPs continuaram nos moldes e são levados à estufa à 55°C, permanecendo lá por 6 dias, até ensaio de compressão<sup>(7)</sup>.

### 3 | RESULTADOS

#### 3.1 Concreto

Para os traços com 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de substituição de cimento pela cinza proveniente da combustão do pinus, os abatimentos encontrados foram, respectivamente, 27,5, 25, 48, 25 e 35 mm. Como na dosagem do concreto foi determinado o abatimento de 25 a 50 mm, os abatimentos encontrados atenderam o intervalo estipulado, não sendo necessário realizar qualquer tipo de correção.

##### 3.1.1 Perda de massa e análise de fissuras

Os ensaios de perda de massa e análise de fissuras foram realizados em todos os CPs expostos à 600°C. A perda de massa se deu pela diferença de massa antes e após a exposição dos CPs a 600°C. Após ensaio, a perda de massa para os traços de 0%, 5%, 10%, 15% e 20% de substituição do cimento Portland pela cinza estudada foram de respectivamente: 5,81%, 7,52%, 7,24%, 7,81% e 6,95%. A maior perda de massa foi encontrada no traço com 15% de substituição, com 287,46 g de diferença de massa antes e após a exposição.

A análise de fissuras foi feita de forma aleatória, nas regiões superior, intermediária e inferior de cada um dos CPs, com auxílio de um fissurômetro (Figura 2). Foram encontradas e quantificadas fissuras de 0,1 a 0,3 mm de espessura (Figura 3/Figura 2), com maior incidência das fissuras menores. Ainda, vale ressaltar que não houve deslocamento de concreto dos CPs.

##### 3.1.2 Absorção de água por capilaridade

O ensaio de absorção de água por capilaridade foi executado nos 15CPs expostos a 600°C e em 30 CPs que não passaram por elevação de temperatura (23°C)<sup>(12)</sup>.



Figura 2 – Corpos de prova após análise de fissuração

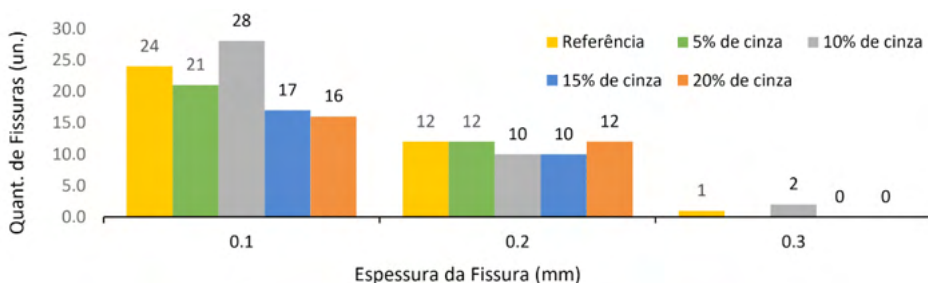


Figura 3 – Quantitativo das fissuras encontradas

Observa-se através do ensaio que os CPs não expostos à 600°C (Figura 4) apresentaram valores mais reduzidos de absorção de água por capilaridade do que os expostos a 600°C (Figura 5). Ainda referente aos CPs com exposição a altas temperaturas, os diferentes traços obtiveram uma evolução mais uniforme da absorção durante o tempo.

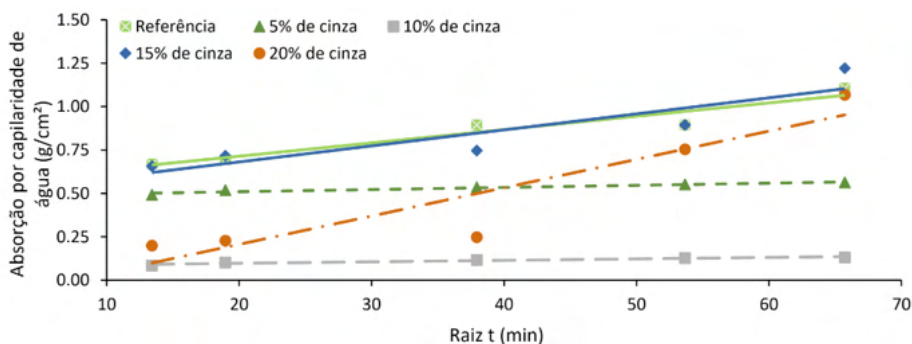


Figura 4 – Absorção de água por capilaridade no concreto sem exposição a 600°C

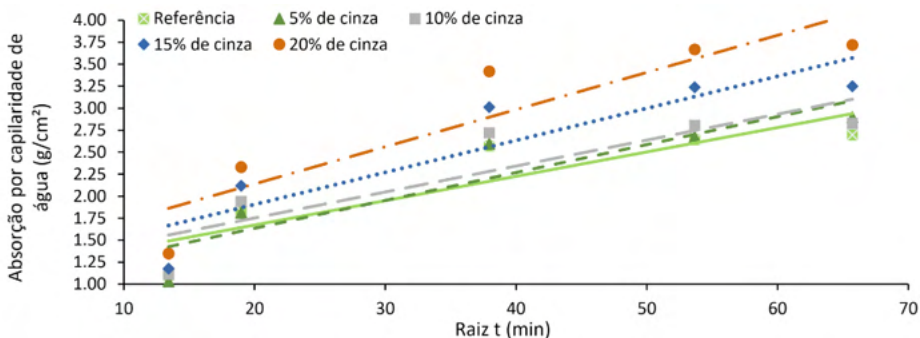


Figura 5 – Absorção de água por capilaridade no concreto com exposição a 600°C

### 3.1.3 Resistência à compressão axial

O ensaio de resistência a compressão axial foi realizado nos 15 CPs expostos a 600°C aos 28 dias de idade, e em 60 CPs sem a exposição a altas temperaturas, com 30 CPs ensaiados aos 9 dias e outros 30 CPs aos 28 dias de idade (Figura 6).

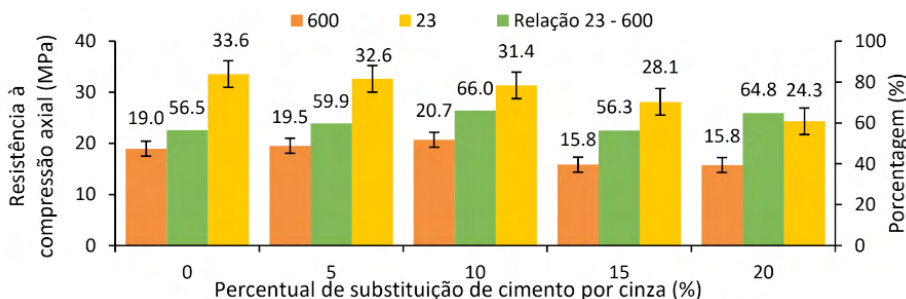


Figura 6 – Resistências características à compressão axial

A dosagem desses traços foi realizada para resistência característica de 30 MPa, e apenas os traços referência (0%), 5 % e 10% de substituição mantiveram a resistência desejada, quando analisados a sem exposição à 600°C (23°C). Como já era esperado, observa-se redução da resistência dos CPs expostos à 600°C, com maiores reduções para os traços referência e 15%.

### 3.1.4 Resistência à tração por compressão diametral

Os CPs ensaiados para resistência à tração por compressão diametral não sofreram exposição à temperatura a 600°C, e foram rompidos aos 14 e 28 dias (Figura 7). Como os concretos convencionais apresentam resistência à tração em torno de 10% da resistência à compressão axial<sup>(9)</sup>, os resultados foram satisfatórios para os traços

de concreto com até 10% de substituição, assim como para o ensaio de resistência a compressão axial.

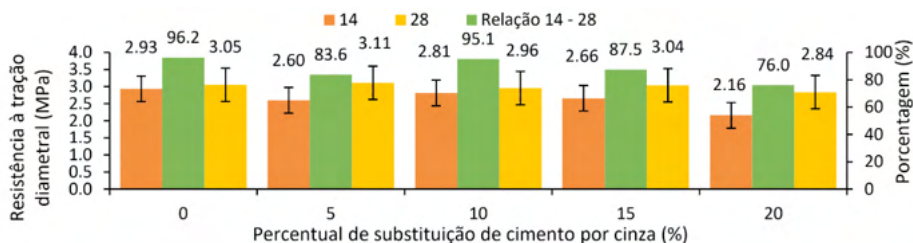


Figura 7 – Resistências à tração diametral

### 3.2 Argamassa

O índice de consistência da argamassa de cal hidratada foi de 220 mm <sup>(7)</sup>, sendo que o limite especificado em norma é de 225 ± 5 mm. Logo, o espalhamento encontrado respeitou o intervalo de abatimento da norma. Para ensaio de desempenho das argamassas, todos os CPs moldados foram ensaiados à compressão axial (Tabela 3).

| Argamassa                   | Resistência à compressão axial média (MPa) |
|-----------------------------|--|
| Referência                  | 20,2                                       |
| Cinza de <i>Pinus Taeda</i> | 8,4  |
| Cal hidratada               | 2,0  |

Tabela 3 – Resistência à compressão axial da argamassa

Para o material ser considerado pozolânico, a relação entre as médias das resistências à compressão axial do traço referência com o traço de cinza de *Pinus Taeda* precisaria ser igual ou superior a 90% <sup>(13)</sup>. Entretanto, o resultado encontrado foi de 42%, inferior ao exigido por norma. Outro fator que deve ser levado em consideração é que a média dos CPs de cal hidratada precisa ser igual ou superior a 6 MPa <sup>(13)</sup>. Contudo, obteve-se 2 MPa.

## 4 | CONCLUSÃO

No ensaio de índice de fissuras, os CPs expostos a 600°C apresentaram uma maior absorção em relação aos que não foram expostos (23°C). Ainda, apresentaram maior absorção de água por capilaridade e maior perda de massa, se comparado aos que não foram submetidos à elevação de temperatura. Para os ensaios de compressão axial, os CPs com substituição parcial do cimento de 10% pela cinza pesada proveniente da combustão do *Pinus Taeda*, mantiveram os resultados de um traço referência sob temperatura ambiente (23°C). Já, os CPs expostos a 600°C, apresentaram redução da resistência característica, pois as propriedades do concreto são perdidas ao serem

submetidos a elevação de temperatura.

Em relação aos estudos realizados com argamassa, o material não é considerado Pozolânico, pois os resultados encontrados são inferiores aos definidos em norma. Sendo assim, a cinza pesada proveniente da combustão do *Pinus Taeda* não pode ser utilizada como substituição do cimento Portland. Recomenda-se a realização de pesquisas com a utilização de cinza leve da combustão do *Pinus Taeda*, e, também, a caracterização química das cinzas.

## REFERÊNCIAS

1. FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L. **Tecnologias e materiais alternativos de construção: cinzas e aglomerantes alternativos**. Campinas: UNICAMP, 2003.
2. RODRIGUES, M. S.; BERALDO, A. L. Caracterização física e mecânica de argamassas à base de cimento Portland e cinza de casca de arroz residual. **Engenharia Agrícola**, [S.L.], v. 30, n. 2, p. 193-204, 2010.
3. PAULA, M.O. de et al. Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 353-357, 2009.
4. DINIZ, H. A. et al. Caracterização e avaliação das propriedades de concretos autoadensáveis com adições minerais e baixo consumo de cimento. **HOLOS**, [S.L.], v. 5, p. 51-64, 2018.
5. KIRCHHOFF, L. D. **Estudo teórico-experimental da influência do teor de umidade no fenômeno de spalling explosivo em concretos expostos a elevadas temperaturas**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 5752**: Materiais pozolânicos - determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 5751**: Materiais pozolânicos - determinação da atividade pozolânica com cal aos sete dias. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.
9. MEHTA, K. P.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3ª ed. São Paulo: IBRACON, 2008.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7214**: Areia normal para ensaio de cimento - especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7215**: Cimento Portland - determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos - determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12653**: Materiais Pozolânicos - Requisitos. Rio de Janeiro, 2014. Versão corrigida: 2015.



## Contatos

**Endereço:**

Av. Osvaldo Aranha, 99 - Prédio Castelinho, CEP:  
90035-190. Porto Alegre-RS.

**Telefone:**

(51) 3308-3518

**E-mail da comissão organizadora:**

enarc2021@gmail.com

**E-mail do comitê científico:**

enarc.ccientifico2021@gmail.com

**Site:**

<https://www.ufrgs.br/enarc2021>

**Instagram:**

<https://www.instagram.com/enarc2021/>

**Facebook:**

<https://www.facebook.com/enarc2021/>

