



**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 Cremo

**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 Maurente 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)

Glauceinei 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, Gislaïne	
 <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>





## ESTUDO EXPERIMENTAL DE ARGAMASSAS COM RESÍDUO DE CINZA VOLANTE DE MINÉRIO DE CARVÃO EM SUBSTITUIÇÃO AO AGREGADO MIÚDO

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

**BICA; BRUNO O.<sup>1</sup>; PADILHA; FRANCINE<sup>2</sup>; ROCHA; JANAÍDE<sup>3</sup>; GLEIZE; PHILIPPE<sup>4</sup>**  
<sup>1234</sup>UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.  
E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: BRUNOBICA01@GMAIL.COM

**RESUMO:** O trabalho propõe a utilização de cinza volante proveniente de carvão mineral como substituição parcial aos agregados de uma argamassa convencional produzida com cimento Portland CP-IV. Além da caracterização dos materiais, foram conduzidos ensaios nas pastas e na argamassa nos estados fresco e endurecido. A adição retardou o início das reações cinéticas de hidratação e aumento aproximadamente 36% o tempo de início de pega. Observou-se aumento de 27,3% na resistência à compressão e de 12,27% na resistência à tração na flexão. Os resultados demonstraram que a substituição parcial da areia pela cinza foi benéfica ao desempenho mecânico das matrizes estudadas.

**PALAVRAS-CHAVES:** Cinza volante, argamassa, resíduos.

**ABSTRACT:** The work proposes the use of fly ash from coal as a partial replacement for the aggregates of a conventional mortar produced with CP-IV Portland cement. In addition to the characterization of the materials, tests were conducted on pastes and mortar in the fresh and hardened states. The addition delayed the onset of kinetic hydration reactions and increased setting onset time by approximately 36%. An increase of 27.3% in compressive strength and 12.27% in flexural tensile strength was observed. The results showed that the partial replacement of sand by ash was beneficial to the mechanical performance of the matrices.

**KEYWORDS:** Fly ash, mortar, waste.

### 1 | INTRODUÇÃO

A industrialização, o crescimento populacional e o acelerado desenvolvimento da infraestrutura das cidades são acompanhados por elevados números de emissão de gases de efeito estufa. Cimento, que é a mercadoria importante da indústria da construção é responsável pela emissão de cerca de 7% destes gases (HAWILEH et. al., 2017; DEGLOORKAR & PANCHARANTHI, 2021).

A utilização de adicionais minerais na composição de matrizes objetiva a diminuição da produção e uso do cimento Portland, dos agregados naturais, além de mitigar os problemas ambientais. O uso de materiais alternativos na construção civil pode tornar a construção civil mais econômica e sustentável (WARDEN, 2005).

Adicionalmente, a utilização de resíduos minerais, como a cinza volante, pode promover expressivos ganhos nas propriedades das pastas e argamassas de cimento Portland: melhorias na trabalhabilidade, aumento da atividade pozolânica, densificação

da microestrutura e consideráveis ganhos de resistência em ensaios mecânicos.

Neste cenário, o Brasil produz cerca de 3 milhões de toneladas de cinzas volantes (provenientes do minério do carvão) anualmente. A descarga ambientalmente inadequada desse material causa sérios riscos à saúde por inalação de material particulado fino, influenciando, por exemplo, no mecanismo de reparo do DNA e formação de espécies orgânicas reativas, e à poluição ambiental (MATZENBACHER et al., 2017).

Diante disso, o uso de resíduos oriundos e a conseqüente redução na produção e uso do cimento Portland pode reduzir a emissão de gases nocivos e produzir significativos benefícios ambientais. Gartner & Sui (2018) e John et al. (2021) ressaltam a necessidade do emprego de ligantes alternativos para reduzir a emissão de dióxido de carbono e pegada de carbono. Por isso, diferentes tecnologias e materiais de diferentes naturezas que possibilitem a produção de materiais alternativos, mas igualmente eficientes estão no radar de interesses industriais e acadêmicos.

Nesse contexto, a pesquisa busca caracterizar de forma físico-química uma cinza proveniente de resíduo de carvão e analisar sua influência em ensaios de pastas e argamassas nos estados fresco e endurecido.

## 2 | PROGRAMA EXPERIMENTAL

O teor de substituição do agregado miúdo por cinza volante de minério de carvão foi estabelecido em 1/7 ou 14,29%. O teor foi adotado para que a cinza adicionada na mistura tivesse a mesma proporção de cimento utilizado e para verificar a influência dessa substituição nas propriedades mecânicas da argamassa. Para tanto, foram realizados ensaios de índice de consistência, tempo de pega, resistência à tração na flexão, resistência à compressão e reatividade.

### 2.1 Materiais e métodos

O cimento utilizado na pesquisa foi o Cimento Portland CP IV-32 com massa específica igual a 3,10 g/cm<sup>3</sup>. As composições químicas do cimento Portland e do resíduo (cinza volante de minério de carvão) foram obtidas por espectrometria de fluorescência por raios-X. O ensaio foi realizado com o equipamento EDX-7000 pertencente ao laboratório ValoRes da Universidade Federal de Santa Catarina. Identificou-se óxido de cálcio (CaO) e dióxido de silício (SiO<sub>2</sub>) como os principais componentes químicos do cimento. Estes representam, respectivamente, 51,44% e 31,12% da composição do material. Outros óxidos como o óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e óxido férrico (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) representam cerca de 13,56%. Já o resíduo é formado principalmente por sílica (63,48%) e alumina (23,64%). Ainda, é possível destacar a presença de óxido de cálcio (1,74%), óxido de potássio (3,64%) e óxidos de ferro (4,81%).

A distribuição granulométrica do agregado miúdo (areia fina natural) e do resíduo foi obtida através da NBR NM 248 (ABNT, 2003). A Figura 1 apresenta um gráfico comparativo da granulometria destes materiais.

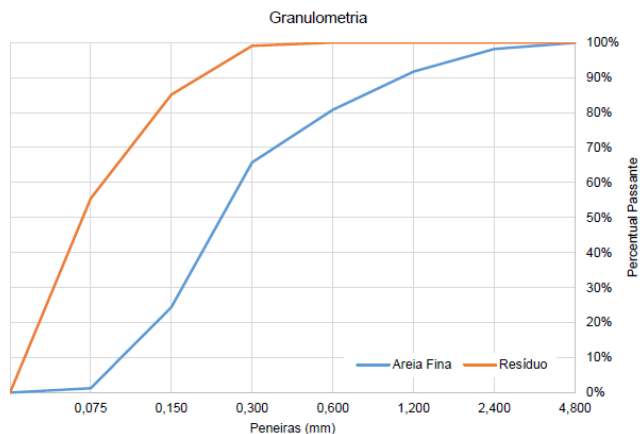


Figura 1 – Granulometria dos materiais

Fonte: Autores

A massa específica do agregado miúdo e do resíduo foram obtidas pelo método do picnômetro e possuem valores médios de  $2,72 \text{ g/cm}^3$  e  $2,25 \text{ g/cm}^3$ , respectivamente.

Também foram realizados ensaios para determinar a superfície específica dos materiais, de acordo com a NBR 16372 (ABNT, 2015), utilizando o Método de Blaine. A porosidade de 0,5 foi utilizada para o cálculo e tempo medido foi de 67,15 segundos para o cimento e 14 segundos para o resíduo. Assim, a superfície específica do cimento resultou em  $3786,33 \text{ cm}^2/\text{g}$  e do resíduo  $2425,09 \text{ cm}^2/\text{g}$ .

Foi utilizado um aditivo superplastificante a base de policarboxilatos na confecção das argamassas. O uso do aditivo químico visou compensar a eventual perda na trabalhabilidade das argamassas produzidas.

Para a produção das argamassas foi adotado um traço de referência de 1:7 e relação a/c de 0,5 e um traço com substituição parcial do resíduo. A adição de superplastificante foi realizada conforme a necessidade da mistura para atingir um espalhamento pré-definido de  $225 \pm 20 \text{ mm}$ . Assim, foram produzidas duas misturas: Mistura REF 1:7 (cimento:areia) e Mistura RES 1:1:6 (cimento:resíduo:areia).

Na mistura RES, substituiu-se parte da areia por resíduo, entretanto, manteve-se a relação volumétrica de agregado miúdo (areia+resíduo) em relação a argamassa de referência (REF). Também houve a necessidade de aumentar a relação a/c inicial para 0,7 na mistura RES por esta exigir uma maior quantidade de água para que fossem mantidas as características de coesão, homogeneidade e trabalhabilidade. A Tabela 1 exhibe o quantitativo de materiais utilizados na produção dos CPs prismáticos com e sem resíduo.

Argamassa	Cimento (g)	Areia (g)	Cinza (g)	Água (g)	Aditivo (g)
REF	310	1904	0	217	12,4
RES	310	1586,67	317,67	217	15,5

Tabela 1 – Quantitativo de materiais na confecção das argamassas

Para determinar os tempos de pega e verificar a influência do resíduo, aplicou-se os procedimentos descritos na norma NBR 16606 (ABNT, 2018) e NBR 16607 (ABNT, 2018) utilizando o aparelho de Vicat.

As moldagens foram feitas de acordo com NBR 5738: 2015. Foram utilizados corpos de prova confeccionados em formas prismática com dimensão 40x40x160mm para os ensaios de tração na flexão e compressão. Já para o ensaio de reatividade foi utilizado corpos de prova cilíndricos de 50x100mm, de acordo com a norma NBR 5752: 2014. Os CP's prismáticos permaneceram em caixa de isopor com sua superfície exposta protegida com pedaço de vidro durante 24 horas, a fim de evitar a perda de água da mistura para o ambiente externo. Os CP's cilíndricos foram mantidos em um tanque com água e cal, dentro da câmara úmida até os 28 dias de cura.

A resistência a tração na flexão foi realizada em três amostras para cada mistura utilizando CPs prismáticos de dimensões iguais a 40x40x160 mm para 28 dias de idade de cura. O ensaio seguiu o normatizado pela NBR 5738 (ABNT, 2015). Os ensaios de resistência à compressão simples seguiram as recomendações da NBR 13279 (ABNT, 2005). Para tanto, foram utilizadas as metades dos CPs do ensaio de resistência à tração na flexão.

O ensaio de reatividade foi realizado de acordo com a NBR 5752 (ABNT, 2014). Para o ensaio foram produzidas duas misturas, uma composta por 100% de Cimento Portland, areia e água (REF) e outra composta por 75% de Cimento Portland e 25% de resíduo, areia e água. Foram confeccionados 3 corpos de prova cilíndricos de 50 mm de diâmetro e 100mm de altura para cada mistura com idades de 28 e 63 dias.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Índice de consistência

As duas argamassas atingiram o espalhamento inicialmente estabelecido. A média de espalhamento para argamassa REF foi de 229 mm e para argamassa RES de 234,3 mm. Esta última exigiu maior teor de aditivo superplastificante. O aumento do teor de aditivo ocorreu devido as partículas de resíduo serem menores e apresentarem maior área de contato que as partículas da areia, retendo mais água e diminuindo a trabalhabilidade.

#### 3.2 Tempo de pega

Na pasta com resíduo foi incorporado apenas a parcela mais fina do material (passante pela peneira 0,075mm). O tempo de início de pega obtidos foram de 289 min para argamassa REF e 395 min para argamassa RES. A Figura 2 apresenta o gráfico das

leituras do ensaio de tempo de pega nas pastas e sua tendência de comportamento para um intervalo de 0 a 784 minutos (valor máximo estipulado pela polinomial de tendência).

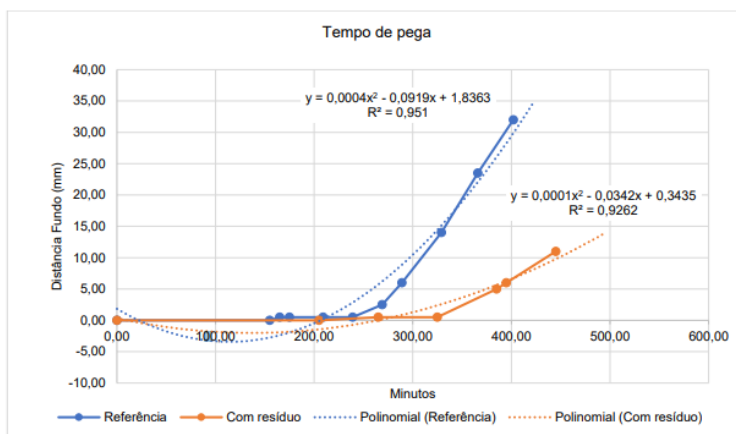


Figura 2 – Resultado do ensaio de tempo de pega

Fonte: Autores

O tempo final da pega pode ser estipulado através da polinomial de tendência apresentado na Figura 2. Dessa forma, os tempos finais de pega foram estipulados em 424 min para a argamassa REF e 784 min para argamassa RES. A adição da cinza funcionou como um retardante no início das reações cinéticas de hidratação da pasta, aumentando em aproximadamente 36% o tempo de início de pega. O tempo do fim de pega não pode ser mensurado. Ressalta-se, entretanto, que os valores também podem ter sido diretamente influenciados pela utilização de aditivo superplastificante.

### 3.3 Resistência à tração na flexão

Os valores médios obtidos de resistência para esse ensaio estão apresentados na Tabela 2.

Argamassa	Resistência média (MPa)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
REF	2,77	0,08	2,81
RES	3,11	0,18	5,91

Tabela 2 – Resistência média à tração na flexão

O resíduo proporcionou um aumento de resistência de 12,27% em relação a argamassa de referência. A incorporação de resíduos nas matrizes cimentícias aumentou a quantidade de componentes ligados diretamente com a formação dos produtos de hidratação da pasta, como alumina e sílica, o que pode ter favorecido ao ganho de

resistência observado. Ainda, devido sua granulometria mais fina, as partículas da cinza volante preenchem os poros das argamassas, densificando sua matriz cimentícia e, consequentemente, melhorando seu desempenho mecânico. Assim como observado nos resultados dos tempos de pega, a adição de superplastificante nas misturas podem ter influenciado nos valores dos ensaios de resistência à tração.

### 3.4 Resistência à compressão simples

Os resultados obtidos, exibidos na Tabela 3, apresentaram a mesma tendência que os valores encontrados no ensaio de resistência a tração na flexão.

Argamassa	Resistência média (MPa)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
REF	9,41	0,54	5,79
RES	11,98	0,32	2,65

Tabela 3 – Resistência média à compressão simples

A incorporação do resíduo melhorou a resistência a compressão em torno de 27,31% em relação a argamassa de referência. Assim como observado nos resultados de tração na flexão, os melhores resultados da argamassa com adição do resíduo devem-se principalmente a maior quantidade de produtos de hidratação do cimento e a maior densificação das matrizes cimentícias devido ao tamanho das partículas da cinza. O uso do superplastificante pode ter sido fator determinante no aumento da resistência à compressão das argamassas através do aumento da fluidez e coesão das argamassas.

### 3.5 Reatividade (índice de desempenho)

Os resultados obtidos no ensaio de reatividade são mostrados pela Tabela 4.

Idade	Argamassa	Resistência média (MPa)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
28 dias	REF	12,41	0,08	0,63
	RES	10,78	0,37	3,41
63 dias	REF	17,39	0,71	4,07
	RES	16,48	0,45	2,75

Tabela 4 – Resistência média à compressão no ensaio de reatividade

A substituição do cimento por 25% do resíduo reduziu a resistência das argamassas. Entretanto, a partir da média das resistências à compressão foi calculado o índice de desempenho do material, resultando em 87% aos 28 dias e 95% aos 63 dias.

Pode-se afirmar, a partir dos resultados obtidos, que a mistura com 25% de resíduo apresentou desempenho mecânico coerente. Tal fato indica que este resíduo pode apresentar atividade pozolânica devido sua incorporação ter diminuído as resistências

em apenas 13% aos 28 dias e apenas 5% aos 63 dias em relação a argamassa referência. Assim, supõem-se que a cinza, bem como o cimento CP IV, ganham resistência ao longo do tempo, praticamente igualando os resultados obtidos da argamassa referência com a argamassa com resíduo em idades mais avançadas.

#### 4 | CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados obtidos no programa experimental proposto, a pesquisa obteve as seguintes conclusões:

- A adição da cinza funcionou como um retardante no início das reações cinéticas de hidratação da pasta, aumentando em aproximadamente 36% o tempo de início de pega. O tempo do fim de pega não pode ser mensurado.
- A necessidade de maior quantidade de aditivo nas pastas RES, para atingir abertura semelhante à da pasta referência, ocorreu devido as partículas de resíduo serem menores e apresentarem maior área de contato que as partículas da areia.
- Foi observado um acréscimo de 27,3% na resistência à compressão e de 12,27% na resistência à tração na flexão das argamassas. Isso pode indicar que a substituição parcial da areia pela cinza foi benéfica quanto ao desempenho mecânico das matrizes cimentícias. O uso do superplastificante pode ter influenciado no aumento das resistências devido aos efeitos benéficos na fluidez e coesão.
- Durante os ensaios de reatividade, houve uma diminuição da resistência à compressão em torno de 13% das amostras. A redução foi considerada pequena e os resultados indicam um bom nível de atividade pozolânica do resíduo.

#### REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólido**. Rio de Janeiro, 2004.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão**. Rio de Janeiro, 2005.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16372: Cimento Portland e outros materiais em pó - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine)**. Rio de Janeiro, 2015.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16606: Cimento Portland — Determinação da pasta de consistência normal**. Rio de Janeiro, 2018.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16607: Cimento Portland — Determinação dos tempos de pega**. Rio de Janeiro, 2018.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5752: Materiais pozolânicos — Determinação do índice de desempenho com cimento Portland aos 28 dias**. Rio de Janeiro, 2014.



8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados - Determinação da composição granulométrica - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2003.
9. DEGLOORAKAR, N. K.; PANCHARATHI, R. K. **Use of particle packing methods for development of lime fly ash-based mortars for repair of heritage structures**. *Materials Today: Proceedings*. India, 2021.
10. GARTNER, T.; SUI, T. **Alternative cement clinkers**. *Cement Concrete Resistence*. 114, 27–39, <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2017.02.002>. 2018
11. HAWILEH, R. A.; ABDALLA, J. A.; FARDMANESH, F.; SHAHSANA, P.; KHALILI, A. **Performance of reinforced concrete beams cast with different percentages of GGBS replacement to cement**, *Arch. Civ. Mech. Eng.* 17 (3) 511–519, 2017.
12. MATZENBACHER, C. A. et al. **DNA damage induced by coal dust, fly and bottom ash from coal combustion evaluated using the micronucleus test and comet assay in vitro**. *Journal of hazardous materials*, v. 324, p. 781-788, 2017.
13. SAVASTANO, H.; WARDEN, P. G. **Special theme issue: Natural fibre reinforced cement composites**. *Cement and Concrete Composites*, v. 27, n. 5, p. 517, maio 2005. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958946504001556>.
14. SHAISE, K.; JOHN, Y. N.; GIRIJA, K. **Effect of source materials, additives on the mechanical properties and durability of fly ash and fly ash-slag geopolymer mortar: A review**. *Construction and Building Materials*. 280. 122443, India, 2021.



## 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/>

