



# 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)

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, 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>



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

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

COLONETTI; LUÍS GUSTAVO VIEIRA<sup>1</sup>; PIROLA; DOUGLAS LEFFA<sup>2</sup>; PIVA; JORGE HENRIQUE<sup>3</sup>; MACCARINI; HELENA SOMER<sup>4</sup>; WANDERLIND; AUGUSTO<sup>5</sup>; ANTUNES; ELAINE GUGLIELMI PAVEI<sup>6</sup>

<sup>1</sup>UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC; <sup>2</sup>UNESC; <sup>3</sup>UNESC; <sup>4</sup>UNESC; <sup>5</sup>UNESC; <sup>6</sup>UNESC.

E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: ELAINEGPA@UNESC.NET

**RESUMO:** Esta pesquisa tem por finalidade analisar a influência da substituição da areia natural pelo pó de pedra na fabricação de tubos de concreto de 400 mm. Para tal, foram executados tubos de concreto com cinco diferentes traços, sendo o primeiro, considerado de referência, e os outros quatro com percentuais de substituições de 100, 75, 50 e 25% da areia natural pelo pó de pedra. Para análise dos tubos realizou-se ensaios de resistência à compressão diametral e de absorção de água. Verificou-se que a resistência à compressão não foi influenciada pela substituição, no entanto, houve um aumento na absorção de água.

**PALAVRAS-CHAVES:** Artefatos de concreto; drenagem urbana; componente de concreto, pó de pedra.

**ABSTRACT:** This research aims to analyze the influence of replacing natural sand by stone powder in the manufacture of concrete pipes of 400 mm. For this purpose, concrete pipes were made with five different mixes, being the first one considered as the reference, and the other four with replacement percentages of 100, 75, 50 and 25% of the natural sand by stone powder. For the analysis of the pipes, strength tests were performed for diametrical compression and water absorption. It was verified that the compressive strength was not influenced by the substitution, however, there was an increase in water absorption.

**KEYWORDS:** Concrete artifacts; urban drainage; concrete component; stone powder.

### 1 | INTRODUÇÃO

O índice de construção civil vem obtendo crescimento significativo nos últimos anos e a disponibilidade de materiais de construção no mercado contribuem para tal crescimento. Dentre os materiais de construção que contribuem para o desenvolvimento destacam-se os materiais que são empregados em grande volume, como por exemplo, os agregados. Os agregados são materiais amplamente utilizados na construção civil e, principalmente, na fabricação de concretos e argamassas. De acordo com Anuário Mineral Estadual Santa Catarina Anos Base 2017 a 2018 (BRASIL, 2019)<sup>1</sup>, o consumo de areia, por exemplo, em Santa Catarina, tanto bruta quanto beneficiada, ultrapassou as 6.171.203 toneladas. No entanto, conforme Viacelli (2012)<sup>2</sup>, existem dificuldades em algumas cidades ou regiões para se obter areia de qualidade, isto é, que atenda efetivamente as diretrizes normativas para seu uso em concretos e argamassas. Além

disso, cita-se também, a proibição da extração de algumas jazidas naturais, tendo em vista que a extração de areia natural traz impactos à agressivos ao meio ambiente (TEODORO, 2013)<sup>3</sup>. Dado esses fatores, a areia média lavada aumentou seu custo, entre os anos de 2019 e 2020, em aproximadamente 21%, valor este acima do Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M) (MULATO, 2020)<sup>4</sup>.

Nesse contexto, torna-se importante pesquisar resíduos e/ou novos materiais que possam ser utilizados como agregado miúdo, como é o caso, do pó de pedra. O pó de pedra, também conhecido como areia artificial, é proveniente do beneficiamento de rochas, trata-se de um material pétreo fino gerado durante o processo de britagem (VIACELLI, 2012)<sup>2</sup>. Campos (2015)<sup>5</sup> ressalta que a utilização do pó de pedra tem base na sustentabilidade, levando em consideração que a utilização do resíduo reduz a deposição na natureza, aumenta a preservação dos corpos hídricos, além de poder conferir as construções desempenho e ter um viés econômico, já que se trata de um resíduo.

E, para implementar o uso do pó de pedra em quantidades mais expressivas, a fim de diminuir o uso de areia lavada, definiu-se, nessa pesquisa, o estudo do uso de pó de pedra para a fabricação de tubos de concreto, considerando que no Brasil os órgãos públicos optam majoritariamente pelo uso de tubos de concreto para drenagem urbana (NETO, 2008)<sup>6</sup>. Segundo Trentin (2014)<sup>7</sup>, “O material concreto apresenta uma série de vantagens, como durabilidade, baixa permeabilidade, resistência às intempéries e resistência a compressão. Estas qualidades fizeram com que a sua aplicação na captação de águas pluviais fosse difundida, uma vez que os condutos geralmente são enterrados, e dessa maneira, estão sujeitos a esforços de compressão e expostos à ação da água”. Os tubos de concreto, podem ser classificados quanto a seu diâmetro nominal que varia de 200 a 2000 mm em seções circulares, quanto à resistência a compressão diametral, quanto à estrutura, com ou sem reforço estrutural, e quanto ao tipo de ligação (macho/fêmea ou ponta/bolsa) segundo a ABNT NBR 8890:2020<sup>8</sup>.

Nesse contexto, esta pesquisa tem por objetivo analisar a influência na resistência à compressão diametral e absorção de água da substituição total e parcial da areia por pó de pedra em tubos de concreto com diâmetro nominal de 400 mm.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O cimento adotado na pesquisa para a produção dos tubos foi o cimento Portland CPV ARI (Alta Resistência Inicial). Os agregados utilizados foram: areia lavada média; pó de pedra, pedrisco e brita 1. Todos os agregados passaram por ensaios de caracterização física de granulometria (NBR NM 248:2003)<sup>9</sup>, massa específica e massa unitária (ABNT NBR NM 45:2006<sup>10</sup>, ABNT NBR 16917: 2021<sup>11</sup>, ABNT NBR16916: 2021<sup>12</sup>), conforme as normativas pertinentes. Segundo a ABNT NBR 8890:2020<sup>8</sup>, os agregados devem atender às exigências da ABNT NBR 7211:2019<sup>13</sup>, sendo sua dimensão máxima característica limitada ao menor valor entre um terço da espessura da parede do tubo.

Os tubos foram fabricados com o sistema macho e fêmea em uma prensa rotativa onde a intensidade da compressão é determinada pela velocidade da subida do êmbolo e a velocidade da subida do êmbolo é determinada pela adição de concreto na execução do tubo. Segundo Gimenez (2008)<sup>14</sup> esse processo de fabricação é o mais usual para tubos de concreto. O desforme do tubo foi realizado logo após sua confecção,



pois eles já tinham resistência para suportarem o próprio peso. O processo de cura foi realizado ao ar, em um ambiente protegido das intempéries durante três dias, de modo a evitar a ocorrência de fissuras e garantir sua capacidade resistente, como prescreve a ABNT NBR 8890:2020<sup>8</sup> e, posteriormente, estocados ao ar livre até completarem os 28 dias.

O traço de referência empregado na pesquisa foi estabelecido com base no traço utilizado por empresa especializada na fabricação de tubos da região do extremo sul catarinense. O traço unitário de referência foi de: 1: 4,6: 3,6: 1,8: 0,6 (cimento: areia: pedrisco: brita: água), em massa. Os percentuais de substituição da areia pelo pó de pedra foram de 25%; 50%, 75% e 100%, em relação à massa seca da areia. Como há poucas pesquisas científicas na área de fabricação de tubos de concreto e, por conseguinte, não se encontrou estudos com substituição de areia por pó de pedra em traços de tubos, optou-se, inicialmente, por uma substituição total (100%) e por substituições fracionárias de 25%, 50% e 75%. Os traços foram codificados conforme o teor de substituição T25, T50, T75, T100 e TREF para o traço de referência – sem substituição. A Tabela 1 apresenta a quantidade de cada material para a produção de 3 tubos de concreto, de acordo com a porcentagem de substituição.

Para a execução do ensaio de compressão diametral, seguiu-se as diretrizes da ABNT NBR 8890:2020<sup>8</sup>. Os testes foram realizados com o uso de uma célula de carga HBM U10M com capacidade máxima de 500kN, apoiado sob um pórtico de reação. A aplicação de carga foi de 35 kN.min<sup>-1</sup> constantemente, portanto, não inferior a 5 kN.min<sup>-1</sup> e nem superior a 35 kN.min<sup>-1</sup>, como preconiza a ABNT NBR 8890: 2020<sup>8</sup>. Após a ruptura do tubo, obteve-se o valor de resistência em kN.m<sup>-1</sup>.

Material	TREF (kg)	T25 (kg)	T50 (kg)	T75 (kg)	T100 (kg)
Cimento Portland	50	50	50	50	50
Areia	230	172,5	115	57,5	0
Pó de Pedra	0	57,5	115	172,5	230
Pedrisco	180	180	180	180	180
Brita	90	90	90	90	90
Água	30	30	30	30	30

Tabela 1 – Quantitativo de materiais para a produção de 3 tubos de concreto

Segundo a ABNT NBR 8890: 2020<sup>8</sup>, os tubos de concreto sem reforço estrutural podem ser classificados quanto à sua compressão diametral em: Pluvial Simples (PS) e Esgoto sanitário (ES); os pluviais ainda se subdividem em dois grupos PS1 e PS2. Os valores de carga mínima de ruptura para tubos com diâmetro nominal 400 mm, sendo para PS1: 16 kN/m, PS2: 24kN/m e ES: 36 kN/m.

O ensaio de absorção de água foi desenvolvido com base nas diretrizes do ensaio de absorção de água repassada pelo Anexo D da ABNT NBR 8890: 2020<sup>8</sup>, sendo a absorção máxima de água em relação à sua massa seca limitada a 6% para esgoto sanitário e 8% para água pluvial. A mesma normativa indica utilizar corpos de prova

com área nominal entre 100 e 150 cm<sup>2</sup>, porém utilizou-se amostras dos tubos rompidos devido à dificuldade de se cortar o concreto.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A areia possui módulo de finura igual a 3,1 e diâmetro máximo de 4,75 mm. Já, o pó de pedra tem seu módulo de finura igual a 3,0 e diâmetro máximo de 4,75 mm, classificando-os como areia grossa, segundo a classificação pertinente à ABNT NBR 7211:2019<sup>13</sup>. Ambos atendendo os limites da zona utilizável da ABNT NBR 7211:2019<sup>13</sup>. A Figura 1 representa a curva de distribuição granulométrica dos agregados miúdos bem como os limites da zona utilizável e zona ótima, determinada pela ABNT NBR 7211:2019<sup>13</sup>.

Como pode ser visualizada na Figura 1, a composição granulométrica da areia atende aos limites utilizáveis pré-determinados pela ABNT NBR 7211:2019<sup>13</sup>. Enquanto, o pó de pedra tem excesso de grãos encontrados nas peneiras 2,36 mm e 1,18 mm totalizando 52,08% do seu material, ultrapassando o limite utilizável, e 17,45% passante na peneira 0,15 mm, sendo assim, um material com uma porcentagem de material fino maior do que o limite utilizável segundo a ABNT NBR 7211:2019<sup>13</sup>.

Uma alta porcentagem de material fino, passante na 0,15mm, exige aumento de água de amassamento, pois a maior superfície específica desse material requer maior quantidade de água para hidratação de todos os grãos. Essa supremacia na presença de finos foi perceptível nos traços T75 e no T100. Segundo Viacelli (2012)<sup>2</sup> a granulometria de um agregado está diretamente ligada à qualidade do concreto, devido ao empacotamento dos grãos diminuir vazios internos influenciando diretamente na sua resistência mecânica. Ainda, segundo o mesmo autor, concretos com agregados com módulo de finura elevado tendem a ser pouco trabalháveis, já concretos com agregados muito finos requerem uma quantidade maior de água, influenciando diretamente na sua resistência.

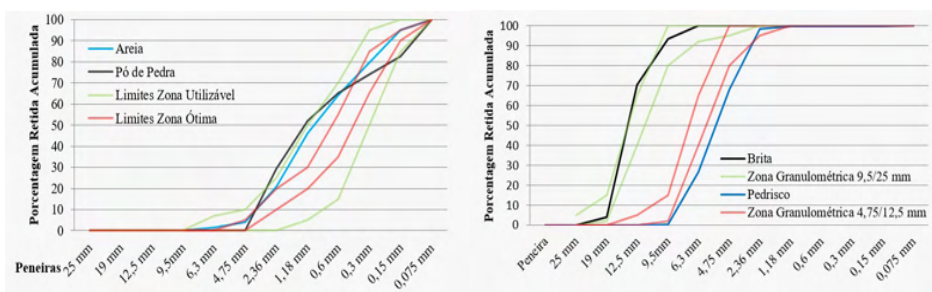


Figura 1 - Composição Granulométrica dos Agregados Miúdos e Graúdos respectivamente

Fonte: Autor

Ainda, conforme visualiza-se na Figura 1, verificou-se que o agregado pedrisco ficou fora da zona granulométrica 4,75/12,5mm dita pela norma como d/D, onde “d” é o diâmetro mínimo e “D” é o diâmetro máximo. Cabe salientar, que está é a menor

zona granulométrica encontrada na ABNT NBR 7211:2019<sup>13</sup>.

Por meio de análise dimensional, foi verificado que o tubo de 40 cm, teve uma média de espessura de parede de 45 mm. Segundo a ABNT NBR 8890:2020<sup>8</sup>, o diâmetro máximo do agregado se limita a um terço da espessura de parede do tubo. O diâmetro máximo encontrado na brita, não respeitou os limites de norma.

Os valores de massa unitária no estado solto verificados para a areia, pó de pedra, pedrisco e brita foram de 1.448,8 kg/m<sup>3</sup>, 1.545,0 kg/m<sup>3</sup>, 1.452,5 kg/m<sup>3</sup>, 1.510,0 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. Enquanto os valores de massa unitária no estado compactado foram de 1.572,5 kg/m<sup>3</sup>, 1.725,0 kg/m<sup>3</sup>, 1.563,7 kg/m<sup>3</sup> e 1.663,7 kg/m<sup>3</sup>, na mesma sequência elencada na frase acima. Já, os valores de massa específica verificados para a areia, pó de pedra, pedrisco e brita foram de 2.630,0 kg/m<sup>3</sup>, 2.860,0 kg/m<sup>3</sup>, 2.890,0 kg/m<sup>3</sup>, 2.920,0 kg/m<sup>3</sup>, sequencialmente.

A maior presença de finos pode gerar um menor índice de vazios aumentando sua massa unitária, porém o aumento de finos acarreta também no aumento de consumo de cimento, aumentando o custo do tubo.

Os resultados do ensaio de resistência à compressão diametral dos tubos de concreto estão apresentados na Tabela 2.

Ao se analisar os valores, apresentados na Tabela 2, de média e desvio padrão, percebe-se uma diminuição da resistência a partir do T50. Ao se comparar os resultados obtidos para a resistência à compressão com os resultados de composição granulométrica dos agregados, verificou-se que, a não ser pela maior presença de finos, que a areia e o pó de pedra são similares. E, por tal motivo, justifica-se o porquê da substituição da areia lavada pelo pó de pedra não ter influenciado estatisticamente nos valores de resistência à compressão dos tubos de concreto.

TREF		T25		T50		T75		T100	
CP 01	32,90	CP 01	30,37	CP 01	35,70	CP 01	30,09	CP 01	29,03
CP 02	32,50	CP 02	37,38	CP 02	35,07	CP 02	29,57	CP 02	31,90
CP 03	33,90	CP 03	34,65	CP 03	31,55	CP 03	29,88	CP 03	29,95
CP 04	32,13	CP 04	30,26	CP 04	33,41	CP 04	32,16	CP 04	28,45
CP 05	31,65	CP 05	30,10	CP 05	31,61	CP 05	31,30	CP 05	32,45
Média	32,62	Média	32,55	Média	33,47	Média	30,60	Média	30,36
Desv. Pad	0,85	Desv. Pad	3,31	Desv. Pad	1,92	Desv. Pad	1,09	Desv. Pad	1,76

Tabela 2 – Resistência à compressão diametral (kN/m)

Analisando as médias de cada traço, verifica-se que os tubos ensaiados atenderam à resistência mínima de 16 e 24 kN.m<sup>-1</sup> de águas pluviais, porém nenhum traço atendeu as especificações de esgoto sanitário, prescritas na ABNT NBR 8890:2020<sup>8</sup>.

Segundo a ABNT NBR 8890:2020<sup>8</sup>, a absorção de água nos tubos de concreto não deve ultrapassar os 8% para condutos de águas pluviais e de 6% para condutos

de esgoto, este último mais rigoroso pelo fato de que os esgotos podem apresentar contaminantes. Somente um caso pontual no T100 não atendeu à absorção 6%. Os resultados médios de absorção de água podem ser visualizados no gráfico apresentado na Figura 2.

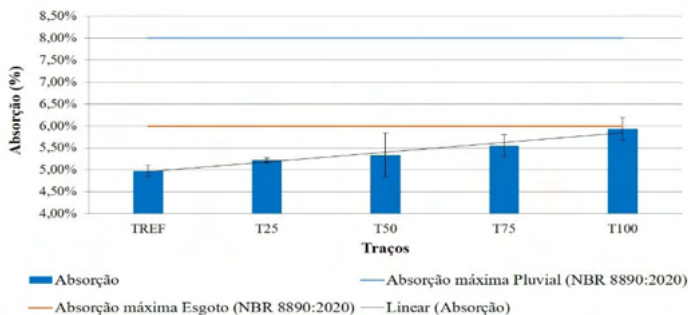


Figura 2 – Absorção de Água

Fonte: Autor

Na Figura 3 se apresenta um gráfico ao qual relaciona a compressão diametral com a absorção nos tubos de concreto. Com base na visualização percebe-se que a partir do T75 as absorções de água são maiores e as resistências de compressão diametral médias são menores.

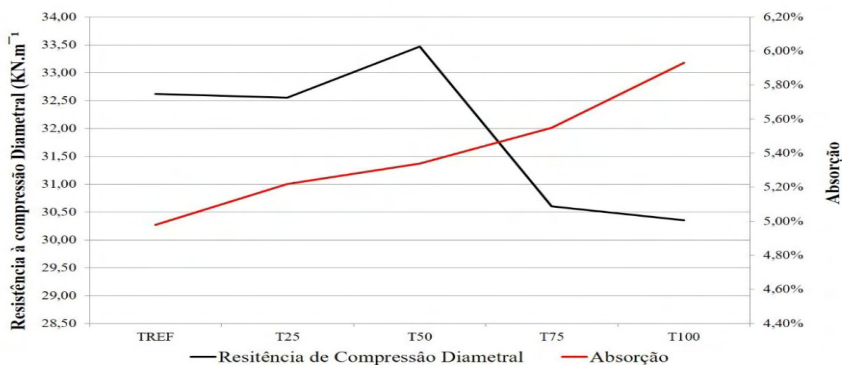


Figura 3 – Relação entre a compressão diametral e absorção

Fonte: Autor

Nota-se que à medida que foi substituindo os materiais, a absorção de água foi aumentando.

## 4 | CONCLUSÕES

Com base nos resultados verifica-se que a substituição da areia pelo pó de pedra nos diferentes percentuais não influenciou estatisticamente no resultado de resistência à compressão dos tubos. No entanto, ao se analisar somente os valores de média, percebe-se uma tendência de diminuição da resistência a partir do T50. A pouca distinção de resistência pode ser justificada ao fato da composição granulométrica ser similar entre os agregados empregados. A absorção de água do concreto variou à medida que o percentual de substituição da areia por pó de pedra foi aumentado, onde se observa que a substituição de 75% e 100% têm mudanças significativas em relação ao traço referência. No entanto, todos os tubos atendem a resistência mínima de  $24 \text{ kN.m}^{-1}$ , para condutos de águas pluviais, exigida pela ABNT NBR 8890: 2020<sup>8</sup>, enquanto os mesmos não podem ser utilizados para esgoto sanitário. Segundo a ABNT NBR 8890: 2020<sup>8</sup>, os tubos da pesquisa podem ser classificados como tubos de concreto de condução pluvial, classe de resistência PS2, sem reforço estrutural, diâmetro nominal (DN) 400 mm e encaixe macho/fêmea de junta rígida. (PS2 DN400 MFJR).

## REFERÊNCIAS

1. Brasil. Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Estadual – Santa Catarina** / Coord. Técnica de Marina Dalla Costa et al.; Equipe Técnica por Júlio César Recuero. – Brasília: ANM, 2019. 57 p.
2. VIACELLI, Luana. **Estudo da viabilidade da utilização do agregado miúdo britado em concreto convencional**. 2012. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.
3. TEODORO, S. B. **Avaliação do uso da areia de britagem na composição do concreto estrutural**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Faculdade de Engenharia da UFJF. Juiz de Fora, 2013.
4. MULATO, Y. **Custo da Construção em SP se mantém estável em dezembro**. AECweb, São Paulo, 06 de Jan. de 2020. Disponível em: < <https://www.aecweb.com.br/revista/noticias/custo-da-construcao-em-sp-se-mantem-estavel-em-dezembro/19571>>. Acesso em 30 de mai. de 2019.
5. CAMPOS, H. F. **Concreto de alta resistência utilizando pó de pedra como substituição parcial do cimento Portland: Estudo experimental**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
6. NETO, P. J. C; DEBS, M.K.E, **Manual técnico de drenagem e esgoto sanitário - Histórico e principais aplicações**. 1.ed São Paulo: Ribeirão Preto. 2008.
7. TRENTIN, T. F. S. **Análise estrutural de tubos de concreto armado com resíduo de borracha de pneu**. 2014. 104 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2014.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 8890**: tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2020.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR NM 248**: Composição granulométrica para agregados miúdos – Especificação. Rio de Janeiro, 2003
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR NM 45**: Agregados -Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 16917**: Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 16916**: Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.

13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2019.

14. GIMENEZ, Arlindo, B. **Processos de Produção, Problemas e Dificuldades Encontradas na Fabricação de Tubos e Aduelas de Concreto**. In: CHAMA NETO, Pedro J. (Coord.). Manual Técnico de Drenagem e Esgoto Sanitário. 1ª ed. Ribeirão Preto – SP: Associação Brasileira dos Produtores e Tubos de Concreto – ABTC, 2008.



## 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/>

