



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^a Dr^a 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^a Dr^a 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^a Dr^a Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^a Dr^a Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^a Dr^a 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

contato@atenaeditora.com.br

Atena
Editora

Ano 2021



Declaração dos autores

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



Declaração da editora

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



Apresentação

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



Agradecimentos

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

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

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

Ao Sinduscon-RS, pelo apoio e divulgação.

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

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

Nosso muito obrigado a todos.

PROMOÇÃO



PATROCINADORES



APOIO



ORGANIZAÇÃO





Comissão organizadora local

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





Comitê científico

Profa. Luciana Cordeiro (UFPA) – Comissão coordenadora

Profa. Sofia Bessa (UFMG) – Comissão coordenadora

Revisores

Abrahão Bernardo Rohden (FURB)

Adeildo Cabral (IFCE)

Adriana Gumieri (UFMG)

Aline Barboza (UFAL)

Ana Paula Maran (UFMS)

Ana Paula Milani (UFMS)

Anderson Muller (IFSC)

Andrea Franco (UFMG)

Ariane P. Rubin (UFSC)

Carina Stolz (FEEVALE)

Carlos Eduardo Marmorato (UNICAMP)

Cláudia Ruberg (UFPB)

Cláudio Kazmierczak (UNISINOS)

Dóris Bragança (UFRGS)

Edna Possan (UNILA)

Eduardo Grala (UFPEl)

Eduardo Polesello (FEEVALE)

Elaine Antunes (UNESC)

Fabiano Pereira (UNESC)

Fabriccio Almeida (SENAI)

Feliciane Brehm (UNISINOS)

Felipe Moreira (UFPA)

Felipe Reis (IFPA)

Fernanda Costa (UFRB)

Fernando Almeida (UFMG)

Fernando José (UFMG)

Geilma Vieira (UFES)

Giselle Reis (SERG/RS)

Glaucinei Correa (UFMG)

Guilherme Brigolini (UFOP)

Guilherme Cordeiro (UENF)

Isaura Paes (UFPA)

Janaíde Rocha (UFSC)

Jardel Gonçalves (UFBA)

João Adriano Rossignolo (USP)

Juliana Moretti (UNIFESP)

Luciana Cordeiro (UFPA)

Lucimara Leal (IFPA)

Luiz Maurício Maués (UFPA)

Luizmar Lopes (UPF)

Marcelo Massulo (UFPA)

Marcelo Picanço (UFPA)

Márcia França (UFMG)

Maria Teresa Aguilar (UFMG)

Marlon Longhi (UFRGS)

Maurício Pina (UFPA)

Maurilio Pimentel (UFPA)

Mirna Gobbi (PROARQ/UFRJ)

Mônica Leite (UEFS)

Muriel Froener (UCSul)

Patrícia Chaves (IFPA)

Patrícia Lovato (UPF)

Paulo Gomes (UFAL)

Rafael Mascolo (UNIVATES)

Ricardo Girardi (PUCRS)

Richard Lermen (IMED)

Risete Braga (UFPA)

Robson Fernandes (UFPA)

Rodrigo Silva (IMED)

Sabino Alves (UNIFESSPA)

Sandra Oda (UFRJ)

Sofia Bessa (UFMG)

Talita Miranda (UFMG)

Teresa Barbosa (UFJF)

Thiago Braga (UFPA)

Thiago Melo Grabois (UFRJ)

White dos Santos (UFMG)

SUMÁRIO

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

CAPÍTULO 1.....1

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

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

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

CAPÍTULO 2.....9

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

COSTA; Ana Rita Damasceno; GONÇALVES; Jardel Pereira

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

CAPÍTULO 3.....17

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

COSTA; Ana Rita Damasceno; GONÇALVES; Jardel Pereira

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

CAPÍTULO 4.....26

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

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

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

CAPÍTULO 5.....33

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

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

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

CAPÍTULO 6.....	42
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108116	
CAPÍTULO 7.....	51
AVALIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA DE MISTURAS SOLO-RESÍDUO VISANDO A UTILIZAÇÃO COMO BARREIRAS IMPERMEÁVEIS EM ATERROS SANITÁRIOS	
BRESSAN JUNIOR; José C.; ZAMPIERI; Lucas Q.; NIENOV, Fabiano A.; LUVIZÃO, Gislaine	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108117	
CAPÍTULO 8.....	58
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108118	
CAPÍTULO 9.....	66
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.8192108119	
CAPÍTULO 10.....	73
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081110	
CAPÍTULO 11.....	81
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>

CAPÍTULO 17	127
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081117	
CAPÍTULO 18	134
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081118	
CAPÍTULO 19	142
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.	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081119	
CAPÍTULO 20	150
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	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081120	
CAPÍTULO 21	158
CARACTERIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ (CCA) GERADA EM LEITO FLUIDIZADO	
PAGLIARIN; Karine; JORDANI; Bárbara; KOPPE; Angélica	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081121	
CAPÍTULO 22	166
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE SUBPRODUTOS NA DISPERSÃO DE PARTÍCULAS DE CIMENTO	
MARTINS; Julia; ROCHA; Janaíde	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.81921081122	

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

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 CO₂ 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>



REUTILIZAÇÃO DE AREIA DE FUNDIÇÃO EM ARGAMASSAS

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

MARAN, ANA PAULA¹; MENNA BARRETO, MARIA FERNANDA²; MASUERO, ANGELA BORGES²; DAL MOLIN, DENISE CARPENA COITINHO²

¹UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA (UFSM), CAMPUS CACHOEIRA DO SUL; ²PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL: CONSTRUÇÃO E INFRAESTRUTURA (PPGCI), UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL (UFRGS).
E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: MFMENNABARRETO@GMAIL.COM

RESUMO: A areia de fundição é um resíduo sólido proveniente da indústria metalúrgica e é gerada a partir da etapa de desmoldagem de peças metálicas. O objetivo deste trabalho é avaliar a incorporação do resíduo dessa areia como agregado miúdo em argamassas. A substituição da areia natural pelo resíduo resultou em doze traços de argamassas. Foram realizados ensaios de consistência, densidade de massa aparente, absorção de água por capilaridade e resistência à compressão. Os ensaios mostraram que a areia de fundição pode ser utilizada como substituição parcial da areia natural, ponderando a influência do módulo de finura do resíduo nas propriedades finais da argamassa.

PALAVRAS-CHAVES: Areia de fundição; resíduos; argamassa.

ABSTRACT: Foundry sand is a solid residue from the metallurgical industry and is generated from the unmold stage of metal parts. The objective of this study is to evaluate the incorporation of this sand residue as a fine aggregate in mortars. The substitution of natural sand for the residue resulted in twelve mortar traces. Tests of consistency, mass density, water absorption by capillarity and compression resistance were carried out. The tests showed that the foundry sand can be used as a partial replacement of natural sand by considering the influence of the residue fineness modulus on the mortar final properties.

KEYWORDS: Foundry sand; residue; mortar.

1 | INTRODUÇÃO

A produção de fundidos de ferro no Brasil é cada ano mais crescente⁽¹⁾, estima-se que mais de 80% dos fundidos são fabricados pelo método que utiliza moldes de areia aglomerada⁽²⁾, devido a versatilidade e economia. Porém, um dos principais aspectos ambientais dentro da indústria é a geração de resíduos sólidos provenientes deste processo de moldagem, resultando em, aproximadamente, 22% de resíduo de areia de fundição⁽³⁾. O descarte da areia de fundição em aterros contribui para problemas ambientais⁽⁴⁾, pois quando o material é exposto a intempéries, pode ocorrer a contaminação do solo e lençóis freáticos, devido à dissolução de resinas fenólicas, metais e não metais degradantes.

Há orientação para a indústria de fundição buscar alternativas para atender às exigências ambientais com relação a este tipo de resíduo, como aprimorar processos produtivos visando diminuir o volume de descarte, desenvolver processos de regeneração das areias usadas para reutilização no próprio processo de fundição, desenvolver novos ligantes e processos de moldagem como forma de reduzir a carga poluente, determinar o impacto ambiental das areias descartadas e, por fim, estudar formas alternativas para o uso deste resíduo⁽¹⁾.

Perante o alto volume de produção e rejeito de resíduos, é notória a preocupação com a reutilização da areia de fundição descartada para a aplicação na construção civil, como forma de amenizar o impacto ambiental. Além disso, esses resíduos são classificados, segundo a NBR 10004⁽⁵⁾, como não perigosos, Classe II, apresentando potencial para outras aplicações. Esse resíduo pode ser aplicado em argamassas e concretos⁽⁶⁻⁸⁾, blocos, pavimentos e pisos de concreto⁽⁹⁻¹¹⁾ e tijolos⁽¹²⁾.

Dado o exposto, o presente trabalho buscou incorporar o resíduo areia de fundição na fabricação de argamassas tradicionais de revestimentos, através da substituição de diferentes proporções da areia natural pelo resíduo. Para isso, caracterizou-se os materiais constituintes e avaliou-se as principais características físicas e mecânicas das argamassas produzidas.

2 | PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados cimento CP IV–32, areia natural do Guaíba (Porto Alegre/RS) e areia de moldagem de fundição proveniente da região noroeste do Rio Grande do Sul para a produção das argamassas.

A estrutura cristalina da areia de fundição foi constatada a partir de ensaios de Difração de Raio-X (DRX) em equipamento *Philips X'Pert MPD Tubo*, no qual fica evidente a insuficiente quantidade de parcela amorfa, bem como elevada cristalinidade do material (Figura 1), justificando seu uso como substituição do agregado.

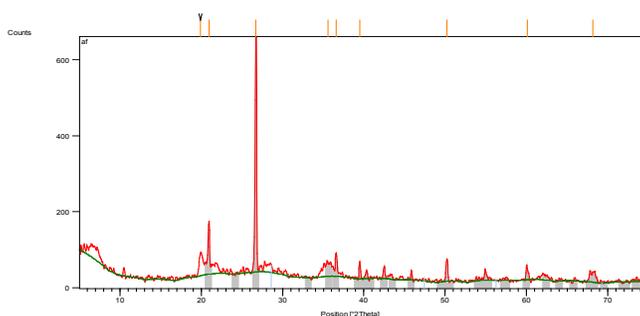


Figura 1 - Caracterização do resíduo de areia de fundição por Difração de raio-x

Fonte: Autores.

A distribuição granulométrica dos agregados foi determinada de acordo com a NBR NM 248⁽¹³⁾, obtendo-se módulo de finura de 2,32, dimensão máxima característica de 4,75mm e distribuição contínua para a areia natural, e 1,37 de módulo de finura, 600 µm de dimensão máxima e distribuição granulométrica uniforme para areia de fundição. A massa unitária dos materiais também foi ensaiada, através do Método C da NBR NM 45⁽¹⁴⁾, encontrando-se 0,87kg/dm³ para o cimento, 1,35kg/dm³ para areia natural, e 1,28kg/dm³ para areia de fundição.

A produção das argamassas foi realizada a partir da definição de três traços em volume usualmente utilizados em obra (1:1,5, 1:3 e 1:4,5), nos quais substituiu-se a areia natural pela areia de fundição em diferentes proporções, como mostra a Tabela 1. Para a definição da relação água/cimento, fixou-se a consistência em 26±1 cm.

Para caracterização das argamassas e análise da substituição do resíduo de areia de fundição, foram realizados os ensaios de determinação do índice de consistência⁽¹⁵⁾, densidade de massa aparente no estado endurecido⁽¹⁶⁾, absorção de água por capilaridade⁽¹⁷⁾ e resistência à compressão⁽¹⁸⁾.

3 | RESULTADOS

3.1 Relação água/cimento

A determinação da relação água/cimento se deu em função da consistência pré-fixada. Quanto maior a substituição da areia natural pela areia de fundição e quanto maior a quantidade de agregado no traço, maior foi a quantidade de água necessária para se atingir a consistência estabelecida, logo maior a relação água/cimento (Tabela 1).

TRAÇO	Substituição	TRAÇOS EM VOLUME			CONSISTÊNCIA (cm)	RELAÇÃO A/C
		Cimento	Areia natural	Areia fundição		
1:1,5	0	1,00	1,50	0,00	25,50	0,426
	1/3	1,00	1,00	0,50	25,80	0,551
	2/3	1,00	0,50	1,00	25,80	0,720
	3/3	1,00	0,00	1,50	26,00	1,164
1:3,0	0	1,00	3,00	0,00	26,80	0,811
	1/3	1,00	2,00	1,00	26,00	0,996
	2/3	1,00	1,00	2,00	25,00	1,104
	3/3	1,00	0,00	3,00	25,83	1,402

	0	1,00	4,50	0,00	26,17	1,205
1:4,5	1/3	1,00	3,00	1,50	25,93	1,294
	2/3	1,00	1,50	3,00	25,00	1,580
	3/3	1,00	0,00	4,50	25,43	1,843

Tabela 1 – Traços, consistências e relações água/cimento
Fonte: Autores.

Esse comportamento era esperado, uma vez que a areia de fundição é mais fina que a areia natural, demandando assim uma maior quantidade de água para molhagem completa das suas partículas.

3.2 Densidade de massa aparente no estado endurecido

Os dados obtidos no ensaio de densidade de massa aparente foram submetidos à uma análise de variância (Tabela 2), na qual se constatou que existem diferenças significativas entre os traços, entre as substituições e na relação entre ambos.

Fonte	Soma quadrada (SQ)	Grau de liberdade (GDL)	Média quadrada (MQ)	Teste F	Probabilidade	Comentário
Traço	0,0923	2	0,0461	40,2	0,000000	Significativo
Substituição	0,2586	3	0,0862	75,1	0,000000	Significativo
Traço*Substituição	0,0497	6	0,0083	7,2	0,000042	Significativo
Erro	0,0413	36	0,0011			

Tabela 2 - Análise de variância (ANOVA) da densidade de massa
Fonte: Autores.

Ao analisar as substituições, percebe-se que quanto maior a quantidade de areia de fundição, menor a densidade da argamassa (Figura 2). Isso se deve à troca de um material mais pesado (areia natural), por outro um pouco mais leve (areia de fundição). Somado a isso, quanto maior a substituição, maior a quantidade de água demandada, que é mais leve do que o agregado e deixa maiores vazios, tornando a argamassa menos densa.

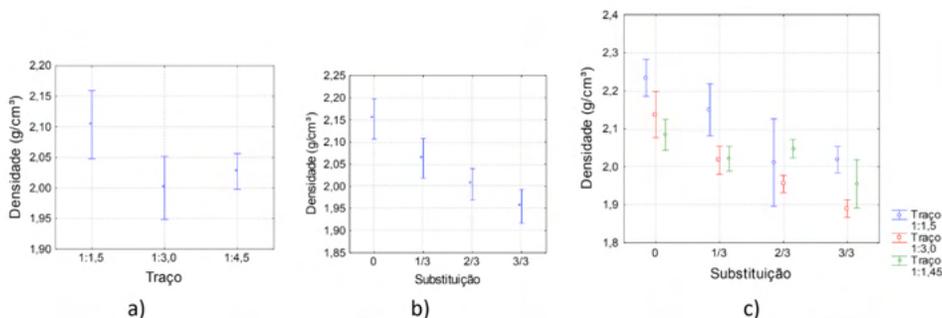


Figura 2 - Comparação da densidade de massa aparente: a) entre os traços avaliados; b) entre as substituições; c) traços *versus* substituição

Fonte: Autores.

3.3 Absorção de água por capilaridade

Os dados obtidos no ensaio de absorção de água por capilaridade foram submetidos à uma análise de variância (Tabela 3), na qual se constatou que existem diferenças significativas entre os traços, entre as substituições, entre o tempo de ensaio e em toda relação entre os fatores controlados.

Fonte	Soma quadrada (SQ)	Grau de liberdade (GDL)	Média quadrada (MQ)	Teste F	Probabilidade	Comentário
Traço	1,53005	2	0,76502	322,653	0,000000	Significativo
Substituição	0,50981	3	0,16994	71,672	0,000000	Significativo
Tempo	1,15227	4	0,28807	121,494	0,000000	Significativo
Traço*Substituição	0,32336	6	0,05389	22,730	0,000000	Significativo
Traço*Tempo	0,16142	8	0,02018	8,510	0,000000	Significativo
Substituição*Tempo	0,12717	12	0,01060	4,470	0,000007	Significativo
Traço*Substituição*Tempo	0,10239	24	0,00427	1,799	0,020736	Significativo
Erro	0,28453	120	0,00237			

Tabela 3 - Análise de variância (ANOVA) da absorção de água por capilaridade

Fonte: Autores.

De modo geral, o traço de argamassa que absorveu menos foi o 1:1,5, seguido do 1:4,5 e do 1:3,0 (Figura 3a), esse comportamento pode ser explicado a partir dos ensaios de densidade (Figura 2a), de modo que quanto mais densa, menor a absorção. Dentre as proporções de resíduo avaliadas, a ordem crescente de absorção de água ocorreu com a argamassa de substituição 0, seguida das argamassa com substituição 3/3, 1/3 e 2/3 (Figura 3b). As argamassas com 3/3 de substituição apresentaram um comportamento imprevisto, uma vez que se esperava que elas absorvessem uma maior quantidade de água dada a maior demanda de água no traço e a menor densidade

(mais vazios), porém elas mostraram um desempenho semelhante às argamassas com 0 de substituição. Uma explicação para esse comportamento é existência de vazios de maiores diâmetros não conectados uns aos outros, o que diminuiu a absorção por capilaridade (Figura 3c).

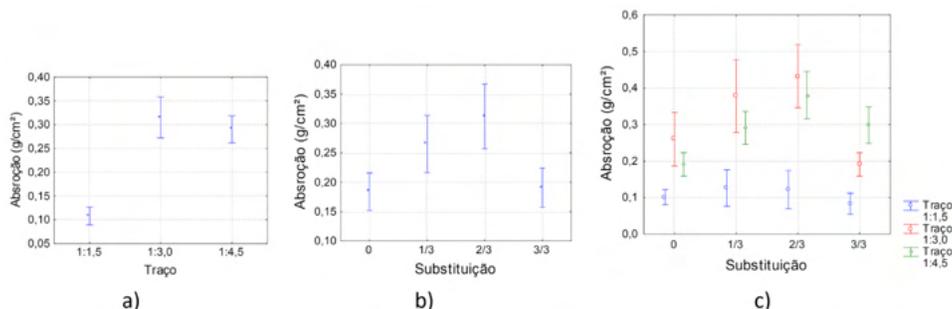


Figura 3 - Comparação da absorção por capilaridade: a) entre os traços avaliados; b) entre as substituições; c) traço *versus* substituição

Fonte: Autores.

3.4 Resistência à compressão

Os dados obtidos no ensaio de resistência à compressão foram submetidos a uma análise de variância (Tabela 4), na qual se constatou que existem diferenças significativas entre os traços, entre as substituições e na relação entre ambos.

Fonte	Soma quadrada (SQ)	Grau de liberdade (GDL)	Média quadrada (MQ)	Teste F	Probabilidade	Comentário
Traço	1097,506	2	548,753	1061,155	0,00	Significativo
Substituição	1411,148	3	470,383	909,606	0,00	Significativo
Traço*Substituição	1010,829	6	168,471	325,783	0,00	Significativo
Erro	18,099	35	0,517			

Tabela 4 - Análise de variância (ANOVA) da resistência à compressão

Fonte: Autores.

Conforme análise estatística realizada, o traço que apresentou o melhor desempenho mecânico foi o traço 1:1,5, seguido do traço 1:3,0 e do traço 1:4,5 (Figura 4a). Esse comportamento já era esperado, uma vez que a proporção de cimento é maior no traço 1:1,5 comparativamente aos demais traços, assim como a proporção de cimento no traço 1:3,0 é maior do que o traço 1:4,5.

Quando comparado as substituições, quanto maior a substituição de areia natural pela areia de fundição, menor a resistência mecânica (Figura 4b).

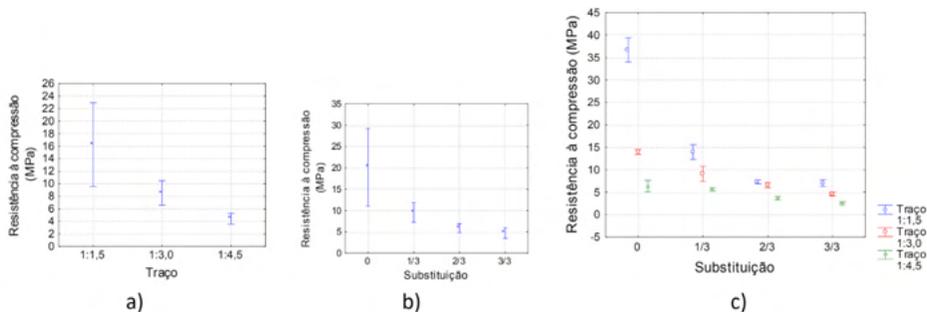


Figura 4 – Comparação da resistência à compressão: a) entre os traços avaliados; b) entre as substituições; c) traço *versus* substituição

Fonte: Autores.

Diante da diferença significativa da interação entre traço e substituição (Figura 4c), destacam-se alguns pontos:

- no traço 1:1,5 as substituições 2/3 e 3/3 apresentaram o mesmo desempenho, assim como no traço 1:4,5 não houve diferença significativa entre a argamassa sem substituição e a com 1/3 de substituição, logo uma maior incorporação de resíduo (traços 1:1,5 3/3 e 1:4,5 1/3) seria indicada;
- os traços 1:1,5 2/3, 1:1,5 3/3 e 1:3,0 2/3 apresentaram o mesmo desempenho mecânico, portanto, o traço 1:3,0 2/3 seria o mais indicado dado a menor proporção de cimento;
- os traços 1:4,5 0, 1:1,5 2/3 e 1:1,5 3/3 apresentaram o mesmo desempenho, assim como os traços 1:4,5 0 e 1:3 2/3, e os traços 1:3 0 e 1:1,5 1/3, evidenciando um maior consumo de cimento para se atingir um mesmo desempenho com substituições de areia de fundição.

Muito da queda da resistência à compressão das argamassas com substituição por areia de fundição se deu pelo aumento na demanda de água para se atingir uma mesma consistência e possivelmente pela distribuição granulométrica uniforme da areia de fundição. Uma possível solução para diminuir essa desigualdade de desempenho entre as argamassas seria o uso de aditivos plastificantes.

4 | CONCLUSÕES

A areia de fundição é um resíduo sensivelmente mais leve, muito mais fino e de granulometria mais uniforme do que a areia natural. Essas características afetaram diretamente as propriedades das argamassas produzidas, de forma que:

- por ser mais fina, a areia de fundição demanda uma maior quantidade de água para se atingir uma mesma consistência na argamassa;
- por ser mais leve, possuir uma granulometria uniforme e demandar mais

água, existe uma tendência de diminuir a densidade da argamassa com maiores teores de resíduo;

- por apresentar uma granulometria uniforme e demandar uma relação água/cimento maior, existe a tendência de diminuição da resistência à compressão da argamassa e aumento da absorção de água.

De modo geral, quanto maior a substituição de areia natural por areia de fundição, maior a tendência de diminuir a consistência demandando mais água, diminuindo a densidade, aumentando a absorção de água e diminuindo a resistência à compressão.

Para minimizar esses efeitos, pode-se aumentar a quantidade de cimento, obtendo-se traços mais fortes quando feita a substituição, para alcançar um mesmo desempenho. Entretanto, essa é uma solução não econômica.

Sugere-se, portanto, fixar a relação água/cimento junto com a utilização de aditivo plastificante nos traços com substituição de areia de fundição, na tentativa de diminuir a quantidade de água demandada (e seus efeitos), garantindo uma mesma consistência. Além disso, o controle da composição granulométrica dos agregados para obtenção de um aglomerado mais contínuo, traz benefícios significativos (como melhora da trabalhabilidade, compacidade e resistência) para o comparativo entre diferentes argamassas.

REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FUNDIÇÃO (ABIFA). Índices Setoriais. Disponível em: <<https://www.abifa.org.br/indices-setoriais/>>. Acesso em: 16 de maio de 2021.
2. MARIOTTO, C. L. Regeneração de areias de fundição. **Seminário Nacional sobre Reuso/ Reciclagem de resíduos sólidos industriais**. São Paulo: SMA, 2000.
3. LOPES, L. R. N. **Avaliação da Redução dos Resíduos Sólidos de Areia Resinada em Fundição de Aço Através da Recuperação Térmica**. 2009. 94 f. Dissertação - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.
4. ARMANGE, L. C.; NEPPEL, L. F.; GEMELLI, E.; CAMARGO, N. H. A. Utilização de areia de fundição residual para uso em argamassa. **Revista Materia**, v. 10, n. 1, p. 51-62. Rio de Janeiro, 2005.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
6. MARCON, M. F. **Aproveitamento da areia de fundição como agregado miúdo fino em concretos**. 2013. 69 f. Trabalho de Conclusão (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.
7. CASALI, J. M.; MIGUEL, T. F.; FELIZARDO, C. C.; MEIRA, N. S.; DOMINGUINI, L.; BETIOLI, A. M. Characterisation and influence of the content of waste foundry sand on rendering mortars. **Revista Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, Porto Alegre, 2018.
8. OLIVEIRA, D. F. de. **Caracterização dos finos de areia de uma fundição e sua incorporação em argamassa de cimento**. 2014. 57 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Bauru, 2014.
9. DAMASCENO, B. C.; AMERICO, J. D. Utilização de areia de fundição na produção de blocos de concreto sem função estrutural. In: Congresso PICJR, 2012, Campinas. **Anais [...]**. Campinas, 2012.
10. MARTINI, N. C. **Reuso de areia descartada de fundição para a confecção de blocos de concreto estrutural**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica do Paraná, Londrina, 2017.

11. CAMPOS, M. A.; FERRÃO, A. M. A.; FERNANDES, F. A. A.; CAZELA, A. M. Blocos de concreto com areia de descarte de fundição: um case de sucesso de viabilidade econômica, propriedades mecânicas e de durabilidade. *In: 18° Congresso ABIFA de Fundição. Anais[...]*. 2019.
12. ANGST, M; VENDRUSCOLO, M. A. Aproveitamento da Areia de Fundição na Produção de Tijolos. *In: II Encontro de Sustentabilidade em Projeto, 2, 2015, Itajaí, SC. Anais Eletrônicos[...]*. Itajaí: ENSUS, 2015. p. 1-11.
13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
14. _____. **ABNT NBR NM 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
15. _____. **ABNT NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
16. _____. **ABNT NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
17. _____. **ABNT NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos — Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
18. _____. **ABNT NBR 7215**: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.



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/>

