



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 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>

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, Gislaïne	
 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>



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

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

MEDEIROS; VICTOR AMADEU SANT' ANNA¹; CRUZ; BRUNA RAMOS DE SOUZA²; ALCAZAS; JULIANA CARRASCO³; MILANI; ANA PAULA DA SILVA⁴

¹IFMS; ²UFMS; ³UFMS; ⁴UFMS;

E-MAIL DO AUTOR CORRESPONDENTE: VICTOR.MEDEIROS@IFMS.EDU.BR

RESUMO: Por razões sustentáveis é importante avaliar a influência da inserção de resíduos de borracha de pneus inservíveis no desempenho mecânico de compósitos cimentícios. Diante disso, levantou-se um banco de dados contendo as características de concretos adicionados de resíduos de borracha e analisou-se o desempenho mecânico através de teste de outliers, de normalidade e de frequência. Por último, determinou-se um modelo de regressão com as variáveis tamanho da borracha, teor de borracha, relação água/cimento e resistência à compressão axial. Com os resultados foi possível apresentar a tendência do comportamento mecânico do compósito cimentício com resíduos de borracha.

PALAVRAS-CHAVES: Regressão linear múltipla, concreto, resistência à compressão simples, aplicação de resíduos.

ABSTRACT: For sustainable reason, it is important to evaluate the influence of rubber waste from worn out tires on the mechanical performance of cementitious composites. With this purpose, a database was created containing the characteristics of concrete added with rubber waste. So, the mechanical performance could be analyzed through outlier's tests, normality tests and frequency tests. After that, a model of regression was made with the variables: rubber size, rubber content, water/cement ratio and resistance to compression. With the results it was possible to present the tendency of the mechanical behavior of the cementitious composite with rubber residues.

KEYWORDS: Multiple linear regression, concrete, axial compressive strength, waste reuse.

1 | INTRODUÇÃO

Uma forma de uso das partículas de borracha de pneus é na matriz cimentícia, ou seja, em argamassas, concretos, e outros artefatos, criando um compósito cimentício com características vantajosas no que diz respeito ao melhoramento do desempenho térmico e acústico, ductibilidade e durabilidade desses materiais⁽¹⁾.

A melhora no desempenho térmico do concreto foi constatada por Shah et al.⁽²⁾ que identificou o aumento da resistência térmica com aumento do teor de borracha no compósito. Nos estudos de Holmes et al.⁽³⁾ e de Mohammed et al.⁽⁴⁾ foi identificada a propriedade de melhor absorção sonora com a utilização de borracha de pneus. Além disso, a adição de fibras de borracha na mistura de concreto aumenta a resistência

à tração na flexão, bem como há a redução no módulo de elasticidade no concreto incorporado, o que indica maior ductibilidade^{(1),(5)}.

Outra propriedade relevante dos compósitos cimentícios com borracha é a durabilidade. No estudo de Yung et al.⁽⁶⁾ com borracha de pneus inservíveis em pó, foi possível obter concretos com menores níveis de corrosão. Gupta et al.⁽¹⁾ verificaram que a profundidade do desgaste a abrasão nas condições mais adversas é inferior aos limites normativos, em misturas com inclusão de cinzas de borracha e fibras de borracha, o que demonstra melhora de resistência à abrasão. Entretanto, Torgal et al.⁽⁷⁾ realizaram um levantamento de trabalhos científicos sobre o tema, e concluíram que a durabilidade ainda necessita de maiores investigações. Ainda devem ser abordadas questões como a influência dos resíduos nas diferentes propriedades do concreto e de como o processamento e a preparação das partículas de borracha de pneu inservível pode melhorar a durabilidade do concreto.

Assim, o presente trabalho, por meio da utilização de *database*, parametrizou as métricas tamanho e quantidade de borracha de pneus, relação água/cimentícios (a/c) e suas influências frente a propriedade mecânica do concreto para a estimativa de resistência à compressão dos compósitos de concreto adicionados de partículas de borracha de pneus inservíveis.

2 | MÉTODOS

Para correlacionar a incorporação da borracha de pneu nos compósitos cimentícios com parâmetros de desempenho foi utilizada a *database* de Alcazas⁽⁸⁾, construída por meio do levantamento bibliométrico abrangendo o período de 1999 a 2017.

Para a seleção dos artigos científicos foi aplicado a medida de aderência ao tema concreto com borracha de pneu, sendo descartados os dados de artigos que continham cinza de borracha, resíduos de pneus de origem polimérica e outros compósitos - como argamassa.

Com o montante de 45 pesquisas selecionadas, foi realizada a extração de diversos dados, como: tipo de aplicação do concreto; origem, tamanho e quantidade da borracha; consumo de cimento; relação água/cimento; tipos de ensaios realizados nas pesquisas. Para a extração de dados dos gráficos desses artigos foi utilizado o software livre *WebPlotDigitalizer*.

Em todas as publicações selecionadas foram realizados ensaios mecânicos de compressão axial, sendo que na maioria dos estudos (~85%) não foi feito nenhum tratamento no resíduo da borracha de pneu. A forma de aplicação do resíduo de borracha nas misturas cimentícias foi feita por substituição na maior parte da bibliografia, sendo que em 62% dos estudos foi feita a substituição como agregado miúdo.

Para isolar ao máximo a diversidade da composição do concreto foi utilizado um critério de amortização nomeado aspecto de relação (A.R.) para o conjunto de dados de cada artigo analisado. Este indicador é a resultante da relação entre os dados encontrados para o valor de resistência à compressão simples do concreto com a porcentagem X% de borracha incorporada (V.S.X%) e o valor, do concreto sem borracha (V.S.0%), Equação (1).

$$A.R. = \frac{V.S_{x\%}}{V.S_{0\%}} \quad (1)$$

2.1 Avaliação do comportamento mecânico

Esta análise da *database* partiu da reunião das pesquisas selecionadas em agrupamentos com características similares de tamanho da borracha e de relação a/c para a verificação da influência destas variáveis na A.R resistência à compressão simples do concreto conforme o aumento do teor da borracha adicionado no compósito cimentício. Esses agrupamentos, ou grupos, estão destacadas na Tabela 1.

Grupos	Limites (mm)			Grupos	Relação a/c
	Mínimo	Máximo	Denominação		
I1		<0,6	Finos	A2	0,55<A2≤0,60
I2	≥0,6	<4,75	Fragmentada	A3	0,45<A2≤0,55
I3	≥4,75	<12,5	Granulada	A4	A2≤0,45
I4	≥12,5	<50	Pedaços		

Tabela 1 – Agrupamentos adotados para tamanho dos resíduos de borracha de pneus (esq.) e para agrupamentos da relação a/c (dir.).

Fonte: Autores (2021).

Nesta etapa, os resultados encontrados das correlações existentes da *database* foram analisados estatisticamente pela aplicação do teste de *ouliers*, teste de normalidade e de frequência. Para a análise dos valores amostrais discrepantes foi utilizado o Critério de Chauvenet aplicado aos erros entre o A.R. real e o estimado. O teste de Chauvenet foi realizado segundo as instruções e especificações de Holman⁽⁹⁾, e os pontos discrepantes foram retirados, sendo geradas novas correlações com melhor coeficiente de determinação (R-quadrado).

No teste de normalidade foi utilizado o programa *Rstudio*, sendo adotado o teste Shapiro-Wilk em um valor amostral de 3 a 5.000 amostras, e o nível de significância considerado normal *p-value* maior que 0,05. Se $F < 0,05$, a hipótese nula é descartada e a variável aleatória adere a distribuição Normal.

2.2 Equação de regressão linear múltipla

O A.R resistência à compressão simples do concreto com adição de borracha de pneus inservíveis (σ_{AR}) foi definida como a variável dependente, enquanto as variáveis independentes definidas foram: tamanho da borracha ($T_{borracha}$) em mm; o percentual de borracha ($B_{\%}$); e a relação a/c ($R_{a/c}$).

Após a obtenção dos parâmetros que definem a equação de regressão linear múltipla (RLM), foi realizada a análise dos dados gerados utilizando o software *Excel* para determinar se as variáveis independentes utilizadas realmente são capazes de ajudar na previsão da variável dependente e se o modelo é adequado ou deve ser descartado. Para tanto foram analisados: F de significância global (ANOVA), p-valor de cada variável

independente, R-quadrado e R-quadrado ajustado.

O teste ANOVA serviu de parâmetro de confirmação das variáveis no modelo, com nível de confiança considerado foi de 95% e hipótese nula de que os coeficientes da regressão são nulos. Assim, quando o valor-p do F de significação global do modelo é menor que 0,05 rejeita-se a hipótese nula e se confirma que ao menos uma das variáveis são significativas para o modelo. A seleção das variáveis da regressão foi realizada manualmente pelo método de eliminação para trás – *stepwise* - com critério de saída de uma variável quando $p\text{-valor} > 0,05$. O R-quadrado ajustado foi escolhido como indicador do grau de ajustamento do modelo quando comparamos regressões com diferentes quantidades de variáveis porque o R-quadrado aumenta com o acréscimo de variáveis ao modelo⁽¹⁰⁾.

3 | APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

3.1 Avaliação do comportamento mecânico

Analisando o comportamento mecânico do concreto com resíduos de borracha de pneus inservíveis (Figura 2) observa-se que houve a diminuição do A.R. resistência à compressão simples tanto quanto foi o aumento da substituição dos agregados graúdos e/ou miúdos pelo resíduo de borracha, independentemente do tamanho da borracha e da relação água/cimento - corroborando relatos de Gupta et al.⁽¹¹⁾ e Girskas e Nagrockiene⁽¹²⁾.

A principal razão da redução das resistências mecânicas deve-se a macroporosidade do concreto com borracha que possui maior teor de ar, atribuído as características da borracha de repelir a água (hidrofóbica) e atrair o ar, diferentemente das características de um agregado natural⁽¹³⁾.

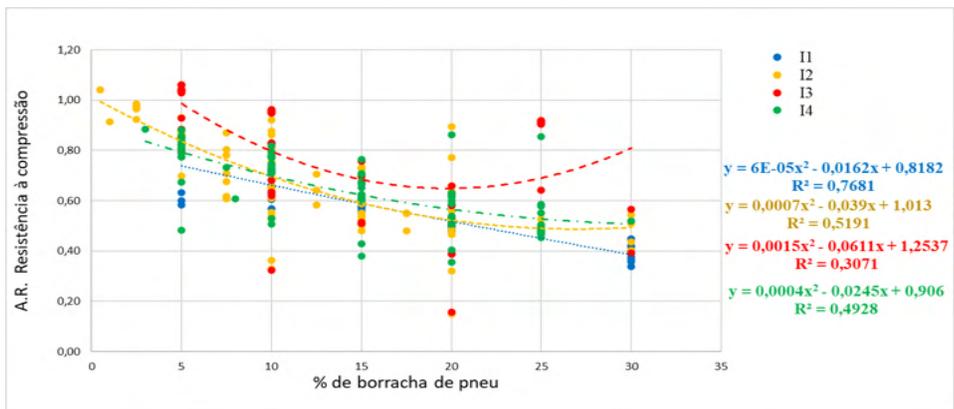


Figura 2 – A.R. da resistência à compressão em relação a quantidade (%) de borracha de pneus inseridas no concreto para agrupamentos de tamanho.

Fonte: Autores (2021).

Pelos valores de R-quadrado da Figura 2, verificou-se que a curva de tendência mais significativa foi a obtida pelo Grupo I1 (Finos), isto porque a maioria dos resultados deste grupo foi proveniente do trabalho de Mohammed e Azmi⁽¹³⁾. Mesmo grupo que teve a queda de resistência a compressão mais acentuada com o aumento da quantidade de borracha.

O Grupo I3 apresentou maior alcance do A.R. resistência à compressão, presumindo que os resíduos de borracha granulares têm menor influência no comportamento mecânico do concreto. Porém, este melhor comportamento foi interferido pelo aumento significativo da curva de tendência a partir da adição da borracha no teor de 25%. Este ponto foi uma exceção, refletindo no menor valor de R-quadrado e teste de normalidade negativo para curva de tendência Grupo I3. O que é condizente aos trabalhos de Gesoğlu et al.⁽¹⁴⁾, que verificou que a perda de compressão é maior nos conteúdos em que a borracha tem tamanho maior (Grupo I4) quando comparada ao I3.

Pelos valores de significância baixos dos R-quadrados indicados, e a diversificação dos estudos quanto ao modo de inserir a borracha e os seus tamanhos, é possível inferir que os tamanhos têm influência diferente em cada grupo. O que afirma que o tamanho da borracha é algo que precisa ser aprimorado, devido a forma variada como os autores dos artigos os apresentam.

A Figura 3 mostrar que a adoção de uma a/c no grupo A3 ($0,45 < a/c \leq 0,55$) promove um maior impacto no comportamento mecânico dos concretos adicionados de borracha em relação ao uso de uma a/c no grupo A4 ($a/c \leq 0,45$). Isto, porque os valores de a/c menores que 0,45 resultam na maior significância da matriz cimentante no comportamento mecânico do concreto convencional do que outros materiais da composição.

O teste de normalidade mostrou resultado negativo para a maioria das regressões e constatou normalidade apenas para o Grupo I1 (finos), o qual é um grupo caracterizado pela composição da maioria dos dados de um único pesquisador. Em regressões a falta de normalidade indica baixa validade dos intervalos de confiança das equações e de testes de hipóteses⁽¹⁵⁾. Assim, os gráficos analisados servem sobretudo como parâmetro de tendência do comportamento mecânico, mas sem previsibilidade de confiança baseadas na suposição de normalidade.

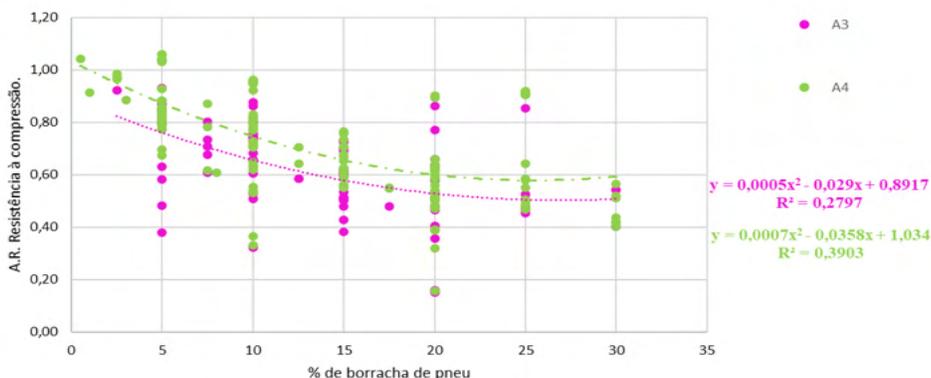


Figura 3 – A.R. da resistência à compressão em relação a quantidade (%) de borracha de pneus inseridas no concreto para agrupamentos de relação a/c.

Fonte: Autores (2021).

3.2 Equação de regressão linear múltipla

Na análise estatística da regressão com três variáveis, o valor obtido para o R-Quadrado foi de 0,457, indicando que a regressão explica 45,7% da variabilidade da resistência à compressão. Como o F de significância global foi menor que 0,05, pode-se concluir que pelo menos uma variável no modelo está relacionada com a variável dependente.

3 variáveis e amostra de 348 dados			2 variáveis e amostra de 169 dados		
	Coefficientes	valor-P		Coefficientes	valor-P
Interseção	1,168	0,000	Interseção	1,168	0,000
T_{borracha}	0,000	0,892	$B_{\%}$	-0,016	0,000
$B_{\%}$	-0,016	0,000	$R_{a/c}$	-0,496	0,000
$R_{a/c}$	-0,496	0,000		Coefficientes	valor-P

Tabela 2 – Teste F para significância da regressão com 3 variáveis (à esq.) e 2 variáveis (à dir.).

Fonte: Autores (2021).

Conforme tabela 02, apenas a porcentagem de borracha ($B_{\%}$) e a relação a/c ($R_{a/c}$) estão relacionadas com a variável dependente (valor- $p < 0,05$). Desse modo, a regressão linear com os dados do tamanho da borracha (T_{borracha}) selecionados não foi validada pelo teste de valor-p e, portanto, foi retirada pelo critério de saída adotado. Isso se explica pela falta de homogeneidade dos critérios de tamanhos da borracha entre as pesquisas analisadas, que podem ter influência diferente a depender do agrupamento de tamanho a que pertence.

Com duas variáveis, a análise estatística de regressão das variáveis $B_{\%}$ e $(R_{a/c})$ explicaram ~57% da variabilidade de resistência à compressão, para amostra com 348 dados. O R-Quadrado ajustado teve valor semelhante de ~57%, maior que o obtido no modelo com 3 variáveis.

Conforme Tabela 2, pode-se concluir que as duas variáveis independentes do modelo estão relacionadas com a variável dependente, de modo a satisfazerem a escolha delas para a regressão. Assim, a equação de regressão com duas variáveis obtida é dada pela Equação 2:

$$\sigma_{AR} = 1,168 - 0,016B_{\%} - 0,496R_{a/c} \quad (2)$$

A regressão testou negativo para a normalidade, de modo similar as análises bidimensionais. Por isso, como parâmetro de tendência, a análise de regressão múltipla corroborou a influência inversa que a quantidade de borracha e a relação a/c têm sobre a resistência.

4 | CONCLUSÕES

A inserção da borracha de pneu nos concretos diminui a resistência à compressão, de modo que se deve ter atenção para que os traços de concretos com borracha tenham baixa relação a/c para diminuição da porosidade e melhora do desempenho mecânico.

Apesar da adoção das classes de agrupamento e do fator de ponderação entre propriedades físico-mecânicas do concreto com e sem borracha, a influência dos tipos de concretos necessita ser abordada de forma ampliada para a diminuição da variabilidade dos dados. No entanto, foi possível traçar a tendência do comportamento físico-mecânico do compósito cimentício com borracha.

Assim, as correlações encontradas mostraram a influência da inserção da borracha de pneu inservível no compósito cimentício, bem como a potencialidade de uso de uma *database* como ferramenta para a previsibilidade da resistência à compressão do concreto com inserção de materiais reutilizáveis.

REFERÊNCIAS

1. GUPTA, T.; CHAUDHARY, S.; SHARMA, R. K. Assessment of mechanical and durability properties of concrete containing waste rubber tire as fine aggregate. **Construction and Building Materials**, 73, p. 562–574, 2014.
2. SHAH, S. F. A.; NASEER, A.; SHAH, A. A.; ASHRAF, M. **Evaluation of Thermal and Structural Behavior of Concrete Ajusting Rubber Aggregate** © King Fahd University of Petroleum and Minerals, Dhahran, Saudi Arabia. 2014.
3. HOLMES, N.; BROWNE, A.; MONTAGUE, C. Acoustic properties of concrete panels with crumb rubber as a fine aggregate replacement. **Construction and Building Materials** 73, p. 195–204, 2014.
4. MOHAMMED, B. S.; HOSSAIN, K. M. A.; SWEE, J. T. E.; WONG, G. Properties of crumb rubber hollow concrete block. **Journal of Cleaner Production** 23, p. 57-67, 2012.
5. FARHAD, A. Mechanical Properties of Waste Tire Rubber Concrete. **Journal of Materials in Civil Engineering**, 28. 2016. p. 040151521-0401515214.

6. YUNG, W. H.; YUNG, L. C.; HUA, L. H. A study of the durability properties of waste tire rubber applied to self-compacting concrete. **Construction and Building Materials**, v. 41, p. 665–672, 2013.
7. TORGAL, F. P.; DING, Y.; JALALI, S. Properties and durability of concrete containing polymeric wastes (tyre rubber and polyethylene terephthalate bottles): an overview. **Construction and Building Materials**, v. 30, p.714, 2012.
8. ALCAZAS, J. C. **Durabilidade dos compósitos cimentícios adicionados de borracha de pneus inservíveis**. 2018. Trabalho de Conclusão Final de Curso (Mestrado em Eficiência Energética e Sustentabilidade) - Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2018.
9. HOLMAN, J. P. Capítulo 3: Análise de Experimental Dados. Subitem: 3.8 The Gaussian or Normal Error Distribution. **Experimental Methods for Engineers**. 8ª edição. New York. The McGraw-Hill Companies, 2012.
10. RODRIGUES, S. C. **Modelo de Regressão Linear e suas Aplicações**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática), Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2012.
11. GUPTA, T.; CHAUDHARY, S.; SHARMA, R. K. Mechanical and durability properties of waste rubber fiber concrete with and without silica fume. **Journal of Cleaner Production** 112, p. 702-711, 2016.
12. GIRSKAS, G.; NAGROCKIENĖ, D. Crushed rubber waste impact of concrete basic properties. **Construction and Building Materials**, v.140, p. 36-42, 2017.
13. MOHAMMED, B. S.; AZMI, N. J. Strength reduction factors for structural rubbercrete. **Frontiers of Structural and Civil Engineering**, v.8, p. 270-281, 2014
14. GESOĞLU, M.; GÜNEYİSİ, E.; HANSU, O.; İPEK, S.; ASAAD, D. S. Influence of waste rubber utilization on the fracture and steel–concrete bond strength properties of concrete. **Construction and Building Materials**, v. 101, p.1113–1121, 2015.
15. PINO, F. A. A questão da não normalidade: uma revisão. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 61, n. 2, 2014. p. 17-33.



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/>

