

Marcia Regina Werner Schneider Abdala  
(Organizadora)

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 4



**Marcia Regina Werner Schneider Abdala**

(Organizadora)

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil 4

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Karine de Lima  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
134	Impactos das tecnologias na engenharia civil 4 [recurso eletrônico] / Organizadora Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Civil; v. 4)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-543-3 DOI 10.22533/at.ed.433192008  1. Construção civil. 2. Engenharia civil. 3. Tecnologia. I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série  CDD 690
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A construção civil é um setor extremamente importante para um país, e como tal é responsável pela geração de milhões de empregos, contribuindo decisivamente para os avanços da sociedade.

A tecnologia na construção civil vem evoluindo a cada dia e é o diferencial na busca da eficiência e produtividade do setor. A tecnologia permite o uso mais racional de tempo, material e mão de obra, pois agiliza e auxilia na gestão das várias frentes de uma obra, tanto nas fases de projeto e orçamento quanto na execução.

A tecnologia possibilita uma mudança de perspectiva de todo o setor produtivo e estar atualizado quanto às modernas práticas e ferramentas é uma exigência.

Neste contexto, este e-book, dividido em dois volumes apresenta uma coletânea de trabalhos científicos desenvolvidos visando apresentar as diferentes tecnologias e os benefícios que sua utilização apresenta para o setor de construção civil e também para a arquitetura.

Aproveite a leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
DURABILIDADE E DEGRADAÇÃO DE ADESIVOS ESTRUTURAIS UTILIZADOS EM SISTEMAS DE REFORÇO COM FRP DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	
Amanda Duarte Escobal Mazzú Mariana Corrêa Posterli Gláucia Maria Dalfré	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920081</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>14</b>
INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE PRODUTO DE CURA QUÍMICA FORMADOR DE MEMBRANA NA PROFUNDIDADE CARBONATADA DO CONCRETO	
Alisson Rodrigues de Oliveira Dias Daniel Mendes Pinheiro Wilton Luís Leal Filho João Mateus Reis Melo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920082</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
ESTUDO DE CASO DE PATOLOGIAS OBSERVADAS EM REVESTIMENTO EXTERNO DE FACHADA COM MANIFESTAÇÕES EM PINTURA DE UM EDIFÍCIO RESIDENCIAL	
Amanda Fernandes Pereira da Silva Hildegard Elias Barbosa Barros Diego Silva Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920083</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>39</b>
ESTUDO DAS PRINCIPAIS PATOLOGIAS NA ESTRUTURA DA PONTE DO BRAGUETO EM BRASÍLIA - DF	
Erick Costa Sousa Juliano Rodrigues da Silva Marcelle Eloi Rodrigues Maysa Batista Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920084</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>54</b>
AÇÕES MITIGADORAS DA REAÇÃO ÁLCALIS AGREGADO COM EMPRESAS ATUANTES NO MERCADO IMOBILIÁRIO DO RECIFE	
Cristiane Santana da Silva Amâncio da Cruz Filgueira Filho Roberto de Castro Aguiar Klayne Kattiley dos Santos Silva Manueli Sueni da Costa Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920085</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>66</b>
CORROSÃO: MECANISMOS E TÉCNICAS PARA PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ARMADURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO	
Ariane da Silva Cardoso Thayse Dayse Delmiro Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani Eliana Cristina Barreto Monteiro Tiago Manoel da Silva Agra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920086</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>87</b>
ANÁLISE DE UMA CONSTRUÇÃO VERTICAL PÚBLICA EM ALVENARIA ESTRUTURAL NA CIDADE DO RECIFE-PE	
Amâncio da Cruz Filgueira Filho Iago Santos Calábria Bruno de Sousa Teti Lucas Rodrigues Cavalcanti Amanda de Moraes Alves Figueira Walter de Moarais Calábria Junior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920087</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>97</b>
INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PRESENTES EM UMA PONTE NA REGIÃO METROPOLITANA DO RECIFE	
Romildo Alves Berenguer Yane Coutinho Lira Fernanda Cavalcanti Ferreira Thaís Marques da Silva Bráulio Silva Barros Joanna Elzbieta Kulesza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920088</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>110</b>
AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES TÉRREAS NA CIDADE DE TERESINA-PI	
Wendel Melo Prudêncio de Araújo Diego Silva Ferreira Hudson Chagas dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.4331920089</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>122</b>
POLUIÇÃO VISUAL: ESTUDO DA QUALIDADE VISUAL DA CIDADE DE SINOP – MT	
Cristiane Rossatto Candido Renata Mansuelo Alves Domingos João Carlos Machado Sanches	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43319200810</b>	

**CAPÍTULO 11 ..... 134**

LEVANTAMENTO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO NUMA EDIFICAÇÃO EM SALGUEIRO-PE

Rafael Filgueira Amaral  
Amâncio da Cruz Filgueira Filho  
Lucíolo Victor Magalhães e Silva  
Bruno de Sousa Teti  
Iago Santos Calábria  
Walter de Moarais Calábria Junior

**DOI 10.22533/at.ed.43319200811**

**CAPÍTULO 12 ..... 147**

IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA E RECUPERAÇÃO DE FUNDAÇÃO DE ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO EM RECIFE-PE

Bruno de Sousa Teti  
Iago Santos Calábria  
Amâncio da Cruz Filgueira Filho  
Camila Fernanda da Silva Siqueira  
Walter de Moarais Calábria Junior  
Lucas Rodrigues Cavalcanti

**DOI 10.22533/at.ed.43319200812**

**CAPÍTULO 13 ..... 159**

ERROS CONSTRUTIVOS COMO ORIGEM DE PATOLOGIAS NO CONCRETO ARMADO EM OBRAS NA CIDADE DE SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE-PB

Kleber de Sousa Batista  
Maria Aparecida Bezerra Oliveira  
Rafael Wandson Rocha Sena

**DOI 10.22533/at.ed.43319200813**

**CAPÍTULO 14 ..... 171**

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DEVIDO A FALHAS NO PROCESSO PRODUTIVO DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO ARMADO

Pablo Luiz Oliveira Aguiar  
Gabriel Diógenes Oliveira Aguiar  
Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.43319200814**

**CAPÍTULO 15 ..... 185**

INSPEÇÃO PRELIMINAR E MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA

Matheus Nunes Reis

**DOI 10.22533/at.ed.43319200815**

**CAPÍTULO 16 ..... 199**

INVESTIGAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM UM MURO DE CONDOMÍNIO RESIDENCIAL LOCALIZADO NA CIDADE DO RECIFE-PE

Bruno de Sousa Teti  
Iago Santos Calábria  
Amâncio da Cruz Filgueira Filho  
Lucas Rodrigues Cavalcanti  
Amanda de Moraes Alves Figueira  
Walter de Moarais Calábria Junior

**DOI 10.22533/at.ed.43319200816**

**CAPÍTULO 17 ..... 213**

MÉTODOS E ENSAIOS UTILIZADOS PARA VALIDAÇÃO DE PATOLOGIA ESTRUTURAL EM PILARES DE CONCRETO ARMADO COM BAIXA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Robson Viera da Cunha  
Itallo Mahatan Danôa Lima  
Delio Leal e Silva  
Flavio César Fernandes  
Danilo Lima da Silva  
José de França Filho

**DOI 10.22533/at.ed.43319200817**

**CAPÍTULO 18 ..... 228**

PATOLOGIA EM PAVIMENTOS INTERTRAVADOS: FABRICAÇÃO E ASSENTAMENTO

Gabriel Diógenes Oliveira Aguiar  
Pablo Luiz Oliveira Aguiar  
Danilo Teixeira Mascarenhas de Andrade

**DOI 10.22533/at.ed.43319200818**

**CAPÍTULO 19 ..... 241**

PATOLOGIAS NA ESTRUTURA DA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL ARLINDO FERREIRA DOS SANTOS

Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite  
Edjanissa Kettilan Barbosa da Silva  
Adri Duarte Lucena

**DOI 10.22533/at.ed.43319200819**

**CAPÍTULO 20 ..... 257**

REFORÇO ESTRUTURAL, MONOLITIZAÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO EM BLOCOS DE FUNDAÇÃO

Carlos Fernando Gomes do Nascimento  
José Carlos Juvenal da Silva  
Thaís Marques da Silva  
Felipe Figueirôa de Lima Câmara  
Manueli Suêni da Costa Santos  
Dandara Vitória Santana de Souza  
Cristiane Santana da Silva  
Esdras José Tenório Saturnino  
Igor Albuquerque da Rosa Teixeira  
Marília Gabriela Silva e Souza  
Carlos Eduardo Gomes de Sá Filho  
Eliana Cristina Barreto Monteiro

**DOI 10.22533/at.ed.43319200820**

<b>CAPÍTULO 21 .....</b>	<b>271</b>
ESTUDO DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE RCD COMO AGREGADO GRAÚDO	
Brenno Tércio da S. Miranda	
Cícero Jefferson R. dos Santos	
Danylo de Andrade Lima	
Edmilson Roque da Silva Júnior	
Larissa Santana Batista	
Marcelo Laédson M. Ferreira	
Marco Antônio Assis de Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43319200821</b>	
<b>CAPÍTULO 22 .....</b>	<b>288</b>
ESTUDO SOBRE INSERÇÃO DE RASPAS DE PNEUS NO TIJOLO ECOLÓGICO FABRICADO NA REGIÃO DE TERESINA-PI	
Francisca das Chagas Oliveira	
Francisco Arlon de Oliveira Chaves	
Linardy de Moura Sousa	
Marcelo Henrique Dias Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43319200822</b>	
<b>CAPÍTULO 23 .....</b>	<b>297</b>
PROJETO SEPTICA – EXPERIÊNCIAS EM EXTENSÃO PARA O SANEAMENTO RURAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DA CACHOEIRA DO BRUMADO (MARIANA – MG)	
André de Oliveira Faria	
Aníbal da Fonseca Santiago	
Jefferson de Oliveira Barbosa	
Lívia de Andrade Ribeiro	
Thainá Suzanne Alves Souza	
Thaissa Jucá Jardim Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43319200823</b>	
<b>CAPÍTULO 24 .....</b>	<b>310</b>
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DE AGREGADO RECICLADO DE CONCRETO NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE ARGAMASSAS	
Romildo Alves Berenguer	
Yane Coutinho Lira	
Fernanda Cavalcanti Ferreira	
Thais Marques da Silva	
Bráulio Silva Barros	
Joanna Elzbieta Kulesza	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43319200824</b>	
<b>CAPÍTULO 25 .....</b>	<b>322</b>
CAUSAS PATOLÓGICAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO EM UMA CONSTRUTORA DO MUNICÍPIO DE JUAZEIRO DO NORTE	
Victor Nogueira Lima	
Gabriela Linhares Landim	
Larissa de Moraes Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.43319200825</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA.....</b>	<b>336</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>337</b>

## ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO USO DE AGREGADO RECICLADO DE CONCRETO NA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE ARGAMASSAS

### **Romildo Alves Berenguer**

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –  
Pernambuco

### **Yane Coutinho Lira**

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –  
Pernambuco

### **Fernanda Cavalcanti Ferreira**

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –  
Pernambuco

### **Thais Marques da Silva**

Universidade de Pernambuco, Recife –  
Pernambuco

### **Bráulio Silva Barros**

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –  
Pernambuco

### **Joanna Elzbieta Kulesza**

Universidade Federal de Pernambuco, Recife –  
Pernambuco

**RESUMO:** A reciclagem de resíduos sólidos é uma boa alternativa para diminuir os impactos gerados pelo uso desordenado de matéria prima e pela redução das áreas de deposição, devido ao grande volume de descarte de resíduos gerados ao longo do ano em todo mundo. Além disso, é uma forma de reduzir a extração de mais materiais do meio ambiente. Neste contexto, inserem-se os resíduos da construção civil, que tem provocado severos danos. Os resíduos oriundos de atividades de

construção e demolição geralmente são sólidos, com materiais densos e com características diversas por conter materiais variados. Essas características podem se apresentar como barreira para serem reutilizados em novos materiais, como, por exemplo, em concretos e argamassas. Existem vários tipos de resíduo da construção civil, como os resíduos de concreto pré-moldado (resíduos cinza) que tem um dos maiores potenciais de utilização, uma vez que se conhecem suas propriedades básicas (resistência à compressão, idade, materiais utilizados, etc.) e têm um menor grau de contaminação por outros materiais, quando se compara com outros resíduos da construção. O objetivo deste estudo é avaliar as características do desempenho mecânico de matrizes cimentícias confeccionadas com resíduo cinza e a sua possível utilização em larga escala. Foram confeccionadas matrizes cimentícias para argamassas com substituição de 0%, 25%, 50% e 75% do agregado miúdo natural pelo resíduo cinza e relação água/cimento fixa de 0,48. Por meio do ensaio de resistência à compressão foi observado, aos 28 dias, que as argamassas com substituição tiveram aumento de resistência comparando com a matriz cimentícia de referência.

**PALAVRAS-CHAVE:** Agregado de concreto reciclado. Resíduo cinza. Resistência da argamassa. Sustentabilidade.

## ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE USE OF RECYCLED CONCRETE AGGREGATE IN THE MECHANICAL RESISTANCE OF MORTAR

**ABSTRACT:** Solid waste recycling is a good alternative to reduce the impact caused by the disorderly use of raw material and the reduction of deposition areas due to the large volume of waste discards generated throughout the year around the world. In addition, it is a way to reduce the extraction of more materials from the environment. In this context is included the construction waste, which has caused severe damage. Wastes from construction activities and demolitions are generally solid, with dense materials and with variable characteristics because they contain different types of materials. These characteristics may be a barrier to the reuse in new materials as, for example, in concrete and mortar. There are several types of construction residues, such as precast concrete residues (gray residues). They can be cited as having one of the greatest potentials of use, due to the knowledge of its basic properties (compressive strength, age, materials used, etc.) and it has a lower degree of contamination by other materials when compared to other building wastes. The objective of this study is to evaluate mechanical performance characteristics of cement matrix made with gray residue and its possible use in large scale. Cement matrixes were made by the replacement of 0%, 25%, 50% and 75% of the natural aggregate (sand) by the gray residue and using fixed water/cement ratio of 0.48. Through the compressive strength test, it was observed at 28 days that the mortars with replacement had an increase in strength compared to the reference cementitious matrix.

**KEYWORDS:** Recycled concrete aggregate. Gray residue. Mortar strength. Sustainability.

### 1 | INTRODUÇÃO

Pesquisas em busca de tecnologias que visam à reutilização de materiais em substituição às matérias-primas naturais, com uso de materiais alternativos, foram incentivadas pelo grande crescimento no setor da construção civil no Brasil. Na mesma proporção do crescimento econômico do setor da construção civil, pode-se observar também o aumento do consumo do concreto.

Dias, Silva e Poggiali (2017) explicam que o concreto é um dos materiais mais consumidos no mundo, uma vez que o desenvolvimento de um país está diretamente associado ao crescimento de sua infraestrutura urbana. Segundo Pedroso (2009), dados da Federación Iberoamericana de Hormigón Premesclado (FIHP) mostram o consumo mundial anual de 11 bilhões de toneladas de concreto.

Conforme John e Agopyan (2000), a construção civil tem provocado impactos severos no Brasil, como o uso da ordem de 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. Neste contexto, Dumet e Pinheiro (2000, apud Leite, 2001) afirmam que incorporar resíduos ao concreto é necessário e interessante, uma

vez que sua produção é feita em larga escala, tem fácil aplicação, é flexível, durável e razoavelmente resistente a agentes químicos e físicos. De modo semelhante pode-se fazer para argamassas, que são materiais com certas semelhanças em suas matrizes.

A Resolução 307/02 do CONAMA (CONAMA, 2002) estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil e responsabiliza os geradores de resíduos pela destinação final de resíduos gerados pelo processo de novas construções, reformas, reparos e demolições de estruturas e rodovias, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos. A resolução descreve que os resíduos de Classe A, em questão, deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados, ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.

Os resíduos de construção e demolição (RCD) possuem características bastante peculiares por serem produzidos em um setor onde há muitas opções de técnicas e metodologias de produção e cujo controle da qualidade do processo produtivo é recente, quando há. As características de composição e quantidade produzida dependem diretamente da fase de desenvolvimento da indústria local de construção, da qualidade da mão-de-obra, técnicas construtivas empregadas e adoção de programas de qualidade (KARPINSKI et al., 2009).

Por se tratar de materiais com propriedades variáveis, muitas vezes isto torna a pesquisa inviável. Contudo, universidades brasileiras estão desenvolvendo pesquisas relacionadas à reciclagem de RCD como matérias-primas de insumos a serem utilizados na construção propriamente dita, as quais se mostraram viáveis e comprovadas com base nos bons resultados obtidos em estudos já finalizados (KARPINSKI et al., 2009).

É cada vez maior a utilização de peças pré-fabricadas de concreto, onde pode-se obter uma maior homogeneidade dos materiais, como resíduos a serem incorporados em novos materiais cimentícios. Para Butler (2003), dentre os vários resíduos da construção civil, podem ser citados o resíduo de concreto, também chamado resíduo cinza, como tendo um dos maiores potenciais de utilização, devido ao conhecimento de suas propriedades básicas, como resistência e idade, e menor grau de contaminação por outros materiais, quando comparados com outros resíduos da construção. Em uma indústria de pré-fabricados, o concreto desperdiçado é proveniente de elementos rejeitados pelo controle de qualidade, final de linhas de produção e sobras de concreto fresco ao final do processo. Nestas empresas, ocorre fundamentalmente a geração de dois tipos de resíduos: rejeitos de concreto no estado fresco e rejeitos de concreto no estado endurecido, existindo vários processos que podem ser aplicados na sua reciclagem (FERREIRA, 2013).

Para Leite (2001), a reciclagem é a melhor alternativa para reduzir o impacto que o ambiente pode sofrer com o consumo de matéria prima e a geração desordenada de resíduos. De acordo com a autora, nos últimos anos a reciclagem de resíduos tem sido incentivada em todo mundo, seja por questões políticas, econômicas ou

ecológicas. A reciclagem de resíduos da construção irá minimizar também problemas com o gerenciamento dos resíduos sólidos dos municípios, uma vez que a geração de resíduos juntamente com o impacto ambiental causado em determinada região não será mais um problema local.

Diante deste contexto, há necessidade de alternativas para a diminuição da geração de resíduos. Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento mecânico de argamassas com uso de resíduo cinza em substituição ao agregado miúdo, visando a avaliar a viabilidade técnica de seu uso.

## 2 | METODOLOGIA

As argamassas utilizadas foram produzidas com cimento, areia natural, resíduo cinza de material proveniente de uma fábrica de pré-moldados e água.

### 2.1 Materiais

A seguir estão descritos os materiais utilizados na pesquisa.

- Cimento: CP V ARI:

O cimento utilizado foi o CPV ARI (alta resistência inicial). É um tipo particular de cimento comum, que tem a peculiaridade de atingir altas resistências nos primeiros dias da aplicação. As características físico-químicas do cimento são apresentadas nas Tabelas 1 e 2, de modo a proporcionar maior conhecimento sobre o material e analisar seu comportamento nos ensaios que serão realizados.

Tipo de cimento portland	Sigla	Composição (% em massa)		Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Material carbonático	
Alta Resistência Inicial	CP V-ARI	100-90	0-10	NBR 16697

Tabela 1: Composição do cimento Portland de alta resistência inicial (ABNT NBR 16697:2018).

Tipo de Cimento Portland	Classe	Finura	Tempo de Pega		Expansibilidade		Resistência à compressão				
		Resíduo na Peneira 75mm (%)	Início (h)	Fim (h)	A frio (mm)	A quente (mm)	1 d (MPa)	3 d (MPa)	7 d (MPa)	28 d (MPa)	91 d (MPa)
CP V-ARI		≤ 6,0	≥ 1	≤ 10	≤ 5	≤ 5	≥ 14	≥ 24	≥ 34	-	-

Tabela 2: Exigências físicas e mecânicas do CP V-ARI (ABNT NBR 16697:2018).

- Agregado miúdo:
- Areia natural

Os agregados podem ser naturais, artificiais ou reciclados. Os naturais são aqueles encontrados e extraídos da natureza, como areias e seixos rolados. Os agregados transformados ou fabricados são chamados de agregados artificiais, como pedra britada. Agregados reciclados são aqueles obtidos de processos de reciclagem de rejeitos ou subprodutos da produção industrial, mineração ou construção ou demolição da construção civil, como escórias siderúrgicas, resíduos de lixo e esgoto sintetizados, resíduo da construção e demolição (RCD), isopor, borracha (NBR 9935, 2011).

Foi utilizado um agregado miúdo natural, essencialmente quartzoso, da região de Recife-PE, isento de impurezas e umidade, para a confecção dos concretos. A areia foi colocada em estufa por cerca de 24h para perda da umidade. Em sequência, foi utilizada uma amostra de 300 g para o ensaio de granulometria do agregado miúdo - NBR NM 248 (2003).

A granulometria da areia está apresentada na Tabela 3 e na Figura 1.

Determinações	Abertura da Peneira	Porcentagem (%)		Método de ensaio
	ABNT (mm)	Retida	Acumulada	
Composição Granulométrica	9,5	0	0	NBR NM 248 (2003)
	4,8	0	0,00	
	2,4	9,00	3,00	
	1,2	34,0	14,3	
	0,6	94,0	45,7	
	0,3	131,0	89,3	
	0,15	25,0	97,7	
	Fundo	7,0	100,00	
Dimensão máxima característica	2,4 mm			NBR 7211 (2009)
Módulo de finura	2,0			
Zona Granulométrica	Zona 3 e 4 (Média grossa)			

Tabela 3: Granulometria do agregado miúdo (areia natural).

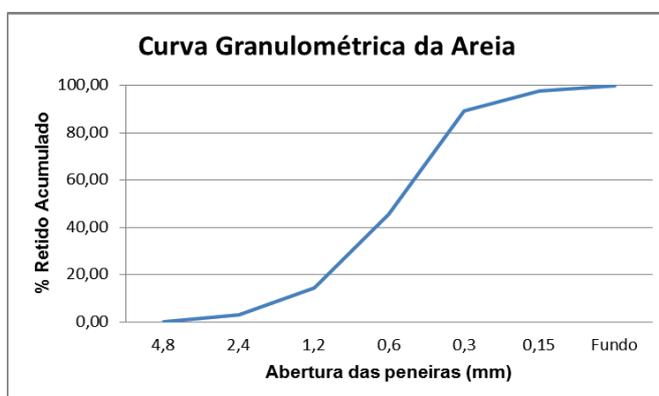


Figura 1. Curva Granulométrica da areia natural.

- Resíduo de concreto

O resíduo de concreto foi coletado de uma empresa de fabricação de blocos pré-moldados de concreto na Região Metropolitana do Recife – RMR. Foram obtidos blocos que seriam descartados por não passarem pelo controle de qualidade da empresa. O material foi levado para trituração em uma máquina trituradora Gipo Kombi, em uma empresa que trabalha com reaproveitamento de materiais da construção civil e demolição. A máquina apresenta quatro esteiras que funcionam como saídas dos materiais após o processo de trituração, que fornecem quatro diferentes granulometrias: areia, brita 19 mm, brita 25 mm e material de aterro, como mostrado na Figura 2.



Figura 2. Material após o processo de trituração em diferentes granulometrias.

A granulometria utilizada no presente estudo foi a mais próxima da areia natural utilizada.

A Tabela 4 e a Figura 3 apresentam informações dos ensaios de granulometria realizados com o resíduo de concreto (resíduo cinza) de acordo com a NBR NM 248 (2003).

Determinações	Abertura da Peneira	Porcentagem (%)		Método de ensaio
	ABNT (mm)	Retida	Acumulada	
Composição Granulométrica	9,5	0	0	NBR NM 248 (2003)
	4,8	0,3	0,3	
	2,4	14,7	15,00	
	1,2	32,7	47,7	
	0,6	25,0	72,7	
	0,3	14,3	87,00	
	0,15	7,7	94,7	
	Fundo	5,3	100,00	
Dimensão máxima característica	2,4 mm			NBR 7211 (2009)
Módulo de finura	2,0			
Zona Granulométrica	Zona 3 e 4 (média grossa)			

Tabela 4: Determinação da composição granulométrica do agregado miúdo reciclado (resíduo cinza).

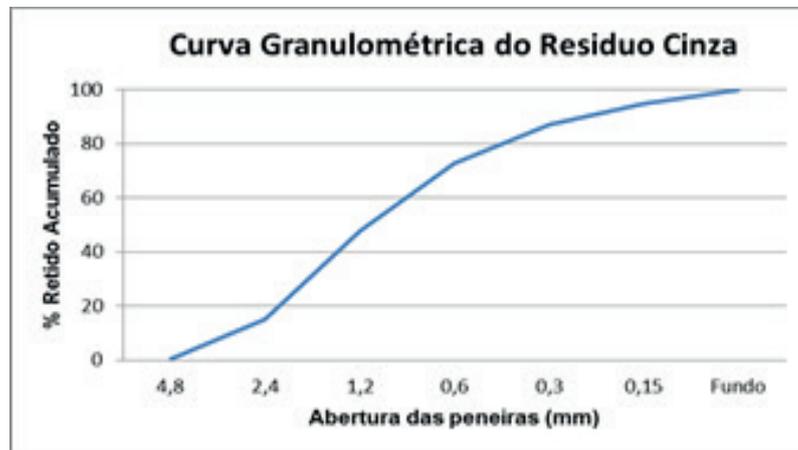


Figura 3: Curva Granulométrica do resíduo cinza.

- Água

A água de amassamento do concreto deve ser isenta de teores prejudiciais de substâncias estranhas. De acordo com a NBR 15900 (2009), julgam-se satisfatórias as águas potáveis. Caso a água não seja potável, é necessário controlar o teor de matéria orgânica, de sulfatos ( $SO_4$ ) e de cloretos (Cl<sup>-</sup>) (FUSCO, 2012). As impurezas em excesso na água de amassamento podem influenciar a resistência, o tempo de pega, a eflorescência e a corrosão da armadura (MEHTA e MONTEIRO, 2014).

Utilizou-se água da rede pública da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), considerada potável. Entretanto, não foram realizados ensaios para sua caracterização.

## 2.2 Métodos

- Confeção das argamassas

A argamassa é uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada) (NBR 13281, 2005).

Para estudo e análise do comportamento mecânico de argamassas com resíduo cinza, foram moldados corpos-de-prova cilíndricos (10 cm de altura x 5 cm de diâmetro) de acordo com a NBR 7215 (1996).

Os corpos-de-prova de referência foram produzidos com argamassa composta de uma parte de cimento, três de areia natural em massa e com relação água/cimento (a/c) constante de 0,48. As porcentagens usadas de resíduo cinza em substituição da areia natural foram de 25%, 50% e 75%. A Tabela 5 apresenta os traços de argamassa produzidos para esta pesquisa.

Traço	Resíduo cinza (%)	Cimento (kg)	Areia (kg)	a/c	Resíduo cinza (kg)
Referência	0	1	3,0	0,48	0
T25	25	1	2,75	0,48	0,75
T50	50	1	1,5	0,48	1,5
T75	75	1	0,75	0,48	2,75

Tabela 5: Traços estudados.

A argamassa foi preparada em um misturador mecânico (argamassadeira) e compactada manualmente nos moldes cilíndricos através de procedimento normatizado. Os corpos-de-prova ficaram dispostos por 24h em temperatura ambiente (Figura 4) e após este tempo foram desmoldados e submetidos à cura em água.



Figura 4. Corpos-de-prova de argamassa de cada traço executado.

- Ensaio de resistência à compressão

O desempenho de uma argamassa está ligado às suas características nos estados fresco e endurecido. As características para o estado endurecido são resistência à compressão adequada, boa resistência de aderência ou ao cisalhamento e boa resiliência. A resistência à compressão da argamassa afeta a resistência dos componentes da alvenaria diretamente, mas é limitada pela resistência dos blocos.

Para verificação da resistência à tração por compressão axial das argamassas, foram ensaiados 6 corpos de prova de cada traço aos 28 dias. As argamassas foram retiradas da cura e submetidas ao teste. A Figura 5 mostra o ensaio de resistência à compressão.



Figura 5. Ensaio de resistência à compressão simples em argamassas.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Resistência à compressão axial

Os resultados de resistência à compressão obtidos estão apresentados na Tabela 6 e, graficamente, nas Figuras 6 e 7. Os resultados são muito semelhantes entre si, porém as argamassas com resíduo apresentam um ganho significativo no valor médio da resistência à compressão axial, comparando-as com os traços de referência.

Traço	Resistência à compressão (MPa)						Média
	CP I	CP II	CP III	CP IV	CP V	CP VI	
Referência	46,7	49,6	48,5	48,3	50,3	50,0	49,0
T25	50,4	54,0	49,6	53,9	53,9	55,8	53,0
T50	50,6	51,0	49,9	51,3	50,6	51,5	51,0
T75	51,1	51,9	49,0	50,6	47,2	50,6	50,0

Tabela 6: Resistência à compressão aos 28 dias.

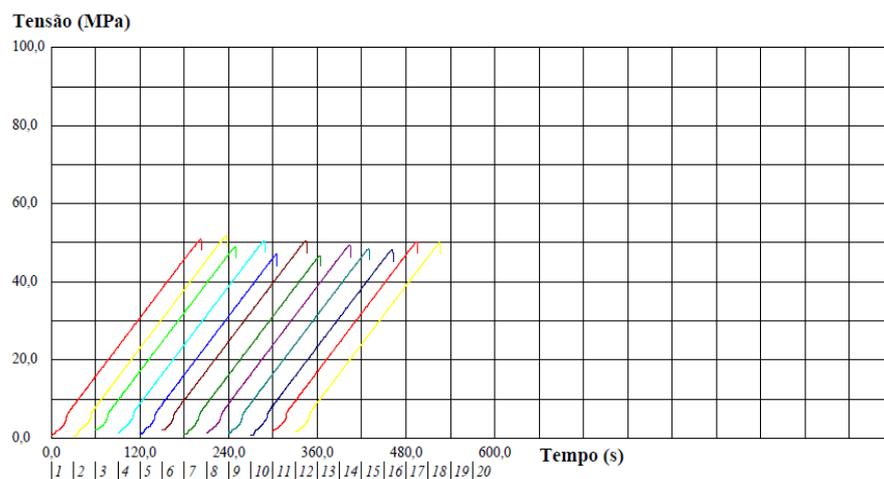


Figura 6: Gráfico de resistência dos corpos de prova de argamassa com 0% e 75% de substituição.

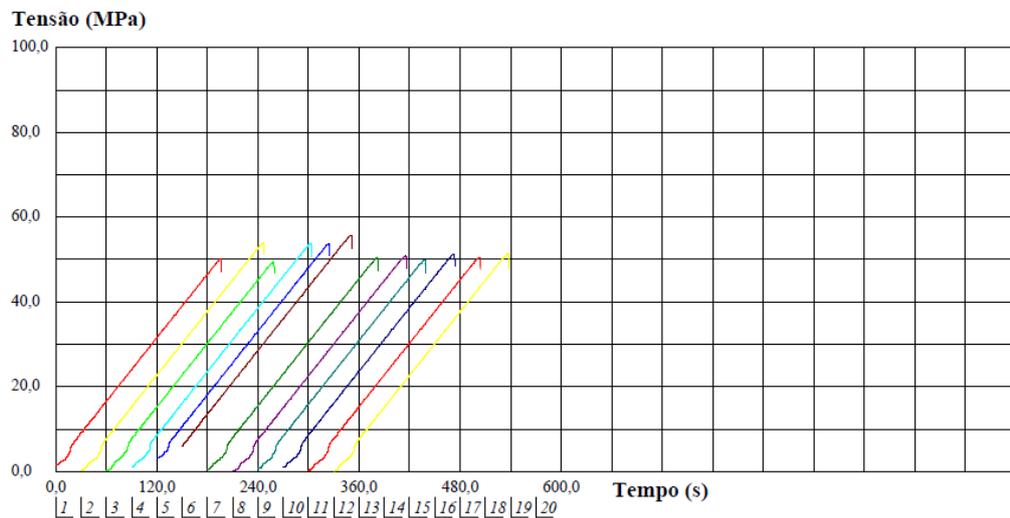


Figura 7: Gráfico de resistência dos corpos de prova de argamassa com 25% e 50% de substituição.

Verifica-se que, na Figura 8, o traço sem resíduo cinza (referência) apresentou resistência média à compressão de 49,0 MPa, enquanto os traços com 25%, 50% e 75% de substituição apresentaram um incremento de 8,16%, 4,1% e 2,1%, respectivamente, em relação ao traço de referência.

Estudos com emprego de resíduo de concreto em argamassas apenas com cimento, sem utilização de cal, não são encontrados na literatura. Entretanto, há trabalhos com este resíduo em concretos, como o estudo de Buttler (2003). Segundo o autor, para a resistência à compressão, foi notado um ligeiro aumento em seu valor em relação ao concreto com agregados naturais, que é explicado pelo processo de cura úmida interna, pela grande quantidade de partículas não-hidratadas de cimento presentes no agregado e a qualidade do agregado reciclado.

Rudnitski et al. (2014) estudaram argamassas com traços de 1:2:8 (cimento:cal:agregado miúdo) com adição de resíduo cinza, em substituição parcial ou total do agregado miúdo. O resíduo era composto principalmente por restos de argamassas de cal (revestimento e assentamento) e resíduo de concreto. No estudo, todas as argamassas apresentaram resultados superiores à mistura de referência. A resistência mais alta foi obtida com a porcentagem de 75% de resíduo, atingindo 3,43 MPa de resistência.

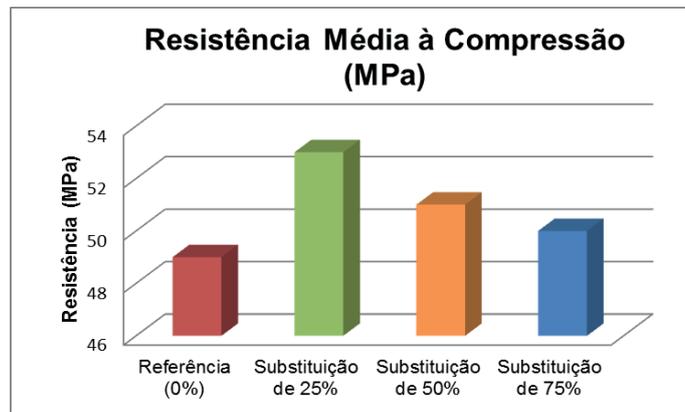


Figura 8: Gráfico da resistência média à compressão.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo realizado, foi possível verificar a viabilidade do uso do resíduo cinza oriundo da britagem de blocos de pré-moldados de concreto em substituição de 25%, 50% e 75% em relação à areia natural, assim como sua influência na resistência mecânica em argamassas. O emprego do resíduo cinza em argamassas apresentou um desempenho satisfatório como agregado miúdo quando utilizado em substituição parcial da areia natural.

Pelas dosagens propostas no estudo, as substituições parciais de areia por resíduo cinza, em teores de 25%, 50% e 75%, em massa, proporcionaram um incremento na resistência à compressão de 8,16%, 4,1% e 2,1%, respectivamente, em relação ao traço de referência, aos 28 dias.

Conforme literatura mencionada, a reciclagem é uma das melhores alternativas para reduzir o impacto que o ambiente pode sofrer com o consumo de matéria prima e a geração desordenada de resíduos. Diante deste contexto, pode-se concluir que o resíduo cinza proveniente da britagem de concretos pré-moldados conferiu aos traços de argamassas com substituição de até 75% da areia natural por resíduo cinza uma resistência mecânica adequada e superior ao traço de referência.

Assim sendo, o uso deste resíduo torna-se viável na confecção de novos produtos em argamassa, sendo uma alternativa de destinação dos resíduos de concreto, colaborando com uma redução de custos de descarte e de extração de matéria prima e minimizando os danos ambientais para a empresa e sociedade. A redução do impacto ambiental é dupla: evita-se o a destinação de mais resíduo no meio ambiente e reduz-se a extração de matéria prima de recursos naturais.

#### REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. NBR 7215: Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão: Procedimento. Rio de Janeiro, 1997.

\_\_\_\_\_.NBR 7211: Agregado para Concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_.NBR 9935: Agregados – Terminologia. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_.NBR NM 248: Determinação da composição granulométrica: Método de ensaio: Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

\_\_\_\_\_.NBR 15900: Água para amassamento de concreto. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2009.

BUTTLER, A. M. Concreto com agregados graúdos reciclados de concreto – Influência da idade de Reciclagem das propriedades dos agregados e concretos reciclados. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

CONAMA, Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA; “Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil”; publicada no Diário Oficial da União em 05/07/2002; Brasília, DF.

DIAS, A. M.; SILVA, T. J. V.; POGGIALI, F. S. J. O concreto sustentável brasileiro. Revista Construindo, v. 9, p. 1-10, 2017.

FERREIRA, H.L.A. Estudo da substituição do agregado graúdo natural por resíduo de concreto britado. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2013.

FUSCO, P. B. Tecnologia do concreto estrutural: tópicos aplicados, 2ª edição, Pini, 2012.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos da construção. In: Seminário Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos, 2000, São Paulo.

KARPINSK, L. A.; PANDOLFO, A.; REINEHR, R.; JUREK, J.; PANDOLFO, L.; GUIMARÃES, J. Gestão diferenciada de resíduos da construção civil – Uma abordagem ambiental. 163 p. EdIPUCRS. Porto Alegre, 2009.

LEITE, M. B. Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados com resíduos de construção e demolição. 2001. 290 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

MEHTA, P. Kumar, MONTEIRO, Paulo J. M.; Concreto: Estrutura, propriedades e materiais, São Paulo, Pini, 2014.

PEDROSO, F. L. Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem. Revista Concreto e Construções. Ano XXXVII. 2009. ISSN 1809-7197. São Paulo, SP.

RUDNITSKI J. C.; NAKANISHI E. Y. B.; MOHAMAD G. Avaliação de Resíduo de Construção e Demolição de Cor Cinza e Vermelho em Argamassa de Revestimento. Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis. 11 p. 2014.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Alvenaria Estrutural 87, 332

Análise Estrutural 185

### B

Bragueto 6, 39, 40, 44, 49, 51, 52

### C

Carbonatação 13, 14, 15, 16, 18, 19, 23, 66, 68, 69, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 85, 86, 99, 104, 107, 108

Cidade limpa 122

Comportamento a longo prazo 1

Concreto 14, 24, 38, 40, 53, 54, 59, 60, 64, 65, 66, 74, 84, 85, 86, 108, 109, 146, 155, 157, 158, 169, 184, 185, 198, 211, 212, 213, 227, 240, 245, 261, 268, 270, 274, 280, 286, 287, 321

Concreto Armado 84, 86, 108, 109, 169, 185, 198, 212, 227, 245

Construção 19, 38, 40, 109, 113, 122, 147, 184, 211, 240, 241, 273, 287, 321, 322

Corrosão 45, 50, 66, 68, 84, 85, 86, 102, 109, 110, 115, 117, 167, 212, 270

Cura química 14, 15, 17, 18, 23, 25, 176

### D

Degradação 1, 2, 3, 4, 5, 7, 12, 13, 26, 27, 28, 77, 84, 86, 100, 106, 107, 111, 112, 134, 135, 138, 142, 146, 159, 166, 167, 169, 200, 289

Diagnóstico de Manifestações Patológicas 97

Durabilidade 1, 52, 84, 96, 109, 157, 212

### E

Edificações 87, 88, 96, 110, 113, 212, 241, 255, 256

Edifício 26, 65, 258

Ensaio e pilares 213

Estrutura 6, 32, 39, 43, 85, 87, 159, 199, 255, 321

### F

Fachada 26, 32, 33, 128, 187, 194

Fiscalização 87, 96

Fissura 47, 110, 116, 250, 252

Fundações 54, 64, 65

### G

GDE/UNB 39, 40, 41, 42, 49, 52

## **I**

Inspeção 42, 52, 85, 97, 99, 100, 106, 109, 115, 116, 117, 118, 185, 211, 212  
Inspeção de Estruturas 97

## **M**

Manifestações patológicas 27, 32, 34, 66, 67, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 106, 108, 110, 111, 114, 115, 116, 119, 120, 134, 135, 136, 137, 143, 144, 145, 171, 172, 173, 174, 183, 184, 186, 188, 189, 197, 201, 211, 214, 228, 229, 231, 241, 242, 243, 244, 245, 252, 255, 257, 259, 324, 329  
Monitoramento 185, 192, 193, 300, 301

## **P**

Patologia 34, 35, 38, 87, 109, 110, 113, 121, 146, 147, 158, 199, 201, 212, 227, 236, 241, 243, 252, 255, 256, 334  
Poluição visual 122, 123, 124, 125, 126, 130, 131, 132  
Ponte 6, 39, 40, 49, 51, 52, 55, 56, 97, 212  
Pré-fabricado 171, 173  
Prevenção 65, 146, 147, 199

## **Q**

Qualidade visual 7, 122, 123, 124, 126, 127, 131, 132, 133

## **R**

Reação Álcali-Agregado 54, 64  
Recuperação 54, 66, 146, 147, 158, 199, 212, 227, 262, 274  
Reforço com FRP 1  
Resinas epoxídicas 1  
Revestimento 26, 38, 141, 187, 188, 321, 332

## **T**

Terapia 135, 137, 202, 258, 330

## **U**

Umidade 50, 77, 110, 118, 140

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-543-3



9 788572 475433