

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL



FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)

Atena
Editora
Ano 2020

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL



FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecário

Maurício Amormino Júnior

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Karine de Lima Wisniewski

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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.

A Atena Editora não se responsabiliza por eventuais mudanças ocorridas nos endereços convencionais ou eletrônicos citados nesta obra.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^a Dr^a Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^a Dr^a Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
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. 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

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Elói Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande

Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília

Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecário Maurício Amormino Júnior
Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: David Emanuel Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Franciele Braga Machado Tullio

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

F697 Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil
/ Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. –
Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-387-3

DOI 10.22533/at.ed.873202109

1. Construção civil – Aspectos econômicos – Brasil. I.
Tullio, Franciele Braga Machado.

CDD 624

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Força, Crescimento e Qualidade na Engenharia Civil no Brasil” contempla dezesseis capítulos com pesquisas sobre temas da engenharia civil no país.

É sabido que a engenharia civil possui uma grande importância no contexto social no país, uma vez que através dela é possível projetar habitações com fins sociais.

Da mesma forma, a engenharia civil proporciona soluções sustentáveis, através de aplicações lean construction ou ainda no desenvolvimento de sistemas que garantem o saneamento básico, proporcionando qualidade de vida a comunidade.

Este livro aborda também pesquisas sobre o comportamento de materiais de construção, e proposta de novos materiais com a finalidade de avançar na construção civil ou conhecer seu comportamento em determinadas situações críticas.

Apresentamos também estudos sobre patologias na construção civil, a fim de entender seus efeitos e buscar alternativas para evitá-las.

Por fim, apresentamos um estudo sobre a forma de ensinar engenharia, de modo que esta área tão técnica seja valorizada como uma solução que pode transformar o país.

Desejo que esta obra proporcione uma leitura agradável e instigue o leitor a buscar e realizar novas pesquisas, contribuindo para a força, o crescimento e a qualidade da engenharia civil no Brasil.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA CONTRIBUIÇÃO DA METODOLOGIA BIM E FILOSOFIA LEAN CONSTRUCTION PARA O DESENVOLVIMENTO DE HABITAÇÃO

Daniel Pacheco Albuquerque

José Luis Menegotto

DOI 10.22533/at.ed.8732021091

CAPÍTULO 2..... 18

LEAN CONSTRUCTION: VANTAGENS DE SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Marcos Vinicius Oliveira de Sá

Keven Costa Ribeiro

Marcela Andrade de Carvalho

Alexandre José de Andrade Malheiros

Wanderson Santos Silva

David Murad Col Debella

DOI 10.22533/at.ed.8732021092

CAPÍTULO 3..... 25

CRESCIMENTO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM SINOP/MT E SUA RELAÇÃO COM OS PRINCIPAIS IMPOSTOS (ISSQN E INSS)

Fernando Dante Morari

Maria Fernanda Fávero Menna Barreto

DOI 10.22533/at.ed.8732021093

CAPÍTULO 4..... 39

DIAGNÓSTICO BÁSICO DO SISTEMA DE DRENAGEM EM PIUMHI – MG COM APLICAÇÃO DE MODELAGEM GIS

Gabriel Soares da Silva

Germano de Oliveira Mattosinho

Rafael Leonel de Castro

Vinny Yuri de Oliveira

Humberto Coelho de Melo

DOI 10.22533/at.ed.8732021094

CAPÍTULO 5..... 54

ANTROPIZAÇÃO DAS MICROBACIAS URBANIZADAS DO MUNICÍPIO DE GURUPI-TO: FATORES FÍSICOS E QUÍMICOS

Miréia Aparecida Bezerra Pereira

Rafaela Alves Dias Xavier

Hilda Rodrigues da Silva

Agatha Sousa Oliveira

Gabriella Nunes Cerqueira

Maira Cristina Fernandes Marinho Matos

Alessandra Gomes Duarte

Rise Consolação Luata Costa Rank

Nelita Gonçalves Faria de Bessa

DOI 10.22533/at.ed.8732021095

CAPÍTULO 6..... 69

CUSTO BENEFÍCIO NA UTILIZAÇÃO DE *MND TUNNEL LINER* EM SUBSTITUIÇÃO AO MÉTODO TRADICIONAL DE ABERTURA DE VALA EM PISTA DE ROLAMENTO

José Anderson de França
Kananda Raquel Manso da Silva França
Eduardo Cabral Silva

DOI 10.22533/at.ed.8732021096

CAPÍTULO 7..... 83

APLICAÇÃO DO DESIGN THINKING PARA O LEVANTAMENTO DE NECESSIDADES DE UM PROJETO SOCIAL EM SÃO LUIS - MA

Marcos Vinicius Oliveira de Sá
Keven Costa Ribeiro
Marcela Andrade de Carvalho
Alexandre José de Andrade Malheiros
Wanderson Santos Silva
Thiago Ferreira Silva

DOI 10.22533/at.ed.8732021097

CAPÍTULO 8..... 92

ESTUDO DA FORMA DO AGREGADO GRAÚDO E SUA INFLUÊNCIA NO MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO

Danillo de Almeida e Silva
André Luiz Bortolacci Geyer
Guilherme de Sousa Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.8732021098

CAPÍTULO 9..... 116

IMPERIAL BLUE QUARTZITE CHARACTERIZATION PURPOSING THE REMOVAL OF STAINS IN NATURA

Juliano Tessinari Zagôto
Rogério Danieletto Teixeira
Bruno do Vale Miotto
Bárbara Gonçalves Rocha

DOI 10.22533/at.ed.8732021099

CAPÍTULO 10..... 123

USO DO METACAULIM NAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTOS E SEUS EFEITOS SOBRE A DURABILIDADE USE OF METACAULIM IN COATING MORTARS AND THEIR EFFECTS ON DURABILITY

João Gabriel Souza dos Reis
Romilde Almeida de Oliveira
Leonardo José Silva do Vale
Klayne Kattiley dos Santos Silva
Guilherme Henrique Nascimento de Barros
Rayssa Valéria da Silva
Carlos Fernando Gomes do Nascimento
Pedro Daltro Macedo de Alencar

José Mateus Gomes Bandeira da Silva
Maria Eduarda Barbosa Ramos de Aguiar
DOI 10.22533/at.ed.87320210910

CAPÍTULO 11..... 136

VIABILIDADE DA APLICAÇÃO DO LÁTEX DA SERINGA AMAZÔNICA (*HEVEA BRASILIENSIS*) COMO ADITIVO EM CONCRETO DE CIMENTO PORTLAND PARA MELHORA DE SUAS PROPRIEDADES FÍSICAS

José Costa Feitoza
Natália da Mata Batista

DOI 10.22533/at.ed.87320210911

CAPÍTULO 12..... 145

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO CONVENCIONAL SUBMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS

Débora Maria Schein
Rafaela Wagner
Caroline dos Santos Santa Maria
Nelson Seidler

DOI 10.22533/at.ed.87320210912

CAPÍTULO 13..... 158

QUANTIFICAÇÃO DE ENTULHO CLASSE A E C DESTINADO A ÁREA DE RCCD DE GURUPI-TO

Beatriz Cerqueira de Almeida
Lara Ferreira Assunção
Luiza Souza Magalhães
Ryhan Marcos Dias Batista
Victor de Aguiar Baldão
Asafe Gomes
Bárbara Gomes Ferreira
Antônio Parreira de Vasconcelos Neto
Daniel Ramos de Souza
Nelita Gonçalves Faria de Bessa

DOI 10.22533/at.ed.87320210913

CAPÍTULO 14..... 166

PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES: ESTUDO DE CASO EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

Ismael Marrathman Dias Costa
Marcos Augusto Barbosa de Amorim
Yuri Sotero Bomfim Fraga

DOI 10.22533/at.ed.87320210914

CAPÍTULO 15..... 178

PATOLOGIA DE FACHADAS: REVISÃO DE LITERATURA

Allefy Teles Sampaio
Jéssica Wanderley Souza do Nascimento
Domingos Sávio Viana de Sousa

DOI 10.22533/at.ed.87320210915

CAPÍTULO 16.....	188
A ARTE DE ENGENHEIRAR – RELATO DE EXPERIÊNCIA Maria Aridenise Macena Fontenelle DOI 10.22533/at.ed.87320210916	
SOBRE A ORGANIZADORA.....	201
ÍNDICE REMISSIVO.....	202

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO CONVENCIONAL SUBMETIDO A ALTAS TEMPERATURAS

Data de aceite: 01/09/2020

Data de submissão: 03/08/2020

Débora Maria Schein

Cidade: Santo Ângelo/RS

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5008354523358719>

Rafaela Wagner

Cidade: Santo Ângelo

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5079829190367855>

Caroline dos Santos Santa Maria

Cidade: Santo Ângelo

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9091523797748849>

Nelson Seidler

Cidade: Santo Ângelo

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6257112526709355>

RESUMO: O concreto, quando submetido a situações de incêndio, sofre comprometimentos de suas propriedades, os quais podem alcançar grandes proporções e até mesmo resultar no colapso da estrutura. Este trabalho tem como objetivo a investigação da interferência da elevação da temperatura nas propriedades do concreto. Para tanto, foram preparados traços experimentais de acordo com a metodologia de dosagem de Paulo Helene e Terzian, com o traço 1:5 de cimento e agregados, com um fator água/cimento igual a 0,5 e slump ± 8 . Desta forma, foram moldados 30 corpos de prova para tipo de cimento estudado, sendo 6 deles como referência, 12 submetidos a temperatura de 300°C e 12 a temperatura de 500°C. Os

mesmos foram submetidos ao resfriamento rápido e ao resfriamento lento, usuais em intervenções de combate a incêndios. Os cimentos utilizados foram o CP-II- 32 F, CP-IV, CP-V ARI. As amostras foram ensaiadas em relação à resistência à compressão e resistência à tração por compressão diametral e, de maneira geral, as maiores perdas de resistências foram observadas nos corpos de prova submetidos à temperatura de 500°C e resfriados rapidamente. Além disso, em relação ao resfriamento o CP-IV foi o que menos sofreu alterações, porém em relação à temperatura sofreu as maiores variações dentre os cimentos estudados.

PALAVRA-CHAVE: Concreto, Temperatura, Incêndio, Resistência Mecânica, Resfriamento

ANALYSIS OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONVENTIONAL CONCRETE SUBJECTED TO HIGH TEMPERATURES

ABSTRACT: Concrete, when subjected to fire situations, suffers damage to its properties, which can reach large proportions and even result in the collapse of the structure. This work aims to investigate the interference of temperature rise in the properties of concrete. For that, experimental mixes were prepared according to the dosing methodology of Paulo Helene and Terzian, with the mix 1: 5 of cement and aggregates, with a water / cement factor equal to 0.5 and slump ± 8 . In this way, 30 specimens were molded for the type of cement studied, 6 of them as a reference, 12 submitted to a temperature of 300 ° C and 12 to a temperature of 500 ° C. They were

subjected to rapid cooling and slow cooling, which are common in fire-fighting interventions. The cements used were CP-II-32 F, CP-IV, CP-V ARI. The samples were tested in relation to the compressive strength and tensile strength by diametrical compression and, in general, the greatest losses of strength were observed in the specimens submitted to the temperature of 500 ° C and cooled quickly. In addition, in relation to cooling, CP-IV was the one that suffered the least changes, however in relation to temperature it suffered the greatest variations among the studied cements.

KEYWORDS: Concrete, Temperature, Fire, Mechanical resistance, Cooling

1 | INTRODUÇÃO

O concreto, por ser um dos materiais mais utilizados no mundo, exige que sejam realizadas muitas pesquisas para avaliar suas propriedades em situações peculiares e incomuns, como é o caso de uma eventual exposição ao fogo. Pesquisas voltadas ao comportamento do concreto em situações de incêndio tornam-se cada vez mais importantes, uma vez que o desenvolvimento de tecnologias do concreto para estas situações permite que as estruturas continuem apresentando um desempenho mínimo em temperaturas superiores às de serviço e que o calor não conduza o material à perda total da sua capacidade de suporte.

Quando uma edificação é atingida por um incêndio, os seus usuários ficam sujeitos a um elevado risco de vida e a construção pode sofrer riscos estruturais consideráveis, podendo até serem levadas ao colapso.

Em princípio, o concreto apresenta um desempenho adequado ao ser submetido a elevadas temperaturas, pois é um material não combustível e possui baixa condutividade térmica. Outro fundamento é que, durante o processo de aquecimento, o concreto não desprende gases tóxicos e resiste a um tempo considerável quando exposto ao fogo, mantendo boas características (LORENZON, 2014).

Pesquisas referentes a elementos de concreto em altas temperaturas conduzem a resultados muito variáveis, pois se sabe que o concreto é um material composto, cujos diferentes constituintes não reagem da mesma forma diante das altas temperaturas, o que torna o efeito do fogo um grave problema. A elevação gradual de temperatura provoca efeitos distintos no concreto e nas argamassas, verifica-se alteração na coloração, perda de resistência mecânica, esfarelamento superficial, fissuração ou até mesmo a própria desintegração da estrutura. Devido à perda de água que ocorre nesta situação, verificam-se ainda expansões e/ou contrações térmicas e modificações no arranjo cristalino de alguns dos constituintes do material (MORALES; CAMPOS; FAGANELLO, 2011).

Tem-se que a composição do concreto é um dos fatores que deve ser levado em consideração, pois tanto a pasta quanto o agregado podem se alterar com o acréscimo de temperaturas e de maneiras diferentes. A umidade inicial, o tamanho da peça e a taxa de crescimento da temperatura são fatores importantes que exercem influência, pois governam

o desenvolvimento de pressões internas dos produtos gasosos de sua decomposição (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Propriedades térmicas do concreto

O concreto é um material que pode ser classificado como um mal condutor de calor, devido a suas propriedades caloríficas. Sua condutividade térmica é baixa, variando de 1,4 a 3,6 J/m².s.°C/m e sua difusibilidade térmica (velocidade com que ocorrem variações de temperatura na massa de concreto), segundo Morales; Campos; Faganello (2011), situa-se entre 0,002 e 0,006 m²/h, variando em função do tipo de agregado.

A massa específica não interfere consideravelmente na condutividade dos concretos convencionais, porém a natureza mineralógica dos agregados exerce grande influência nesta propriedade. Tem-se que o agregado basáltico é o de menor condutividade térmica, na faixa de 2 J/m².s.°C/m (SOUZA et al., 2010). De acordo com Lorenzon (2014), o tipo de agregado utilizado na produção do concreto influencia na perda de resistência à compressão devido à ação do fogo, porém, antes dos 500°C a diferença é desprezível.

Outra propriedade relacionada à variação de temperatura é o calor específico, ou seja, a capacidade térmica do concreto, que varia de cerca de 800 a 1200 J/kg°C, este valor aumenta em relação a temperatura e é inversamente proporcional a massa específica do concreto (MORALES; CAMPOS; FAGANELLO, 2011).

2.2 Efeitos da alta temperatura no concreto

O concreto quando submetido a situações de elevação exacerbada de temperatura, como nos casos de incêndio, sofre várias consequências em seus componentes. Dentre as variáveis que influenciarão no grau de alteração que poderá ocorrer no concreto estão o tempo de exposição, nível de temperatura atingida e o traço do concreto.

Algumas das mudanças que ocorrem são o esfrelamento da superfície calcinada, a separação parcial de pequenas camadas superficiais e os chamados lascamentos explosivos, os quais costumam ocorrer dentro dos primeiros 30 minutos a temperaturas de 250 a 400°C. Pesquisas revelam que a probabilidade de ocorrer lascamentos durante um incêndio cresce com a esbeltez de elementos estruturais e a ocorrência de altas tensões de compressão na seção ao longo de um incêndio (COSTA; SILVA, 2002).

Outras formas de deterioração são o esfrelamento superficial resultante da ação da elevada temperatura na parte carbonatada do concreto, a fissuração consequente da evaporação de água interna e a dilatação térmica dos componentes. (MORALES; CAMPOS; FAGANELLO, 2011). Segundo Lima (2004), a aderência entre o agregado graúdo e a pasta de cimento também é amplamente prejudicada pela elevação de temperatura.

De acordo com Lorenzon (2014), a pasta do concreto, composta de cimento, areia e

água, possui grandes quantidades de água capilar e água adsorvida, as quais evaporam ao longo do aumento da temperatura e geram um acréscimo de pressão de vapor no interior dos poros do material. Segundo Morales; Campos; Faganello (2011), estas tensões de origem térmica dentro da matriz de concreto influenciam na desintegração das regiões superficiais dos elementos estruturais.

Na fase inicial do incêndio verifica-se o aumento gradual da temperatura, geralmente dentro de um curto espaço de tempo e em temperaturas abaixo de 250°C o efeito sobre a resistência mecânica do concreto é muito pequena. Nesta fase começa a ocorrer a desidratação do gel de C-S-H, bem como a retração por perda de água. Acima de 300°C já ocorre uma perda considerável de resistência mecânica do concreto, fato que se intensifica em situações de resfriamento rápido, sendo que o mesmo pode ser responsável pelas maiores perdas de resistência mecânica. Quando realizado o resfriamento lento há uma possibilidade de se recuperar até 90% da resistência do concreto. (MORALES; CAMPOS; FAGANELLO, 2011). A tabela 1 apresenta os efeitos da temperatura, ao longo do seu acréscimo, no concreto.

TEMPERATURA [°C]	EFEITO	RESISTÊNCIA RESIDUAL [%]
100-200	Lascamento, início da desidratação C-S-H**	100
200-300	Retração por perda de água da tobermorita**** e dilatação dos agregados	90
300-400	Intensificação da desidratação do C-S-H**, ocorrência de fissuras superficiais	80
400-500	Retração acentuada por desidratação do hidróxido de cálcio	40
500-600	Desidratação acentuada do hidróxido de cálcio	30
575	Expansão do quartzo, com fissuração da matriz cimentícia	-
600-700	Transformação dos agregados. $\text{CaCO}_3^* \rightarrow \text{CaO}^* + \text{CO}_2^*$	-
870	Transformação do quartzo em tridimita***	-

*Carbonato de cálcio transformando-se em óxido de cálcio + dióxido de carbono.

**Composto químico do cimento Portland, descrito por $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

***Cristal de baixa resistência mecânica gerado após a exposição do quartzo a altas temperaturas.

****Gel mineral que se forma na interface matriz cimentícia - agregado gráudo durante durante a cura do concreto

Tabela 1 - Efeitos causados no concreto e suas respectivas temperaturas de origem

Fonte: MACEDO et al.(2016)

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização dos materiais

3.1.1 Cimento

Os cimentos empregados na pesquisa foram o CP II- 32F, CP-IV e o CP-V ARI, todos

de acordo com a NBR 16697 (2018). Suas composições químicas estão apresentadas na tabela 2.

Óxidos	Resultados em %		
	CP II-F-32	CPIV-32	CPV-ARI
AL ₂ O ₃	4,25	9,43	4,38
SiO ₂	18,03	29,98	19,08
Fe ₂ O ₃	2,94	4,12	2,97
CaO	61,27	44,96	61,57
MgO	2,71	2,17	3,15
SO ₃	2,59	2,21	3,08
Perda ao Fogo	6,75	4,79	3,58

Tabela 2 - Composição química do cimento (Cimentos Itambé)

Fonte: Cimentos Itambé, (2020)

3.1.2 Agregados

Em relação aos agregados graúdos, a norma NBR 7211 (2009) os define como materiais pétreos, obtidos por fragmentação artificial ou natural, inertes, com propriedades adequadas, possuindo dimensão nominal máxima inferior a 152 mm e mínima superior ou igual a 0,075mm. Os agregados graúdos utilizados são de origem basáltica provenientes da cidade de Santo Ângelo/RS, sendo estes caracterizados como Brita 1, com a variação de diâmetros entre 9,5 e 19 mm.

Ainda de acordo com a NBR 7211 (2009), os agregados miúdos são aqueles cujos grãos passam pela peneira ABNT 4,8 mm e ficam retidos na peneira ABNT 0,150mm. Estes podem ser de origem natural, resultado de um processo de britagem, ou uma mistura de ambos. O agregado miúdo empregado na pesquisa é a areia média de rio, proveniente da cidade de Santa Maria/RS, a qual possui origem mineral.

3.1.3 Água

A água para ser utilizada nos concretos deve ser potável, com as mesmas propriedades da água utilizada para consumo humano. Portanto, utilizou-se na pesquisa água potável advinda da Companhia Rio-grandense de Saneamento, da cidade de Santo Ângelo/ Rio Grande do Sul.

3.2 Dosagem

Para a dosagem foi utilizada a metodologia da análise experimental de Paulo Helene

e Terzian (2001), definindo o traço intermediário fixo de 1:5, de cimento e agregados, um teor argamassa de 52% e slump 8 ± 1 , e o fator água/cimento adotado foi igual a 0,5.

3.3 Apresentação das amostras

Foram moldados 30 corpos de prova por tipo de cimento. Destes, 6 foram ensaiados sem serem submetidos a elevação de temperatura, para servirem de referência ao estudo e 24 foram levados à mufla. A tabela 3 apresenta os tipos de cimentos e as temperaturas analisadas, bem como a quantidade de corpos de prova destinados a cada variável.

CIMENTO	TEMPERATURA 300°C		TEMPERATURA 500°C		TEMPERATURA AMBIENTE
	Resfr. Lento	Resfr. Rápido	Resfr. Lento	Resfr. Rápido	
CP- II - 32 F	6	6	6	6	6
CP- IV	6	6	6	6	6
CP- VARI	6	6	6	6	6

Tabela 3 - Quantidade de corpos de prova moldados para cada variável e tipo de cimento

Fonte: Autores

3.4 Moldagem e Cura dos Corpos de Prova

Para o presente trabalho optou-se por analisar corpos de prova de concreto com dimensões de 10 x 20 cm, visto que outros pesquisadores relatam que corpos de prova 5x10cm apresentam muita variação de resultados em suas amostras. Após a pesagem e seleção dos materiais, foi realizada a concretagem através de uma betoneira com capacidade para 100 litros. Primeiramente foi adicionado o agregado graúdo e metade da quantidade de água a ser utilizada. Logo após foi adicionado o cimento em sua totalidade e, posteriormente, a quantidade restante de água e o agregado miúdo. O adensamento foi realizado com o auxílio de uma haste metálica de 16 mm e ponta arredonda e se sucedeu em 2 camadas de 12 golpes. A figura 1 representa o adensamento dos corpos de prova e a figura 2 os corpos de prova recém moldados.



Figura 1 - Adensamento dos corpos de prova através de haste metálica



Figura 2 - Corpos de prova cilíndricos moldados

Em 24 horas após a moldagem os corpos de prova foram desmoldados, identificados e levados à câmara úmida, com 95% de umidade e temperatura de 23 ± 2 graus Celsius, onde permaneceram por 28 dias, até serem levados à mufla para serem submetidos à elevação de temperatura.

3.5 Aquecimento e resfriamento

Após 28 dias em câmara úmida os corpos de prova foram submetidos ao aquecimento na mufla com uma elevação média de temperatura de $20^\circ\text{C}/\text{min}$.

Posteriormente a estabilização da temperatura desejada os corpos de prova foram mantidos na mufla durante 1 hora, assemelhando-se assim a um tempo de exposição ao fogo de 1 hora. Para simular um resfriamento lento, passado esse período, para cada tipo de cimento e temperatura 6 corpos de prova foram retirados da mufla e deixados em temperatura ambiente. O resfriamento brusco foi realizado nos outros 6 corpos de prova, através da imersão dos mesmos, imediatamente após serem retirados da mufla, em água saturada de cal à temperatura de 21°C . A figura 3 apresenta os corpos de prova na mufla, logo após a abertura da mesma. A figura 4 representa o resfriamento lento e a figura 5 o resfriamento rápido sendo realizado.



Figura 3 - corpos de prova sendo retirados da mufla



Figura 4 - Corpos de prova elevados a 300°C sendo resfriados lentamente



Figura 5 - Resfriamento rápido dos corpos de prova

3.6 Ensaio de Resistência à Compressão Axial

Para a realização do ensaio de resistência à compressão foram atendidas as determinações da norma NBR 5739 (2010) e o mesmo foi realizado aos 28 dias de idade do concreto, após completo resfriamento dos corpos de prova.

O ensaio foi realizado através de uma prensa hidráulica, com capacidade de 2000 kN, monitorada por computador. A figura 6 ilustra a realização deste ensaio.

3.7 Ensaio de Resistência à Tração por Compressão Diametral

Este ensaio foi realizado de acordo com a norma NBR 7222 (2011) com a mesma prensa utilizada no ensaio de resistência à compressão. A figura 7 demonstra o referido ensaio.



Figura 6- Ensaio de Resistência à compressão

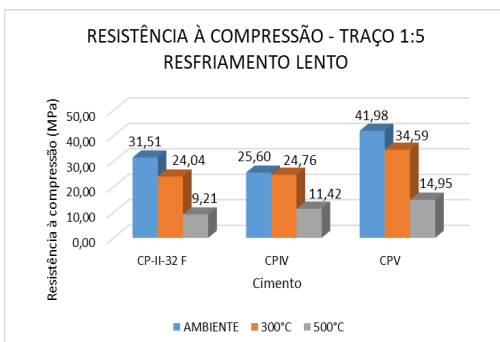


Figura 7- Ensaio de Resistência à tração por compressão diametral

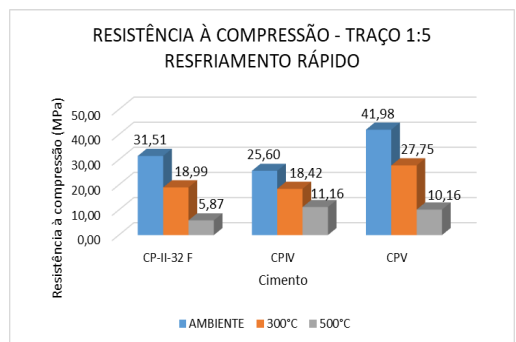
Foram realizadas Análises da Variância amostral (ANOVA) comparando seus resultados com os valores encontrados na pesquisa em laboratório, complementando a análise dos mesmos e com isto facilitando as conclusões da pesquisa.

4 | RESULTADOS

As figuras 8 e 9 apresentam, respectivamente, os gráficos com os resultados dos rompimentos e a porcentagem de perda de resistência dos corpos de prova em relação a suas referências.

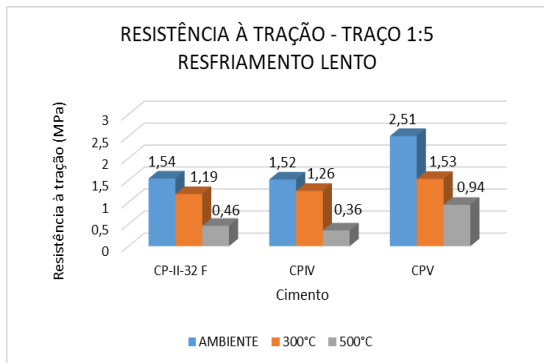


(a)

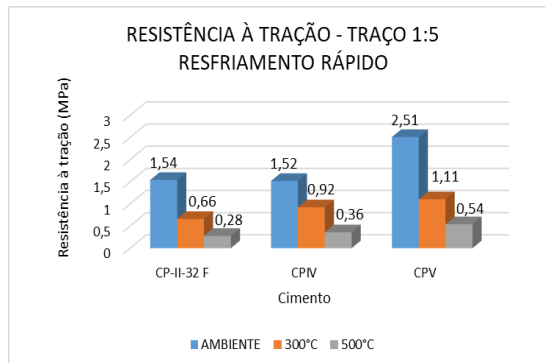


(b)

Figura 8 - Gráficos dos resultados dos rompimentos à compressão (Autores)



(a)



(b)

Figura 9 - Gráficos dos resultados dos rompimentos à tração (Autores)

Resistência à compressão lento		
CIMENTO	redução a 300°C (%)	redução a 500°C (%)
CPII	17,79	68,52
CPIV	3,27	55,39
CPV	17,60	64,38

(a)

Resistência à compressão rápido		
CIMENTO	redução a 300°C (%)	redução a 500°C (%)
CPII	35,07	79,93
CPIV	28,03	56,39
CPV	33,90	75,79

(b)

Resistência à tração lento		
CIMENTO	redução a 300°C (%)	redução a 500°C (%)
CPII	22,94	69,91
CPIV	16,92	76,26
CPV	38,96	62,37

(c)

Resistência à tração rápido		
CIMENTO	redução a 300°C (%)	redução a 500°C (%)
CPII	57,14	81,82
CPIV	39,34	76,26
CPV	55,85	78,46

(d)

Figura 10 - Porcentagens das perdas de resistência mecânica em relação aos corpos de prova referência (Autores)

Analisando as figuras 8 e 9 e 10, pode-se perceber que o CP-IV, quando exposto ao resfriamento lento, quase não sofreu alterações em sua Resistência à Compressão a 300°C. A 500°C, este tipo de cimento continuou sendo o que menos sofreu variações, porém perdeu mais de 50% da sua resistência inicial. Os resultados atingidos pelo CP-II e pelo CP-V são semelhantes entre si quando observados nestas mesmas condições.

Considerando-se o resfriamento rápido pode-se destacar que o CP-II foi o que mais sofreu alterações em sua Resistência à Compressão, seguido do CP-V, para ambas as temperaturas. O CP-IV continuou apresentando os melhores resultados de resistência para este tipo de resfriamento. Para esta condição de resfriamento e elevação da temperatura a 500°C, é importante destacar que alguns corpos de prova moldados com CP-IV sofreram deterioração física, não podendo assim ser utilizados para os ensaios de resistência

mecânica.

Segundo a Análise da Variância, para o cimento CP-II-F, percebeu-se que não existem diferenças significativas entre resfriamento lento e rápido, tanto a 300°C quanto a 500°C, nas resistências à compressão. Entretanto, para as mesmas temperaturas na Resistência à Tração, pode-se concluir que existem diferenças consideráveis nestes dois tipos de resfriamento, nesta mesma análise.

Quanto ao concreto moldado com CP-V é possível perceber alterações significativas na sua Resistência à Compressão a 500°C, porém a 300°C não apresentou diferenças consideráveis, o que se repete na resistência à tração. Também, de acordo com ANOVA, para o CP-IV não foram verificadas alterações significativas na Resistência à Compressão entre tipos de resfriamento para a mesma temperatura.

De modo geral pode-se verificar que a diferença numérica entre as porcentagens de perda de resistência dos corpos de prova entre resfriamento lento e rápido foi considerável, porém a análise científica pela ANOVA constatou que o único tipo de concreto com alterações significativas foi o composto de CP-V quando elevado a 500°C, nos demais não houve diferenças significativas entre os dois tipos de resfriamento nos corpos de prova rompidos à compressão. Porém, nos corpos de prova rompidos à tração, essa diferença estatística foi facilmente perceptível e puderam-se notar grandes variações nas resistências dos corpos de prova com CP-II-F-32 tanto a 300°C quanto a 500°C e com CP-V a 500°C apenas.

Fazendo uma análise da composição química dos cimentos, mais especificamente da propriedade de perda ao fogo, como esperado o CP-II-F foi o que obteve maior perda de resistência, já o CP-IV obteve melhores desempenhos que o CP-V mesmo apresentando em sua composição um valor maior para a perda ao fogo que o CP-V.

5 | CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados pôde-se observar que os corpos de prova formados de CP-IV apresentaram maior variação de resistência de 300°C para 500°C tanto à compressão como à tração. Deste modo, em relação ao CP-IV é possível concluir que este tipo de cimento apresenta variações muito pequenas na sua resistência quando submetido à temperatura de 300°C, o que não se observou a 500°C, onde é possível perceber perdas de mais de 50% em relação à resistência inicial. Em partes pode-se justificar a baixa resistência do CP-IV a 500°C pela deterioração física destes corpos de prova ocorrida no resfriamento rápido nesta pesquisa.

Na Análise da Variância, para o CP-IV não foram verificadas alterações significativas entre os tipos de resfriamentos para a mesma temperatura. Isso nos leva a conclusão de que, em relação ao resfriamento, o CP-IV foi o que menos sofreu alterações, porém em relação a temperatura sofreu as maiores variações dentre os cimentos estudados. A ocorrência deste comportamento pode ser justificada pelo fato de ser encontrada, em sua

composição química, grande quantidade de cinza volante, parte reagindo como reação pozolânica e parte sem reagir. Como a cinza volante tem propriedades isolantes em caso de incêndios, pode-se atribuir esta propriedade como uma razão para este concreto ter resistido às temperaturas iniciais, em 300°C.

Em todos os casos a perda numérica de resistência foi maior no resfriamento rápido e a 500°C. O concreto composto de CP II teve a maior perda, chegando a perder 80 % de sua resistência quando rompido a tração, após passar por aquecimento a 500 graus e resfriamento rápido. Os resultados atingidos pelo CP-II e pelo CP-V são semelhantes entre si quando observados nas mesmas condições.

Ao final desta pesquisa pode-se concluir que o concreto que apresentou melhor desempenho foi o constituído de CP-IV, quando aquecido a 300 graus e resfriamento lento, com uma redução de somente 3 % em sua resistência.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16697: **Cimento Portland – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018.

_____. NBR 7211: **Agregados para concreto- Especificação**. Rio de Janeiro, 2009.

HELENE, Paulo R. L.; TERZIAN, Paulo. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 2001. 349 p.

_____. NBR 5739: **Concreto – ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2010.

_____. NBR 7222: **Concreto e argamassa — Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos**. Rio de Janeiro, 2011.

COSTA, C.N; SILVA V.P. **Estruturas de concreto armado em situação de incêndio**. Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural. Brasília, 2002.

LIMA, R.C.; KIRCHHOF, L.D.; CASONATO, C.A.; SILVA FILHO.; L.C.P..**Efeitos de alta temperatura no concreto. II Seminário de patologias nas edificações**. Porto Alegre, 2004.

LORENZON, A. **Análise da resistência residual do concreto após exposição a altas temperaturas**. Trabalho de conclusão de curso. Pato Branco, 2014.

MACEDO et al. **Análise Termoestrutural de Vigas de Concreto Armado em Situação de Incêndio**. Ibracon, Belo Horizonte-MG, 2016.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014. xxi, 751 p.

MORALES, G.; CAMPOS, A.; FAGANELLO, A. M. P. **A ação do fogo sobre os componentes do concreto.** Semana: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, V. 32, p 47 – 55, 2011.

SOUSA, A. A. A., MORENO JR, a. I., **Efeito de altas temperaturas na resistência à compressão, resistência à tração e módulo de deformação do concreto.** IBRACON, 2010.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agregado 92, 93, 94, 95, 96, 97, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 111, 112, 113, 114, 115, 125, 128, 143, 146, 147, 149, 150, 159, 160, 162

Alvará 25, 27, 28, 32, 34, 35

B

Bim 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 53, 197, 198

C

Concreto 9, 22, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 101, 104, 107, 111, 112, 113, 114, 115, 124, 125, 128, 129, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 152, 155, 156, 157, 173, 176, 177, 182, 187, 192

Construção Civil 1, 2, 6, 7, 8, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 30, 32, 34, 35, 36, 37, 50, 52, 88, 114, 124, 125, 126, 128, 137, 139, 143, 158, 159, 160, 162, 163, 164, 166, 167, 172, 176, 177, 179, 180, 185, 187, 190, 192, 193, 199

D

Design Thiking 83, 84

Drenagem Pluvial 39

Durabilidade 92, 93, 100, 111, 123, 124, 128, 129, 133, 135, 170, 175, 181, 182

E

Elasticidade 92, 98, 101, 103, 105, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 140

Enxuto 18

Escavação 69, 70, 71, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 81

F

Forma 3, 7, 12, 14, 15, 18, 20, 21, 22, 43, 44, 45, 65, 69, 70, 74, 79, 84, 85, 86, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 123, 126, 143, 145, 146, 159, 161, 163, 166, 169, 170, 174, 175, 179, 189, 194, 195, 197

H

Habitação 1, 2, 3, 4, 25, 26, 80, 197

Habite-se 25, 26, 27, 28, 30, 32, 34, 35, 36

I

Impostos 15, 25, 26, 27, 28, 32, 33, 35

Influência 41, 43, 57, 92, 93, 99, 100, 101, 111, 115, 128, 133, 134, 135, 138, 144, 146,

174, 175, 181

Infraestrutura Urbana 39

Interdisciplinar 55, 159, 163

L

Lean Construction 1, 2, 3, 6, 8, 9, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23

M

MND 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 78, 79

N

Necessidades 6, 9, 21, 83, 85, 86, 87, 88, 89

O

Ornamental Stones 116

P

Personas 83, 84, 85, 87, 89, 90

PMCMV 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9, 14, 15, 16

Pozolanas 124, 127, 129

Projeto Social 83, 84, 85, 88

Q

Qualidade da Água 55, 56, 57, 59, 60, 63, 65, 66, 68

Quartzite 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122

R

Recursos Hídricos 55, 66, 67

Removal 116, 118

Revestimentos 123, 124, 125, 127, 133, 135, 140, 162, 179, 181, 182, 184, 186, 187

S

Saneamento Básico 54, 55, 56, 59, 65, 66, 68, 88

Saúde Pública 55, 65, 66, 68

Smart City 39, 40, 43, 44, 52, 53

Stains 116, 118, 122

T

Technological Characterization 116

Tunnel Liner 69, 70, 71, 72, 73, 77, 78, 79, 81

V

Vala Método Tradicional 69

Vantagens 18, 19, 22, 74, 75, 77, 78, 138

Viabilidade Técnico-Econômica 1, 16

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL



www.atenaeditora.com.br



contato@atenaeditora.com.br



[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)



www.facebook.com/atenaeditora.com.br