

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3



ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3



ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

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

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

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 Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi 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
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
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. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Armando Dias Duarte

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D812 Coleção desafios das engenharias: engenharia civil 3 /
Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-639-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.390212610>

1. Engenharia civil. I. Duarte, Armando Dias. II. Título.
CDD 624

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

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

A coleção de trabalhos intitulada “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Civil 3” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de trabalhos diversos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que através dos resultados, possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no desenvolvimento profissional.

Os estudos apresentados, foram desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país e também um caso internacional. Em todos esses trabalhos foram apresentadas diversas problemáticas a respeito do estudo de interação solo-estrutura, orçamento de obras, desempenho de materiais, aditivos para materiais da construção civil, análises através da ferramenta Building Information Modelling (BIM), gestão de resíduos **sólidos**, entre outros. Os estudos presentes nos trazem à tona, temas interdisciplinares através da segurança de obras civis, aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Os temas discutidos nesta obra, possuem a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, com temáticas atuais e que são apresentadas como desafios enfrentados pelos profissionais e acadêmicos, deste modo a obra “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Civil 3”, apresenta uma teoria fundamentada nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolveram seus trabalhos e pesquisas, os quais serão apresentados de maneira concisa e didática.

A divulgação científica é de suma importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, sendo a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulguem seus resultados.

Armando Dias Duarte

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA EM EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO SOBRE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS

Mateus Lima Barros

Vinicius Costa Correia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126101>

CAPÍTULO 2..... 13

ANÁLISE DE HASTES DELGADAS EM GRELHAS HIPERESTÁTICAS

Antônio Luís Alves da Cunha

Luiz Carlos Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126102>

CAPÍTULO 3..... 28

ANÁLISE DE SÓLIDOS INELÁSTICOS SOB DEFORMAÇÃO FINITA USANDO ELEMENTOS BIARTICULADOS 2D E 3D

William Taylor Matias Silva

Sebastião Simão da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126103>

CAPÍTULO 4..... 46

APLICAÇÃO DA NORMA ABNT NBR 16747 (2020) – INSPEÇÃO PREDIAL EM EMPREENDIMENTOS RURAIS – ESTUDO DE CASO

Camilla Cristina Cunha Menezes

Marcos de Paulo Ramos

Thiago Pena Bortone

Rachel Jardim Martini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126104>

CAPÍTULO 5..... 58

APLICAÇÃO DE CURSO EXTENSÃO DE ORÇAMENTO DE OBRAS EM BIM COMPARANDO COM A METODOLOGIA ATUAL DA DISCIPLINA DE ORÇAMENTO DE OBRAS DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE – CAMPUS ESTÂNCIA

Anna Cristina Araujo de Jesus Cruz

José Carlos de Anunciação Cardoso Júnior

Mariana Silveira Araujo

Natália Ramos dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126105>

CAPÍTULO 6..... 67

CORROSÃO NA ARMADURA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DEVIDO AO ATAQUE DE SULFATOS

Henrique Resende dos Santos

Adriano de Paula e Silva

Eduardo Chahud
Cristiane Machado Parisi Jonov

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126106>

CAPÍTULO 7..... 78

DANOS PÓS INCÊNDIO NA ESTRUTURA DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA. UM ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Rodolpho Medeiros Frossard
Anna Luiza Macachero Victor Rodrigues
Lara Sandrini
Matheus Carreiro Zani
Warribe Lima de Siqueira
Geilma Lima Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126107>

CAPÍTULO 8..... 90

DEGRADAÇÃO TÉRMICA DE CONCRETOS CONVENCIONAIS SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS E RESFRIAMENTO LENTO

Moacyr Salles Neto
Flávio Roldão de Carvalho Lelis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126108>

CAPÍTULO 9..... 103

DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HOSPITALARES VIA DIMENSÕES MORFOLÓGICAS

Alyria Donegá
João da Costa Pantoja

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126109>

CAPÍTULO 10..... 115

DIFICULDADE DOS DISCENTES DE ENGENHARIA CIVIL NA MATÉRIA DE MECÂNICA VETORIAL COMPARANDO OS PARÂMETROS DO ENSINO PRESENCIAL E DO ENSINO REMOTO

Alessandro Leonardo da Silva
Emanuela dos Santos Gonzaga
Gustavo Neves Quintão Gonzales
Marcelo Robert Fonseca Gontijo
Thais Prado Vasconcelos Silva
Rodrigo Silva Fonseca
Heron Viterbre Debique Sousa
Ícaro Viterbre Debique Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261010>

CAPÍTULO 11..... 125

EFEITO DO TEOR e TIPO de CIMENTO NO MÓDULO DE RESILIÊNCIA DE SOLO ARENOSO ESTABILIZADO QUIMICAMENTE

José Wilson dos Santos Ferreira
Michéle Dal Toé Casagrande

Raquel Souza Teixeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261011>

CAPÍTULO 12..... 136

ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO EN EL MUNICIPIO DE IXHUACÁN DE LOS REYES,
VERACRUZ

Gilbert Francisco Torres Morales

Ignacio Mora González

Saúl Castillo Aguilar

René Álvarez Lima

Raymundo Dávalos Sotelo

José Alberto Aguilar Cobos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261012>

CAPÍTULO 13..... 150

ESTUDO DA APLICAÇÃO DO LÁTEX DA SERINGUEIRA AMAZÔNICA (*HEVEA
BRASILIENSIS*) COMO ADITIVO EM ARGAMASSA COM CIMENTO PORTLAND PARA
MELHORA DE COMPORTAMENTO MECÂNICO

José Costa Feitoza

Natália da Mata Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261013>

CAPÍTULO 14..... 160

ESTUDO DE UMA CONTENÇÃO UTILIZANDO FERRAMENTA NUMÉRICA E MÉTODOS
APROXIMADOS DE DIMENSIONAMENTO DE TIRANTES

Renathielly Fernanda da Silva Brunetta

Isabela Grossi da Silva

Leandro Canezin Guideli

Vitor Pereira Faro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261014>

CAPÍTULO 15..... 173

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO NO GNAISSE MILONÍTICO

Kelly de Oliveira Borges da Costa

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

Carlos Maurício Fontes Vieira

Elaine Aparecida Santos Carvalho Costa

Geovana Carla Girondi Delaqua

Gustavo de Castro Xavier

Letícia Borges da Costa

Vinícius Alves Polinicola

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261015>

CAPÍTULO 16..... 183

VIGAS DE GRAN ALTURA DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS. EVALUACIÓN
DE LA RESISTENCIA AL CORTE

Viviana Carolina Rougier

Miqueas Ceferino Denardi

Dario Orestes Vercesi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261016>

CAPÍTULO 17..... 195

GESTÃO E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO: UMA NOVA ABORDAGEM USANDO MODELAGEM 6D

João Bosco Pinheiro Dantas Filho

Guilherme Bruno de Souza Ribeiro

Pedro Holanda

Bruna Vital Roque

Rodrigo G. Ribeiro

Artur de Almeida Evangelista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261017>

CAPÍTULO 18..... 206

GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS COMERCIALIZADOS NOS MUNICÍPIOS DA CHAPADA DO APODI/RN – ANÁLISE COMPARATIVA COM A NORMA NBR 7211/2009

Renata Samyla Matias Nogueira

Clélio Rodrigo Paiva Rafael

Edna Lucia da Rocha Linhares

Ronald Assis Fonseca

Rokátia Lorrany Nogueira Marinho

Ligia Raquel Rodrigues Santos

Jaiana de Araújo Pinheiro

Carlos Eduardo Carvalho Oliveira

Edyelly Cristtian Galdino Fernandes

Francisco Felinto de Lima Neto

Luzianne Galvão Pimenta

Géssica de Moura Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261018>

CAPÍTULO 19..... 221

INSPEÇÃO PREDIAL EM EMPREENDIMENTOS RURAIS APLICABILIDADE DA NBR 16747

Camilla Cristina Cunha Menezes

Marcos de Paulo Ramos

Thiago Pena Bortone

Rachel Jardim Martini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261019>

CAPÍTULO 20..... 232

GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Wallace Ribeiro Nunes Neto

Camila Moraes Silva

Pedro Paulo Barbosa Nunes Sobrinho

Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego
Louryval Coelho Paixão
Marcio Mendes Cerqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261020>

CAPÍTULO 21..... 241

LOCUS SAECULARIS: MATERIAIS QUE CONSTRÍRAM UMA TRADIÇÃO

João Hermem Fagundes Tozatto
Crystian André Montozo Botelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261021>

CAPÍTULO 22..... 253

MODELAGEM NUMÉRICA DE PAREDE DIAFRAGMA ATIRANTADA EM ÁREA URBANA

Isabela Grossi da Silva
Renathielly Fernanda da Silva Brunetta
Leandro Canezin Guideli
Vitor Pereira Faro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261022>

CAPÍTULO 23..... 266

NOVA TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE TORRES EÓLICAS

Ilo Borba

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261023>

CAPÍTULO 24..... 273

O CORREDOR BIOCEÂNICO: REESTRUTURAÇÃO TERRITORIAL DE NOVAS HINTERLÂNDIAS

Carlos Andrés Hernández Arriagada
Teo Felipe Bruder Gouveia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261024>

CAPÍTULO 25..... 287

O MAPA DE DANOS COMO FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO E RESTAURO DE EDIFICAÇÕES: UMA REVISÃO LITERÁRIA

Lucas Rodrigues Cavalcanti
Eliana Cristina Barreto Monteiro
Carlos Fernando Gomes do Nascimento
Catharina Silveira Rodrigues
Fabrício Fernando de Souza Lima
Amanda de Moraes Alves Figueira
José Maria de Moura Júnior
Sabrina Santiago Oliveira
Roberto Revoredo de Almeida Filho
Flávio Matheus de Moraes Cavalcante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261025>

CAPÍTULO 26.....	302
TREINAMENTO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA O DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO	
João Victor Fernandes Masalkas	
Emerson Felipe Felix	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261026	
CAPÍTULO 27.....	316
UMA FORMULAÇÃO ANALÍTICA PARA DETECÇÃO DE PONTOS LIMITES E DE BIFURCAÇÃO	
William Taylor Matias Silva	
Sebastião Simão da Silva	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261027	
CAPÍTULO 28.....	333
UTILIZAÇÃO DO CARVÃO OBTIDO A PARTIR DA PIRÓLISE DA CASCA DE ARROZ PARA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO	
Camila Ribeiro Rodrigues	
Marcelo Mendes Pedroza	
Mayara Shelly Miranda Bequimam	
David Barbosa Dourado	
Danielma Silva Maia	
Marcel Sousa Marques	
Hellen Dayany Barboza Barros	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261028	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	338
ÍNDICE REMISSIVO.....	339

DANOS PÓS INCÊNDIO NA ESTRUTURA DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA. UM ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Data de aceite: 01/10/2021

Data de submissão: 02/08/2021

Rodolpho Medeiros Frossard

Instituto Federal do Espírito Santo
Nova Venécia – ES
<https://orcid.org/0000-0002-7899-4530>

Anna Luiza Macachero Victor Rodrigues

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – ES
<https://orcid.org/0000-0003-3734-829X>

Lara Sandrini

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – ES
<https://orcid.org/0000-0002-0083-2216>

Matheus Carreiro Zani

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – ES
<https://orcid.org/0000-0002-1295-9919>

Warribe Lima de Siqueira

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – ES
<https://orcid.org/0000-0002-5881-7043>

Geilma Lima Vieira

Universidade Federal do Espírito Santo
Vitória – ES
<https://orcid.org/0000-0001-6148-3307>

RESUMO: Diversos materiais de construção têm suas propriedades modificadas quando em presença de fogo. O concreto Portland é

um desses materiais, que, quando submetido à altas temperaturas sofre alterações em sua microestrutura que podem interferir em seu comportamento mecânico, como por exemplo, a redução da resistência à compressão. O presente trabalho tem por objetivo avaliar as modificações das propriedades mecânicas e os danos causados em uma estrutura de concreto pós incêndio. Para isso foram utilizadas técnicas da engenharia diagnóstica, tais como vistoria, anamnese e realização de ensaios, destrutivos e não destrutivos, para verificação da qualidade do concreto, identificando a necessidade, ou não, de intervenção para reabilitação da estrutura. Os resultados da pesquisa evidenciaram a redução da vida útil e da durabilidade do concreto analisado, uma vez que a estrutura já apresentava características que favoreciam os mecanismos de deterioração. Portanto, foi constatada a necessidade de tratamento e reforço em todos os elementos estruturais da subestação.

PALAVRAS - CHAVE: Incêndio; Concreto Armado; Durabilidade; Engenharia Diagnóstica

POST-FIRE DAMAGE TO THE STRUCTURE OF AN ELECTRICAL SUBSTATION. A CASE STUDY AT THE FEDERAL UNIVERSITY OF ESPÍRITO SANTO

ABSTRACT: Various construction materials have their properties modified when in the presence of fire. Portland concrete is one of those materials that, when subjected to high temperatures undergoes changes in its microstructure can interfere in its mechanical behavior, such as the reduction of compressive strength. This work

aims to evaluate how changes in mechanical properties and the damage caused in a post-fire Portland concrete structure. For that, diagnostic engineering techniques were used, such as inspection, anamnesis, and tests, destructive and non-destructive, to verify the quality of the concrete identifying the need, or not, for intervention to rehabilitate the structure. The results showed a reduction in the useful life and durability of the concrete, since the structure already had characteristics that favored the deterioration mechanisms. Therefore, there was a need for treatment and reinforcement in all structural elements of the electric substation.

KEYWORDS: Fire; Reinforced Concrete; Durability; Diagnostic Engineering.

1 | INTRODUÇÃO

Incêndios são eventos inesperados que podem implicar efeitos relevantes nas edificações, visto que os materiais de construção submetidos a ação do fogo podem: amolecer, fundir, se decompor ou carbonizar. Desta maneira, no decorrer da ação do fogo os danos causados aos materiais podem ocasionar deformação da estrutura ou permitir a propagação do fogo (BERTOLINI, 2010).

A ação do fogo pode se manifestar diretamente sobre o concreto ou sobre a armadura de aço. Durante um incêndio, a transferência de calor pode ocorrer de 3 formas: condução, convecção e radiação. Brites e Costa (2011) afirmam que no interior da massa de concreto, predomina-se a condução devido ao gradiente térmico que é estabelecido entre o núcleo da massa (região interna, com temperatura fria) e a superfície da massa (região externa, com temperatura elevada em função do incêndio). A intensidade da transferência de calor depende das seguintes propriedades térmicas: condutibilidade, difusibilidade, calor específico e massa específica.

O concreto pode ser caracterizado como um material que exibe um bom comportamento em altas temperaturas, devido a sua essência incombustível e baixa difusividade térmica da qual assegura uma lenta propagação de transitórios térmicos dentro dos componentes estruturais, bem como não exalar gases tóxicos (COSTA *et al.*, 2002; COLOMBO, 2007). No entanto, o concreto é um material polifásico, composto pela pasta de cimento, agregado graúdo, agregado miúdo e ar dos poros e essa heterogeneidade é evidenciada quando esse material é exposto a elevadas temperaturas, em que cada componente se comporta de forma diferente.

As altas temperaturas causam alterações na microestrutura do concreto que podem variar de acordo com a dosagem e os insumos utilizados. Brites e Costa (2011) dizem que temperaturas em torno de 300°C podem ocasionar queda de aproximadamente 25% na resistência, enquanto que temperaturas próximas a 600°C, podem levar a redução de cerca de 75%. Os autores ainda ressaltam que, além das alterações sofridas na pasta de cimento, os agregados têm grande influência no comportamento térmico do concreto. Isso se deve ao grande volume que eles ocupam na massa de concreto, bem como sua composição mineralógica e reatividade. Sreenivasulu e Srinivasa Rao (2013) ainda dizem

que à medida que o aquecimento progride, há um aumento da pressão dos poros no concreto que continua a aumentar até que a tensão interna se torne tão grande que resulta em fragmentação explosiva, fenômeno conhecido como *spalling*.

Outro fator importante destacado por Guo e Shi (2011) é como ocorre o resfriamento do concreto. O óxido de cálcio produzido pela degradação da pasta de cimento ou dos agregados pode hidratar-se a hidróxido de cálcio quando em contato com a água. Sendo que, pode perder até 10% da sua resistência inicial, dependendo da temperatura atingida e do tipo de resfriamento adotado, sendo quanto mais rápido o resfriamento, maior a perda de resistência inicial do material.

Numa situação de incêndio, o CO_2 gerado entra na massa de concreto e reage com os constituintes alcalinos desse material, como o hidróxido de cálcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ presente em sua composição. Dessa reação resulta a formação do carbonato de cálcio (CaCO_3) provocando um descréscimo na alcalinidade, levando o pH que antes era elevado, em torno de 13, para um valor próximo de 9. Conforme Andrade (1992) este valor de pH é insuficiente para proteger a armadura contra corrosão. Zhu *et al.* (2016) afirmam que a corrosão das armaduras devido à carbonatação do concreto é um problema significativo para a redução da resistência e durabilidade das estruturas de concreto armado.

Muitos estudos do comportamento de concreto em situação de incêndio são feitos com corpos-de-prova padronizados. No entanto, em elemento estrutural, os danos causados durante um incêndio dependem de fatores como seção transversal, taxa de aço e sua configuração das armaduras, do carregamento e da conexão com os outros elementos do sistema estrutural (BRITZ e COSTA, 2011). Dessa forma, torna-se importante a realização de um estudo com avaliação do comportamento e da qualidade do concreto, em situação real, após um incêndio.

Sendo assim, o presente trabalho objetiva avaliar os danos na estrutura de concreto armado da subestação elétrica da Universidade Federal do Espírito Santo após a ocorrência do incêndio no dia 03 de maio de 2019, por meio de ferramentas da engenharia diagnóstica, de modo que se possa identificar a necessidade ou não de intervenções para reabilitação da estrutura.

2 | ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para a avaliação dos danos à estrutura da subestação da UFES causados por um incêndio foi realizado um levantamento de subsídios, englobando revisão de literatura, vistoria ao local, anamnese do caso e realização de ensaios em campo e em laboratório.

A vistoria aconteceu no dia 27 de junho de 2019 às 13h. Foi realizado um relatório fotográfico do local, analisando a extensão do sinistro e determinando quais ensaios deveriam ser realizados e quais elementos estruturais provavelmente apresentariam maior risco e vulnerabilidade.

Logo após foi realizada uma anamnese a fim de levantar os subsídios para o entendimento dos fatos relacionados ao sinistro. Por fim, foi determinado quais ensaios seriam realizados para investigar a integridade do concreto sinistrado. Esses foram: os ensaios de velocidade de propagação da onda ultrassônica, espectroscopia por indução colorimétrica, ensaio de dureza superficial pelo esclerômetro de deflexão, potencial de corrosão e extração de testemunho para ensaio de resistência à compressão. Na Figura 1 é apresentado o croqui da Sala do Transformador 1 com a indicação dos pontos onde os ensaios foram realizados.

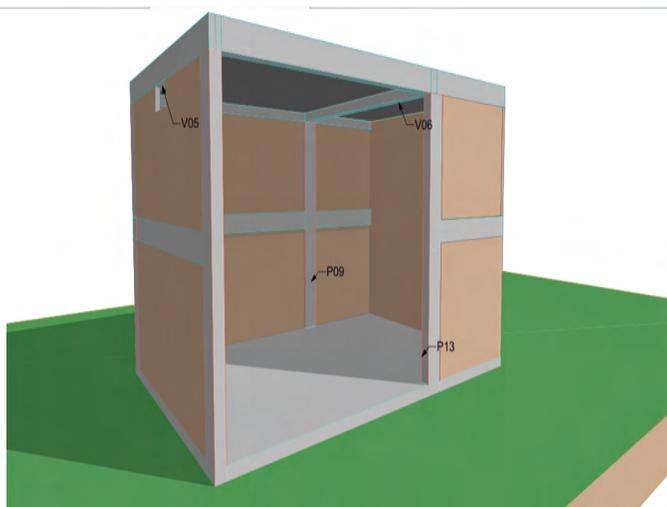


Figura 1 - Croqui da Sala do Transformador 1 com pontos de realização dos ensaios indicados

2.1 Ensaio de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas - ABNT NBR 8802:2019

Segundo Carvalho *et al.* (2013) o ensaio de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas é um método não destrutivo que tem como objetivo verificar a homogeneidade e qualidade do concreto, detectando falhas internas e profundidade de fissuras. O equipamento utilizado nesta pesquisa foi o da marca Proceq modelo Pundit Lab+. O Quadro 1 traz a classificação que relaciona a velocidade da onda com a qualidade do concreto.

Velocidade (m/s)	Qualidade
> 4500	Excelente
3500 – 4500	Boa
3000 – 3500	Duvidosa
2000 – 3000	Ruim

< 2000	Muito Ruim
--------	------------

Quadro 1 – Classificação relacionando velocidade à qualidade do concreto. Fonte: CANOVAS apud CARVALHO, 2013

2.2 Ensaio de potencial de corrosão - ASTM C 876:2015

De acordo com Helene (1993) o ensaio de potencial de corrosão tem como objetivo classificar a probabilidade de corrosão nas armaduras dos concretos armados e monitorar as estruturas ao longo do tempo. Medeiros *et al.* (2013) dizem que essa técnica é a mais rápida e com menor custo existente para identificar as zonas de armaduras despassivadas, indicando as regiões de iniciação da corrosão das armaduras que necessitam de análises e reparos.

Segundo Mehta e Monteiro (2008) o potencial de corrosão no aço do concreto armado pode ser medido como a diferença de voltagem entre o aço e um eletrodo de referência em contato com a superfície do concreto.

O ensaio de potencial de corrosão ainda não é normalizado no Brasil, sendo então utilizada a norma americana ASTM C 876:2015 como base para o procedimento. No Quadro 2 são apresentadas as probabilidades da existência de corrosão de acordo com faixas de potencial.

Faixa de potencial (mV)	Probabilidade de existência de corrosão
Mais positivo que - 200	Baixa, inferior a 10%
Entre -200 e -300	Incerta
Mais negativo que - 300	Alta, superior a 90%

Quadro 2 - Avaliação do potencial de corrosão em estruturas de concreto armado. Fonte: Adaptado da ASTM (2015)

2.3 Espectroscopia por indução colorimétrica - DIN EN 14630:2007

O ensaio de espectroscopia por indução colorimétrica com aspersão de fenolftaleína tem por objetivo medir a frente de carbonatação. Este ensaio ainda não é normalizado no Brasil, para sua realização utiliza-se os procedimentos da norma alemã DIN EN 14630:2007.

O concreto é considerado em boas condições para que proteja a armadura quando possui um pH maior que 12. Sahuinco (2011) diz que se no contato da solução de fenolftaleína com a superfície do concreto, esta adquirir a cor magenta, o pH do concreto está adequado para proteger a armadura, caso a superfície mantenha sua cor inalterada, o pH do concreto está abaixo de 9. Com a profundidade do concreto de baixo pH consegue-se estimar o tempo em que a armadura perderá a camada passivadora que o protege da corrosão (CASCUDO, 1997, *apud*, SILVA, 2010).

2.4 Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - ABNT NBR 7584:2012

Segundo Helal *et al.* (2015) o ensaio de dureza superficial pelo esclerômetro de deflexão é uma técnica simples, rápida e não destrutiva que tem como objetivo medir a dureza superficial e correlacioná-la com a resistência à compressão do concreto. Ressalta-se que a resistência à compressão encontrada por meio da dureza superficial do concreto pode ser influenciada por fatores diversos, o que traz falta de confiabilidade aos resultados, portanto, optou-se pela realização deste ensaio apenas como uma análise preliminar. O ensaio foi realizado em P13, P9 e V6.

2.5 Extração de testemunho e ensaio de resistência à compressão axial - NBR 7680-1:2015

A extração de testemunho é um procedimento realizado para a obtenção de corpos-de-prova de concretos já moldados e endurecidos para avaliação de suas condições de uso. A NBR 7680-1:2015 trata de ensaios de resistência à compressão realizadas em extrações de testemunhos, dentre outras finalidades, para a verificação da segurança estrutural em obras existentes que passaram por situação de incêndio. Foi extraído um testemunho em P13 e suas dimensões estão descritas no Quadro 4.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Vistoria e Anamnese

O sinistro ocorreu na Subestação de energia elétrica da Universidade Federal do Espírito Santo, situada no endereço: Av. Fernando Ferrari, 514 - Goiabeiras, Vitória - ES 29075-010. A edificação é composta por apenas um pavimento e tem área total de 241.80 m², composta por 3 salas, aqui denominadas Sala do transformador 1, Sala do transformador 2 e Sala elétrica.

O sistema estrutural da edificação é composto por: sapatas, pilares e vigas de concreto armado convencional, e laje pré-moldada de concreto com blocos cerâmicos. A edificação possui vedação vertical em blocos de concreto, revestimento de paredes e teto de argamassa e pintura com tinta acrílica. O piso é industrial, também de concreto. A cobertura da edificação é composta por telhas de fibrocimento.

Nas Salas do Transformador 1 e 2, encontravam-se um transformador da marca COMTRAFO, em funcionamento, com isolamento a óleo em cada sala. Na sala elétrica, encontravam-se cubículos elétricos, alguns eletrificados, outros não, transformadores de menor capacidade, deseletrificados, além de sistema de ar condicionado em funcionamento.

O cômodo mais danificado pelo incêndio foi a Sala do Transformador 01, onde ocorreu o incêndio. Nela foi possível verificar algumas anomalias, sendo as principais

vistas na Figura 2. Verificou-se também que não houve ocorrência de deslocamento de camadas de concreto e de exposição das armaduras, indicando que o incêndio não atingiu condições de temperatura e de duração necessárias para desencadear o spalling.



Figura 2 - Condições da edificação

A Sala do Transformador 02 não tem ligação direta com a Sala do Transformador 01, onde foi o foco do incêndio, porém verificou-se a presença de áreas escurecidas na parede em comum as duas salas, nos pontos de passagem da eletrocalha de um cômodo para o outro. A Sala Elétrica também não tem comunicação direta com a Sala do Transformador 01, mas a parede entre os dois cômodos apresentou fissuração no encontro da viga de cobertura e a alvenaria. Além disso verificou-se a presença de áreas escurecidas na proximidade dessas fissuras e no ponto de passagem de eletroduto de um cômodo para outro.

Na anamnese foi verificado que a edificação teve sua construção no ano de 2007 e percebeu-se, através do projeto estrutural, que toda a edificação foi projetada com concreto é convencional com f_{ck} 25MPa, fator água/cimento 0,6, armadura longitudinal CA 50A e transversal CA 60. Entretanto, foram encontradas algumas incompatibilidades entre o projeto e a edificação construída.

Em análise aos projetos, a observação mais expressiva foi a ausência de projeto de detecção e combate a incêndio, além da modificação na compartimentação da sala do transformador 1. A locação dos pilares P13 e P14 foi executada diferente do projetado e finalmente, há vigas que não estão de acordo com o projeto de vigas e o de locação das vigas intermediárias.

Com relação ao acontecimento do incêndio, o mesmo ocorreu no dia 03/05/2019 no final da manhã. Inicialmente foram notados locais na universidade que sofreram falta de luz. O corpo de bombeiros foi acionado às 12h07, e às 12h30 as equipes de combate chegaram ao local e iniciaram o combate às chamas. Desde o início da chama até o início

do seu combate, transcorreram-se aproximadamente 25 minutos.

Segundo o Corpo de Bombeiros, o fogo teria começado na rede elétrica, em seguida atingido um transformador, na Sala do Transformador 1 e se expandiu para a área de vegetação do campus. Foi feito o combate e o rescaldo nas edificações e vegetação adjacente por quatro equipes do Corpo de Bombeiros.

3.2 Ensaio de velocidade de propagação de ondas ultrassônicas - ABNT NBR 8802:2019

As velocidades de propagação de ondas ultrassônicas obtidas nos pontos P13, P9 e V6 foram respectivamente: 2055, 2582 e 2760 m/s. A partir desses resultados nota-se que o concreto pode ser classificado como de qualidade ruim.

3.3 Ensaio de potencial de corrosão - ASTM C 876:2015

A tensão obtida no ensaio de potencial de corrosão para o pilar P13 foi de -233mV . Pelo Quadro 2, adaptado da norma ASTM C 876 (ASTM, 2015), esse valor indica que a probabilidade de existência de corrosão é incerta, podendo estar entre 10 e 90%.

3.4 Espectroscopia por indução colorimétrica - DIN EN 14630:2007

A asperção de fenolftaleína se deu também no pilar P13, ao lado de onde foi realizado o ensaio de propagação de ondas ultrassônicas, e na mesma abertura do ensaio de potencial de corrosão. Na Figura 3 verifica-se que após a aspersão da fenolftaleína, o concreto não alterou a coloração na parte esquerda da imagem, indicando que nessa região existe uma frente de carbonatação de aproximadamente 2.13 cm, que atinge todo o cobrimento, chegando à armadura. Como essa região encontra-se carbonatada, o pH do concreto reduziu, o que significa que a armadura perdeu sua camada passivadora, ficando assim sem proteção contra a corrosão. O ensaio de potencial de corrosão mostrou que a armadura se encontra na zona de incerteza na probabilidade de existência de corrosão, o que indica que tal processo já possa estar ocorrendo e que vem a ser favorecido pela redução do pH do concreto devido a sua carbonatação.

Na parte a direita, o concreto tomou a coloração magenta próximo a armadura, indicando que o pH dessa ainda se encontra básico, conferindo proteção a armadura. No entanto, próximo a superfície o concreto não alterou a coloração, mostrando outra frente de carbonatação de aproximadamente 1.57cm.

Quando se compara as duas regiões, nota-se que a superfície a esquerda estava mais em contato com o fogo e calor, pois estava voltada para dentro do local do incêndio, por esse motivo a carbonatação foi mais intensa.

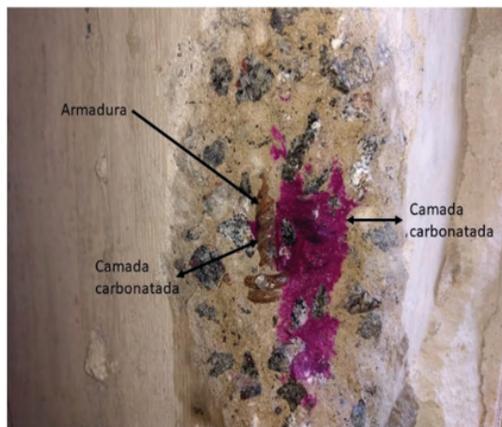


Figura 3 - Ensaio de Espectroscopia por indução colorimétrica

3.5 Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - ABNT NBR 7584:2012

Os valores dos índices esclerométricos e das respectivas resistências à compressão são encontrados na Quadro 3. Pode-se observar que os f_{ck} obtidos estão acima do previsto em projeto, que era de 25 MPa. A ABNT 7584:2012 ressalta que a camada de carbonatação pode interferir de forma significativa nesse resultado. Em casos extremos e em função da espessura da camada de carbonatação, os valores estimados podem superar em mais de 50% os valores originais de resistência. Segundo essa mesma norma, outros fatores como a massa específica do concreto, a esbeltez do elemento estrutural, a proximidade entre a área do ensaio e a falhas no concreto, entre outros, podem estar influenciando no aumento da resistência.

Peça Estrutural	Índice esclerométrico	Resistência à Compressão (MPa)
P13	40.9	42
V05	41.8	36
P09	41.5	43
V6	40.1	32
	42.5	38

Quadro 3 - Índices esclerométricos e f_{ck} do ensaio de dureza superficial

3.6 Extração de testemunho e ensaio de resistência a compressão axial - NBR 7680-1:2015

Após a extração do testemunho, na parte superior do pilar P13, foi aspergido fenolftaleína e notou-se que o concreto não alterou a coloração em uma espessura

aproximada de 1.68cm, logo, nota-se uma frente de carbonatação, em que o pH se encontra mais baixo que o recomendado para a proteção das armaduras à resistência química.

O Quadro 4 apresenta dados referentes ao ensaio de compressão do testemunho e é verificado que a sua resistência à compressão apresentou um f_{ck} de 19.9 MPa, o que representa apenas 80% da resistência indicada no projeto estrutural. É possível que essa redução tenha se dado por causa do incêndio ocorrido, porém não se pode afirmar uma vez que não se sabe ao certo qual foi a resistência executada na obra, pois erros na execução ou até mesmo na dosagem do concreto podem ter acontecido.

CP N°	Idade (dias)	Diâmetro d (cm)	Altura h (cm)	Massa Específica Aparente (kg/m ²)	Resistência Compressão $f_{ct, ext, inicial}$ (MPa)	Resistência Compressão* $f_{ct, ext}$ (MPa)	Tipo de Ruptura
1	> 360	7.39	15.3	2316	18.1	19.9	B
(*) Correção relativa à relação h/d, coeficientes (k1 a k4). Não foi feita correção em relação à idade							

Quadro 4 - Dados referentes ao ensaio de compressão do testemunho

4 | CONCLUSÕES

Ainda não foi possível saber como o sinistro realmente iniciou, mas diante das informações obtidas nas vistorias e dos resultados dos ensaios, conclui-se que a estrutura foi afetada. O aço presente no local contorceu, indicando que as temperaturas atingiram pelo menos 700°C, temperatura na qual esse fenômeno ocorre. Os ensaios de ultrassom mostraram que a qualidade do concreto de pilares e vigas está ruim, o que corrobora com a camada carbonatada nesses mesmos elementos. Essa camada é responsável pelos altos resultados da resistência no ensaio de dureza superficial por esclerômetro de reflexão. A presença dessa camada reduz o pH do concreto, desprotegendo as armaduras, que já se encontram na zona de incerteza quanto a probabilidade de ocorrência de corrosão. A extração do testemunho mostrou uma queda de resistência à compressão em relação a especificação de projeto, que pode ser efeito do incêndio na estrutura, que devido as altas temperaturas causou a degradação de parte do C-S-H, estrutura que fornece resistência ao concreto.

Além disso, em relação a carbonatação do concreto, a frente de carbonatação observada no pé do pilar foi maior que a observada no testemunho extraído, que se encontrava na parte superior do mesmo pilar. Isso mostra que a intensidade do dano foi maior na parte inferior, que provavelmente teve maior contato com o fogo. Sabendo-se que o pé do pilar é a parte mais solicitada neste elemento em termos de cargas, deve-se atentar quanto a capacidade de carga que este pode suportar visto que já se encontra carbonatado.

Dessa forma, a estrutura encontra-se danificada, com evidências de redução da vida útil devido à frente de carbonatação que já atingiu as armaduras, afetando a durabilidade e o desempenho estrutural. Nesse sentido, é preciso que haja tratamento e reforço em todos os elementos estruturais da subestação.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. D. C. **Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras**. São Paulo: Pini, 1992. 104p.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

BRITEZ, C. A.; COSTA, C. N. Ações do fogo nas estruturas de concreto. In: ISAIA, G. C. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. 1 ed. São Paulo: IBRACON, 2011, p. 1029-1068.

CARVALHO, C. H., MACEDO, M. C. S. S., SEVERO JUNIOR, J. B., GRIZA, S., ANDRADE, C. E. C. de, SANTOS, A. A. dos, BARRETO, L. S. **Estudo comparativo das técnicas não destrutivas de ultrassom e esclerometria na avaliação do desempenho mecânico de estruturas em concreto armado**. XII Congreso Latinoamericano de Patología de la Construcción y XIV Congreso de Control de Calidad en la Construcción CONPAT-Colombia, 2013.

COLOMBO, M; FELICETTI, R. **New NDT techniques for the assessment of fire-damaged concrete structures**. Fire Safety Journal, v. 42, n. 6-7, p. 461-472, 2007.

COSTA, Carla Neves; FIGUEIREDO, Antonio Domingues de; SILVA, Valdir Pignatta. **Aspectos tecnológicos dos materiais de concreto em altas temperaturas**. NUTAU'2002. Sustentabilidade arquitetura desenho urbano: seminário internacional, 2002.

HELAL, J. et al. **Non-Destructive Testing of Concrete: A Review of Methods**. Electronic Journal of Structural Engineering, v. 14(1), p. 97–105, 2015.

HELENE, P. R. L. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. 231f. Tese (Livre docência) – University of São Paulo (USP), São Paulo, 1993.

GUO, Z.; SHI, X. **Experiment and calculation of reinforced concrete at elevated temperatures**. Elsevier, 2011.

MEDEIROS, M.H.F.; KNUUTILA, M.; PEREIRA, E.; HELENE, P. **Inspection of buildings in Rio de Janeiro-Brazil: Proving the greater tendency of corrosion at the base of reinforced concrete columns using potential corrosion technique**. American Journal of Engineering Research (AJER), v.2, 2013, p.102-112.

MEHTA, P. K; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. 3 ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

SAHUINCO, M. H. C. **Utilização de métodos não destrutivos e semi-destrutivos na avaliação de pontes de concreto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo, 2011.

SILVA, E. P. da. **Avaliação do potencial de corrosão de concretos estruturais produzidos segundo as prescrições da NBR 6118, submetidos a ensaio de corrosão acelerado.** Universidade Federal do Ceará, 2010.

Sreenivasulu, A., Srinivasa Rao, K. **The Effect of Temperature on Mechanical Properties of M100 Concrete.** American Journal of Engineering Research (AJER), v. 2, p. 152–157, 2013.

ZHU X.; ZI G.; CAO Z.; CHENG X.; **Combined effect of carbonation and chloride ingress in concrete.** Construction and Building Materials, v.110, p. 369–380, 2016.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Altas Temperaturas 78, 79, 87, 88, 90, 91, 102, 173, 174, 175, 180

Análise Estrutural 115, 119, 122, 124, 255

Argamassa 83, 92, 150, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 244, 249, 295, 300

Arquitetura Hospitalar 103, 107, 112

Avaliação de Desempenho 103, 104, 106, 107, 112, 113

B

Bim 3, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

BIM 5D 58, 59, 61, 65

C

Cimento 67, 71, 73, 79, 80, 84, 90, 91, 92, 94, 95, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 150, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 162, 163, 164, 165, 207, 245, 254, 258, 304

Concreto 1, 2, 5, 12, 46, 57, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 101, 112, 114, 152, 153, 158, 159, 175, 192, 207, 220, 245, 246, 251, 254, 259, 266, 267, 271, 272, 299, 300, 302, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 312, 313, 314

Concreto Armado 1, 2, 5, 46, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 76, 78, 80, 82, 83, 88, 245, 246, 254, 266, 267, 271, 272, 302, 303, 304, 307, 308, 312, 313

Contenções 160, 172, 253, 255, 265

Corrosão das armaduras 67, 68, 69, 72, 75, 80, 82

D

Decreto 58, 60, 61, 65, 66, 290, 299

Deep Beams 183, 193, 194

Degradação 48, 76, 80, 87, 90, 91, 92, 102, 105, 177, 289, 294, 295, 297, 300, 337

Disseminação 58, 60, 61, 66

Durabilidade 52, 56, 69, 75, 76, 78, 80, 88, 108, 113, 126, 173, 174, 175, 181, 207, 297, 298

E

Elementos de barra biarticulados 29, 44, 317

Ementa 58, 60, 62

Empreendimentos Rurais 46, 47, 49, 55, 56

Engenharia Civil 3, 1, 12, 28, 48, 58, 60, 62, 63, 88, 90, 113, 115, 116, 117, 125, 134, 135, 150, 172, 195, 220, 265, 266, 291, 292, 303, 304, 316, 338

Engenharia Diagnóstica 78, 80

F

Fundações Superficiais 1, 2, 3, 4, 12, 265

G

Gnaisse 173, 174, 175, 176, 179, 180

Grelhas Hiperestáticas 13, 14, 26

H

Hastes de Paredes Delgadas 14, 27

Hospital Architecture 103

I

Incêndio 51, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 87, 90, 92, 97, 101, 108, 110, 111, 112, 175

Inspeção Predial 46, 47, 48, 49, 52, 55, 56, 57, 103, 109

Interação Solo-Estrutura 3, 1, 2, 3, 5, 11, 12, 254, 255, 265

Íons Sulfatos 67, 69, 72, 73, 75

L

Látex da seringueira 150, 151, 157

M

Máquinas de ar condicionado 195, 196, 198, 199, 201, 202, 203

Mecânica Vetorial 115, 116, 117, 118, 119

Metodologia Empírico-Mecanística 125, 134

Microzonificación, Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo 136

Modelagem 6D 195

Módulo de Resiliência 125, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135

P

Patologias 47, 48, 56, 57, 76, 115, 291, 296, 298, 300

Pavimentação 125, 129, 134, 135, 239

Performance Evaluation 103

R

Recalque 1, 3, 4, 263

S

SAP2000 1, 2, 3, 5

SFRC 183, 193

Shear Strength 183, 193

Solo-Cimento 125, 126, 128, 131, 133, 134, 135

T

Tensão de bimomento 13, 24, 26

Tensão de flexão 13, 26, 27

Tratamento Térmico 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181

Treliça 28, 29, 40, 116, 119, 120, 316, 317, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 330, 331

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br