

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

Atena
Editora
Ano 2021

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 2



HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
JOÃO DALLAMUTA
(ORGANIZADORES)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

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.



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 Humanas e Sociais Aplicadas

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. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – 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 – Instituto Internazionele 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

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª 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

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª 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. Dr. Adaylson 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. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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
Prof^ª 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. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
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
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
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/UFPA
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
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª 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. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
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
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremona
Correção: Vanessa Mottin de Oliveira Batista
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F697 Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil
2 / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João
Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-789-5

DOI 10.22533/at.ed.895210802

1 Engenharia Civil. I. Holzmann, Henrique Ajuz
(Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. 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.

APRESENTAÇÃO

No atual cenário mundial, realizar estudos nas mais diversas áreas do conhecimento é cada vez mais importante. Buscar aliar conceitos multidisciplinares é um dos grandes desafios aos profissionais, dentre os quais pode-se destacar os do nicho da engenharia civil. Estes profissionais necessitam correlacionar conhecimentos de projetos, à reutilização de resíduos e a prevenção e falhas.

Este livro traz artigos nas áreas de projetos, prevenção e melhoria de edificações; reciclagem e desenvolvimento de novos materiais e melhorias urbanas. Sendo esses temas de fundamental importância, pois englobam desde o planejamento ao ponto final de obras, a redução de custos e melhoria dos materiais empregados.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros.

Boa leitura!

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PATOLOGIAS EM INSTALAÇÕES PREDIAIS HIDRÁULICAS E SANITÁRIAS

Vanuza Lorenzet Bonetti

Kéthlyn Scheguschewski

DOI 10.22533/at.ed.8952108021

CAPÍTULO 2..... 10

DEFORMAÇÃO LENTA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E SUAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Talita de Souza Oliveira

Ana Carolina Saraiva Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.8952108022

CAPÍTULO 3..... 23

ANÁLISE DOS ESFORÇOS SOLICITANTES EM EDIFÍCIOS DE CONCRETO ARMADO DEVIDO AOS EFEITOS CONSTRUTIVOS

Meridiane Ferreira Barbosa

Hildo Augusto Santiago Filho

Fernando Artur Nogueira Silva

Renato Guilherme da Silva Pereira

Giane Maria Vieira de Lira

DOI 10.22533/at.ed.8952108023

CAPÍTULO 4..... 37

ANÁLISE COMPUTACIONAL DE VIGAS RETANGULARES DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO COM PRFC

Maicon de Freitas Arcine

Nara Villanova Menon

Luiz Fernando Colusso

DOI 10.22533/at.ed.8952108024

CAPÍTULO 5..... 52

APLICAÇÃO DE REFORÇO TRANSVERSAL CONTÍNUO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO: COMPARAÇÃO COM ESTRIBOS CONVENCIONAIS

Andrei Lucas Müller

Abrahão Bernardo Rohden

Lúcio Flávio da Silveira Matos

DOI 10.22533/at.ed.8952108025

CAPÍTULO 6..... 77

ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO: COLABORAÇÃO DO CONCRETO ENTRE FISSURAS

Isabela Cristina Ferreira Faria

Valquíria Claret dos Santos

Mirian de Lourdes Noronha Motta Melo

Valesca Donizeti de Oliveira

Paulo Cesar Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.8952108026

CAPÍTULO 7..... 94

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA ENTRE OS CONCRETOS AUTO-ADENSÁVEL E CONVENCIONAL

Anderson Renato Vobornik Wolenski

João Paulo Boff Almeida

André Luís Christoforo

Wallace Cavalcante Ferrão

DOI 10.22533/at.ed.8952108027

CAPÍTULO 8..... 106

ESTUDO EXPERIMENTAL DE SISTEMA DE ANCORAGEM POR CORDÃO DE FIBRAS DE CARBONO EM VIGAS REFORÇADAS À FLEXÃO COM PRFC

Adriano Vieira Risson

Nara Villanova Menon

Maicon de Freitas Arcine

Luiz Fernando Colusso

DOI 10.22533/at.ed.8952108028

CAPÍTULO 9..... 120

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TIPOS DE METACAULIM APLICADOS EM SUBSTITUIÇÃO PARCIAL AO CIMENTO PORTLAND EM PASTA CIMENTÍCIA

André Valmir Saugo Ribeiro

Jéssyca Mendes da Silva

Alex Taira de Vasconcellos

Philippe Jean Paul Gleize

DOI 10.22533/at.ed.8952108029

CAPÍTULO 10..... 134

THERMAL DIFFUSION OVER A PORTLAND CEMENT CONCRETE GRAVITY DAM

Gabriel de Bessa Spínola

Edmilson Lira Madureira

Eduardo Morais de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.89521080210

CAPÍTULO 11..... 145

ESTABILIDADE GLOBAL DE PÓRTICOS PREENCHIDOS COM ALVENARIA

Luciano Carneiro Reis

Yuri Leandro Abbas Frazão

Ricardo Alberto Barros Aguado

Silas Pacheco Rodrigues Junior

Gabriel Meneses Souza

DOI 10.22533/at.ed.89521080211

CAPÍTULO 12..... 161

CONTRIBUIÇÃO A ANÁLISE DE PÓRTICOS METÁLICOS PREENCHIDOS COM

ALVENARIA

Luciano Carneiro Reis
Ana Caroline Braga Aquino
Ricardo Alberto Barros Aguado
Gabriel Meneses Souza
Silas Pacheco Rodrigues Junior
Yuri Leandro Abas Frazão

DOI 10.22533/at.ed.89521080212

CAPÍTULO 13..... 173

ELIMINADORES E BLOQUEADORES DE AR NAS INSTALAÇÕES PREDIAIS

Elenilton Santos Rocha
Manoel Camilo Moleiro Cabrera

DOI 10.22533/at.ed.89521080213

CAPÍTULO 14..... 182

ESTUDO DE CASO DE UMA VISTORIA EM UM VIADUTO

Andresa Luzia Corona Ancajima
Bruna Ventura Botoni
Maria Fernanda Quintana Ytza

DOI 10.22533/at.ed.89521080214

CAPÍTULO 15..... 197

ANÁLISE DO FLUXO DE TRÁFEGO DA INTERSEÇÃO ENTRE A AVENIDA DAS TORRES E A RUA BARÃO DO RIO BRANCO NA CIDADE DE MANAUS – AMAZONAS

Luiz Mauro Duarte Brandolt
Irauna Maiconi Rodrigues de Carvalho
Cristhian Vasconcelos Costa
Juliana Christine da Silva Granja

DOI 10.22533/at.ed.89521080215

CAPÍTULO 16..... 214

ESTUDO DE CAPACIDADE DO CANAL DA GALHETA (PORTO DE PARANAGUÁ)

Samuel Sembalista Haurelhuk
Amir Mattar Valente

DOI 10.22533/at.ed.89521080216

CAPÍTULO 17..... 235

OS PROCESSOS ENVOLVIDOS NA CONCEPÇÃO E EXECUÇÃO DE UM BARRACÃO PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO ARMADO PARA ARMAZENAMENTO DE FERTILIZANTES

Vanessa da Silva das Flores Maltezo
Wallysson Machado Dias

DOI 10.22533/at.ed.89521080217

CAPÍTULO 18..... 247

AS TÉCNICAS DA SUSTENTABILIDADE AGINDO NO DESENVOLVIMENTO DE

PROJETO ARQUITETÔNICO

Ana Rita Kawauche Rodrigues da Silva

DOI 10.22533/at.ed.89521080218

CAPÍTULO 19.....271

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DO FILLER DA ESCÓRIA DE ACIARIA BSSF COMO ADIÇÃO EM CONCRETOS

Alisson Rodrigues de Oliveira Dias

Felipe Alves Amancio

Sarah Oliveira Lucas

Isa Lauren Ximenes de Sousa

Douglas Alexandre Lima

Helano Wilson Pimentel

Antônio Eduardo Bezerra Cabral

DOI 10.22533/at.ed.89521080219

CAPÍTULO 20.....284

CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE CINZAS DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR: ANÁLISE DE SUA EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE BLOCOS DE ALVENARIA

Paula Fernanda Guedes

Leandro Vanalli

Frank Kiyoshi Hasse

Guilherme Perosso Alves

Talita Cristina Rezende

DOI 10.22533/at.ed.89521080220

CAPÍTULO 21.....309

AVALIAÇÃO DE IMPLICAÇÕES QUÍMICAS DO USO DE LODO DE ETA (ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA) EM OBRAS DE ENGENHARIA

Felipe Fernandes Santana

Kenia Parente Lopes Mendonça

Rafael Rocha da Silva

Pedro Ignácio Meneghetti Scheid

DOI 10.22533/at.ed.89521080221

CAPÍTULO 22.....317

ANÁLISE DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO E SUA ADEQUAÇÃO AO MERCADO DE TRABALHO

Carolina Souza Orro Freitas

Chrystian Cleiderson Ventura

Gabriela Rosa Oliveira

Gustavo Augusto Froes Cardoso

Karina Marques Maciel Silva

DOI 10.22533/at.ed.89521080222

SOBRE OS ORGANIZADORES329

ÍNDICE REMISSIVO.....330

CAPÍTULO 2

DEFORMAÇÃO LENTA DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO E SUAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Data de aceite: 01/02/2021

Data de submissão: 29/02/2020

Talita de Souza Oliveira

Universidade Federal de Minas Gerais – DEMC
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/9646304045374935>

Ana Carolina Saraiva Cardoso

Universidade Federal de Minas Gerais - DEMC
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/2990479480609467>

RESUMO: A tecnologia do concreto evoluiu de forma muito rápida trazendo mudanças significativas na dosagem do mesmo. Como consequência, suas características foram alteradas de tal modo que hoje é difícil precisar qual é o seu comportamento a longo prazo. As empresas fornecedoras de concreto continuam dosando o material sem considerar a deformação lenta potencial como uma de suas variáveis. O fato de não quantificar corretamente o valor da deformação estrutural final acaba por gerar esforços indesejáveis nos elementos de vedação, esforços estes, que muitas das vezes estão acima do que elas conseguem suportar, gerando manifestações patológicas que poderiam ser evitadas se existisse controle da deformação lenta. O objetivo deste trabalho consistiu em um estudo com o intuito de entender a situação atual das estruturas de concreto e às suas manifestações patológicas devida à deformação lenta. Foi estudado ainda o comportamento dos

materiais relacionados às fluência do concreto; foram analisados os componentes do concreto que podem interferir na deformação lenta; e relacionadas às causas das manifestações patológicas com possíveis tratamentos ou prevenções. A análise com base nos estudos bibliográficos, ensaios, experimentos e comparações procuraram apontar os principais parâmetros e variáveis envolvidas na fluência do concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto Armado, Deformação lenta, Fluência do concreto, Deformação elástica, Manifestações patológicas.

SLOW DEFORMATION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES AND THEIR PATHOLOGICAL MANIFESTATIONS

ABSTRACT: The technology of concrete has evolved very quickly bringing significant changes in the dosage of the same. As a consequence, its characteristics have been altered in such a way that it is difficult to determine its long-term behavior today. The companies supplying concrete continue to measure the material without considering the potential long-term deflection as one of its variables. Failure to correctly quantify the value of the final structural deflection results in undesirable stresses on the seal elements, which are often greater than they can withstand, leading to pathological manifestation that could be avoided if there were control of the long-term deflection. The objective of this work was to study the current situation of reinforced concrete structures and their pathological manifestations due to the long-term deflection. It was also studied the behavior of materials related to

the creep of the concrete; the concrete components that may interfere with the deflection were analyzed; and related to the causes of the pathological manifestations with possible treatments or preventions. The analysis based on the bibliographic studies, tests, experiments and comparisons sought to point out the main parameters and variables involved in the creep of the concrete.

KEYWORDS: Reinforced Concrete, long-term deflection, Creep, elastic deflections, pathological manifestation.

1 | INTRODUÇÃO

O concreto armado é um sistema de grande uso na construção civil, obtido pela composição de cimento, agregados graúdos e miúdos, água e barras de aço convenientemente dispostos. O concreto pode conter aditivos, o que também influenciam no seu desempenho.

O avanço da tecnologia do concreto evoluiu de forma muito rápida trazendo mudanças significativas na dosagem do mesmo e conseqüentemente suas características foram alteradas de tal modo que hoje não se conhece o seu comportamento em longo prazo. A evolução dos métodos de cálculo estrutural, o maior entendimento do comportamento das estruturas e a utilização de materiais com menor peso específico possibilitaram a execução de estruturas mais esbeltas e conseqüentemente mais leves. Neste sentido, a rigidez dos pórticos estruturais foi reduzida, resultando em estruturas mais deformáveis. Entretanto, a falta de uma visão global das edificações prejudicou sobremaneira o subsistema de vedação, que acabou por receber cargas que não eram pertinentes a sua função gerando inúmeras manifestações patológicas.

As empresas fornecedoras de concreto continuam dosando o material sem considerar a deformação lenta potencial como uma das variáveis. O fato de não se ter esse parâmetro limite propicia a estrutura a gerar esforços para os elementos de vedação acima dos suportados, gerando patologias que poderiam ser evitadas se existisse controle da deformação lenta.

Neste artigo foram conceituados os principais termos relacionados ao assunto abordado, relacionando-os de forma comparativa para um maior entendimento do tema. A seguir foram citadas e explicadas as principais manifestações patológicas encontradas nas estruturas de concreto armado decorrentes das deformações lentas excessivas e suas possíveis soluções para tratamento do problema.

Foi realizada uma pesquisa para determinar os principais ensaios relacionados à deformação lenta do concreto. Tais ensaios seguem explicados no item relativo aos materiais e métodos. Posteriormente, realizou-se uma análise dos estudos de caso encontrados e estabeleceu-se uma metodologia para nortear estudos subsequentes.

1.1 Referencial teórico

O avanço da tecnologia dos materiais trouxeram mudanças significativas em sua dosagem. O concreto foi modificado de tantas formas que hoje não é conhecido o seu comportamento a longo prazo. Segundo Sabbatini, em entrevista dada a Medeiros (2005) o período entre 1994 e 2011 foi epidêmico para esta área, devido a diversas patologias em edifícios que tiveram como causa a deformação excessiva do concreto, dentre elas, a ruptura do equilíbrio entre a alvenaria e a estrutura.

Vigas e lajes deformam-se naturalmente sob a ação do peso próprio, das cargas de serviço e das cargas acidentais. Estas flechas somadas aos efeitos da deformação lenta do concreto ao longo da vida útil da estrutura tornam-se excessivas e podem causar fissuras e em casos extremos o rompimento da alvenaria. Isto porque as flechas originadas passam a ser incompatíveis com a capacidade de deformação de paredes e outros componentes que integram os edifícios.

A NBR 6118 (2014), especifica valores limites visuais para flechas em elementos estruturais e paredes de vedação. Portanto, quando os valores das flechas por deformação lenta ultrapassam os deslocamentos que a alvenaria suporta ocorrem as manifestações patológicas.

As deformações da estrutura tendem a introduzir nas alvenarias esforços de tração ou compressão (dependendo do caso) e cisalhamento, provocando fissuras com diferentes configurações. As Figuras 1 a 3 ilustram o aparecimento de fissuras nas alvenarias quando ocorrem deslocamentos excessivos nos elementos estruturais.

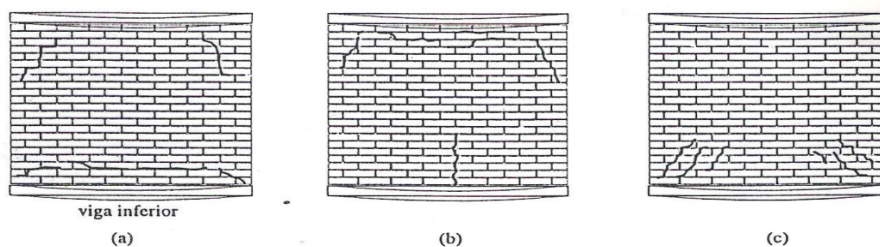


Figura 1 - Configurações possíveis de trincas devido a deformações das vigas de apoio. (Silva e Jonov)

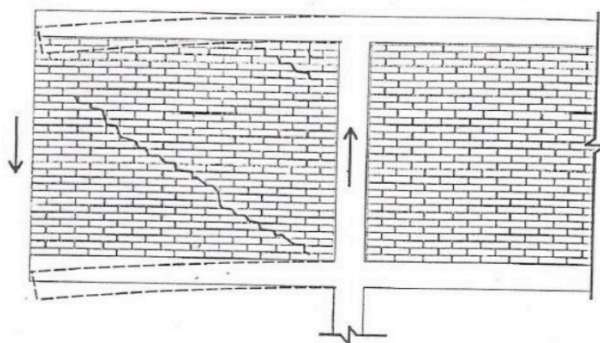


Figura 2 - Configuração das trincas na alvenaria devido ao cisalhamento e à deformação excessiva de vigas em balanço. (Silva e Jonov)

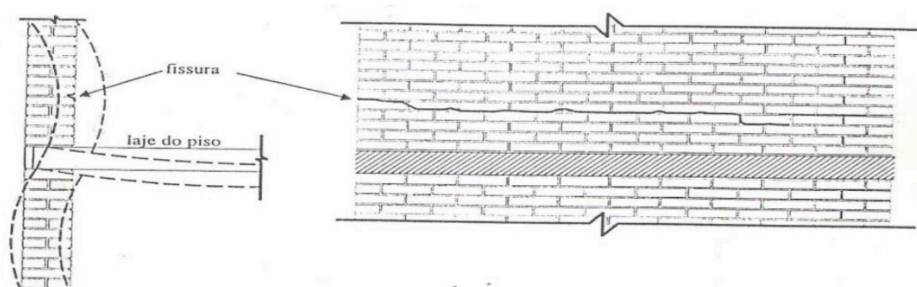


Figura 3 - Configuração das trincas na alvenaria devido a deformação excessiva da laje. (Silva e Jonov)

O principal problema do surgimento de uma patologia é que se não tratada ela se torna evolutiva e tende a se agravar com o passar do tempo. Como descrito, uma flecha excessiva em vigas e lajes podem ocasionar fissuras nas paredes, que se não tratadas podem dar origem à corrosão de armaduras.

A corrosão de armaduras é um fenômeno muito incidente nas estruturas de concreto armado. Relacionado à deformação lenta, esse processo é geralmente iniciado quando há fissura e então agentes agressivos penetram no concreto até atingir a armadura, ocasionando o fenômeno da despassivação.

Segundo Andrade e Molin (2003), existem dois agentes que podem despassivar a armadura no interior do material. O primeiro deles é o dióxido de carbono (CO_2) presente principalmente na atmosfera circundante das grandes cidades. O mecanismo de despassivação pela ação do CO_2 é conhecido como carbonatação do concreto, onde tal processo leva geralmente a uma corrosão do tipo uniforme ao longo da barra. O segundo agente que pode despassivar uma armadura é o íon cloreto (Cl^-), presente principalmente nas áreas industriais e nas zonas salinas. A corrosão induzida por cloretos ocorre em pontos específicos da armadura, podendo levar a uma redução significativa da seção transversal

das barras.

O prejuízo para as construtoras e transtornos causados aos usuários vem crescendo principalmente nos últimos anos pelo aparecimento constante das manifestações patológicas apresentadas. A principal causa apontada é a falta de conhecimento da deformação lenta. Deformação lenta é o acréscimo de deformação que ocorre no concreto se a solicitação for mantida após a deformação instantânea que é conhecida e prevista através do módulo de elasticidade. As deformações lentas podem ser definidas também como sendo o aumento, ao longo do tempo, das deformações relativas sob tensões permanentes. A fluência é um aspecto de um fenômeno físico, bastante complexo, dependente de vários parâmetros e pode interferir diretamente na deformação lenta (SANTOS, 1983).

Ao atuar uma força de compressão sob uma peça de concreto, inicialmente ocorre uma acomodação das partículas de formação do concreto, se a força permanecer ao longo do tempo, a água capilar se movimentará por capilares mais finos, ocasionando tensões internas e provocando deformação lenta através do fenômeno de fluência.

A NBR 6118 (2014), em seu anexo A, trata do efeito do tempo no concreto estrutural. Por definição da norma a deformação do concreto é o somatório da deformação imediata, da deformação por fluência e da deformação por retração. Ela divide a deformação por fluência do concreto em duas partes: uma rápida e outra lenta. “A deformação rápida é irreversível e ocorre durante as primeiras 24 horas após a aplicação da carga que a originou. A deformação lenta é, por sua vez, composta por duas outras parcelas: a deformação lenta irreversível e a deformação lenta reversível.”

Segundo Catai (2005), os fatores que afetam a fluência em geral são: Presença de água capilar; Geometria da peça (quanto mais esbeltas, maiores serão os efeitos da fluência); Grau de exposição (em peças estruturais expostas ao meio ambiente, maiores serão os efeitos da fluência); Variação de umidade (quanto maior for esta variação maior o efeito da fluência); Idade do concreto (com o passar do tempo os efeitos da fluência tendem a estagnar); Condições de cura (uma cura adequada diminui os efeitos da fluência); Exposição em altas temperaturas (durante o período em que a estrutura está sendo carregada sob altas temperaturas, a fluência pode ser significativa); e Magnitudes das tensões (quanto maiores forem às tensões os efeitos da fluência devem ser maiores).

Segundo MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013), além dos fatores acima destacados, o tipo de material e a dosagem, os aditivos e adições, a composição química do cimento e a finura também influenciam de forma direta na fluência. A Figura 4 ilustra a deformação elástica e por fluência com o passar do tempo. Nele pode-se observar a grande deformação irreversível por fluência do concreto após a etapa de descarregamento.

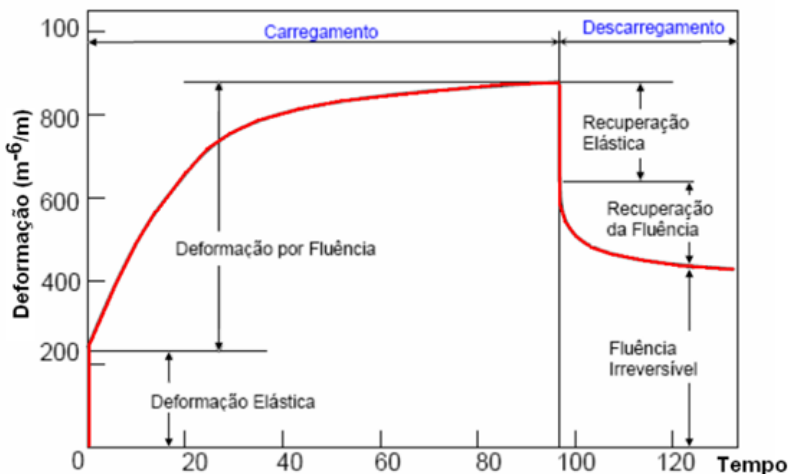


Figura 4 - Deformação estrutural com o tempo em fase de carregamento e descarregamento. (Mehta e Monteiro)

Nota-se ainda como que a deformação e a recuperação elástica acontecem em um intervalo de tempo muito pequeno, ao passo que, a fluência se dá em um intervalo de tempo considerável seja no carregamento e seja no descarregamento.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Existem várias metodologias e fórmulas para o cálculo das deformações do concreto ao longo do tempo, bem como vários ensaios para a determinação experimental dos efeitos da deformação inicial, deformação por fluência e da deformação por retração.

Nesta seção abordaremos as duas principais normas utilizadas no Brasil: a NBR 6118 (2014) e a ACI 209R-92 (1997). E ainda o artigo de MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013) que realizou os experimentos para análise da fluência nas idades de 14 dias e 49 dias e em ambiente controlado (câmara climatizada) ou sem controle.

2.1 Cálculo da Fluência segundo a NBR 6118 (2014)

A deformação total é dada pelo somatório da deformação imediata, da deformação por fluência (ξ_{cc}) e da deformação por retração. Esta norma estabelece que ξ_{cc} é igual ao coeficiente de fluência (ϕ) vezes a divisão de σ_c que é a tensão de compressão que a peça de concreto é submetida por E_{c28} que é o módulo de elasticidade aos 28 dias (Equação 1). Sendo que ϕ é igual ao somatório dos coeficientes de deformação rápida (ϕ_a , dado pela Equação 03), de deformação lenta irreversível (ϕ_f , dado pela Equação 04) e de deformação lenta reversível (ϕ_d , dado pela Equação 08).

$$\xi_{cc} = (\sigma_c / E_c 28) \cdot \varphi$$

Equação 01

$$\varphi = \varphi_a + \varphi_f + \varphi_d$$

Equação 02

$$\varphi_a = z \{1 - \exp\{s[1 - (28/t)^{1/2}]\}\}$$

Equação 03

Onde:

z=0,8 para concretos C20 a C45 ou 1,4 para concretos C50 a C90;

s=0,38 para concreto de cimento C-III e IV ou 0,25 para concreto de cimento C-PI e II ou 0,20 para concreto de cimento CPV-ARI.

$$\varphi_f = m \cdot \varphi_{1c} \cdot \varphi_{2c} \cdot \{B_f(t) - B_f(t_0)\}$$

Equação 04

Onde:

m= 1,0 para concretos C20 a C45 ou 0,45 para concretos C50 a C90;

φ_{1c} é o coeficiente dependente da umidade relativa do ambiente dado pela Tabela 01;

φ_{2c} é o coeficiente dependente espessura fictícia h da peça conforme Equação 05 e 06.

Ambiente	Umidade (U%)	Abatimento do concreto (cm)		
		0-4	5-9	10-15
Na água	-	0,6	0,8	1,0
Amb. muito úmido	90	1,0	1,3	1,6
Ao ar livre	70	1,5	2,0	2,5
Amb. Seco	40	2,3	3,0	3,8

Tabela 1 - Valores numéricos usuais do coeficiente φ_{1c} para determinação da fluência (ABNT NBR 8224 (1983))

$$\varphi_{2c} = (42 + h) / (20 + h)$$

Equação 05

$$h = [1 + \exp(-7,8 + 0,1U)] (2A_c / u_{ar})$$

Equação 06

Onde, U é a umidade relativa do ambiente, A_c é a área da seção transversal da peça e u_{ar} é a parte do perímetro externo da seção transversal da peça em contato com o ar.

$$B_f(t) = [t^2 + (42h^3 - 350h^2 + 588h + 113)t + 768h^3 + 3060h^2 + 3234h - 23] / [t^2 + (-200h^3 + 13h^2 + 1090h + 183)t + 7579h^3 - 31916h^2 + 35343h + 1931]$$

Equação 07

$$\varphi_d = 0,4 [(t - t_0 + 20) / (t - t_0 + 70)]$$

Equação 08

Percebe-se que os cálculos são trabalhosos e incluem muitas variáveis. Todavia, quando se toma conhecimento da importância de se quantificar as deformações por fluência, tais verificações tornam-se imprescindíveis para a qualidade e durabilidade da edificação projetada.

2.2 Cálculo da Fluência segundo a ACI 209R-92 (1997)

A norma americana leva em consideração uma grande gama de variáveis. Ela parte de uma situação padrão (standard conditions) conforme pode ser visto na Tabela 02 e estabelece a Equação 09 para cálculo do coeficiente de fluência (ν).

$$\nu = 2,35 \cdot \Upsilon$$

Equação 09

Onde Υ é o resultado da multiplicação de todos os coeficiente ajuste.

Fatores		Variáveis Consideradas	Condição Padrão
Concreto	Composição	Tipo de Cimento	CP I ou CP III
		Slump	70mm
		% de Vazios	≤6%
		% de Agregados finos	50%
		Quant. De Cimento	279 a 446kg/m ³
	Cura	Cura úmida	7 dias
		Cura Vapor	1-3 dias
		Temperatura da cura úmida	23+/-2°C
		Temperatura da cura vapor	≤100°C
		Umidade Relativa	≥95%
Ambiente e geometria	Ambiente	Temperatura do concreto	23+/-2°C
		Umidade Relativa	40%
	Geometria	Taxa de superfície de Contato	v/s = 38mm
		Espessura mínima	150mm
Carregamento	História	Idade do concreto quando carregado (Cura úmida)	7 dias
		Idade do concreto quando carregado (Cura vapor)	1-3 dias
		Duração do período de carregamento	Carregamento continuado (mantido)
	Condição de tensão	Tipo de tenção e distribuição ao longo da seção	Compressão axial
		Taxa de tensão/força	≤0,50

Tabela 2 - Situação padrão para cálculo da fluência (ACI 209R-92-Traduzida)

Esta norma divide os coeficientes de ajuste, ou fatores de correção, em dois grupos: os que são relativos à composição do concreto e os que não são conforme se segue:

Fatores de correção relacionados à composição do concreto:

- Slump ou Abatimento do concreto; Porcentagem de agregados finos; e Porcen-

tagem de ar (vazios).

Fatores de correção não relacionados à composição do concreto:

- Idade de Carregamento; Umidade relativa do ambiente; Espessura do elemento; e Temperatura do ambiente.

Portanto, a norma americana exige uma boa caracterização dos materiais utilizados na estrutura e um bom conhecimento do ambiente onde esta estrutura será inserida, para posteriormente ter condições de calcular as deformações por fluência que a edificação estará sujeita.

2.3 Experimentos realizados por MARQUES, BITTENCOURT E BARBOSA (2013)

Os experimentos realizados por MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013), tiveram o intuito de fazer comparações entre os resultados experimentais de fluência por secagem de corpos de prova carregados em duas idades diferentes (14 e 49 dias) e mantidos em ambiente controlado (câmara climatizada) e não controlado. O concreto utilizado neste trabalho foi um concreto auto adensável de traço único para a elaboração dos corpos de prova. Foi realizada uma caracterização tanto no estado fresco quanto no estado endurecido do material obtido.

Para o ensaio de Fluência foram utilizados corpos de prova (CP) cilíndricos de 15cm de diâmetro e 30cm de altura. Foi utilizado extensômetro elétrico de imersão em concreto da marca KYOWA, modelo KM-120-120-H2-11W1M3. A desforma dos CP's no dia de cada ensaio. Os procedimentos de carregamento seguiram a NBR 8224 (1983).

O carregamento foi realizado em três etapas. Foi efetuado dois carregamentos e descarregamentos consecutivos com carga de 30 MPa (que corresponde a 30% da tensão de ruptura do corpo de prova para a idade de 14 dias). Posteriormente foi feito o carregamento definitivo com a aplicação total da carga em um período de 30s. O valor da carga máxima foi fixado devido a limitação do sistema utilizado. As medidas foram feitas no primeiro dia a cada 30s, sendo mantida a cada 1h a partir do segundo dia até o fim do ensaio. A Figura 5 apresenta o gráfico com os resultados da fluência em função do tempo dos quatro tipos de ensaios.

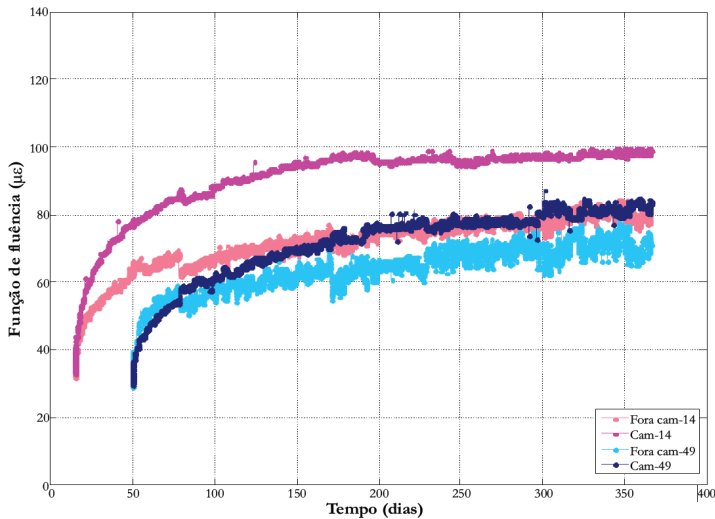


Figura 5 - Função de fluência com o passar do tempo para os CPs de 14 e 49 dias, dentro e fora da câmara climatizada. (MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA)

A partir de uma análise gráfica dos resultados, observa-se claramente que os corpos de prova que foram submetidos à cargas de compressão em idade mais nova (14 dias) a influência do ambiente de cura foi maior (a distância das duas curvas foi maior). Além disso, os que foram carregados antes atingiram maiores patamares de deformação por fluência, ou seja, concretos carregados com maiores idades apresentam menores deformações por fluência.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da apresentação das duas principais normas utilizadas no Brasil: a NBR 6118 (2014) e a ACI 209R-92 (1997), segue-se uma discussão comparativa entre estas normas. Apresentamos ainda a comparação gráfica realizada por MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013) entre os seus resultados experimentais e as curvas dos gráficos obtidos a partir das normas. Finalmente discutiremos os possíveis tratamentos das manifestações patológicas apresentadas.

3.1 NBR 6118 (2014) versus ACI 209R-92 (1997)

Ambas as normas levam em consideração vários parâmetros de influência para o cálculo do coeficiente de fluência do concreto. Fatores comuns:

- Idade do carregamento; Umidade relativa do ambiente; Espessura do elemento; e Slump ou Abatimento do concreto.

Entretanto, a ACI vai além e considera além dos fatores acima mencionados outros

dois fatores relacionados à composição do concreto. São eles:

- Porcentagem de agregados finos e porcentagem de ar (vazios).

Conforme foi dito no referencial teórico a estrutura ao ser submetida a um carregamento por longo período de tempo, está sujeita ao movimento capilar da água, ocasionando tensões internas e provocando a deformação lenta. Portanto, faz sentido as considerações adicionais da ACI, uma vez que se preocupa com teor de finos e com a porcentagem de vazios.

3.2 Resultados obtidos por MARQUES, BITTENCOURT E BARBOSA (2013)

Quando compara-se os resultados obtidos nos ensaios de fluência com os valores obtidos pelas principais formulações de previsão de fluência existentes MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013) obtiveram os seguintes resultados:

- Carregamentos à 14 dias dentro e fora da câmara:

Os resultados obtidos apresentaram valores próximos aos dos vários modelos e, principalmente os modelos abordados neste artigo da NBR 6118 (2014) e a ACI 209R-92 (1997). Mais precisamente, a NBR foi a que ficou mais próxima do resultado obtido através do experimento.

Segundo MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013) a comparação entre os resultados experimentais e os modelos de previsão foi feita utilizando o coeficiente de variação ($wB3$). Como os modelos de previsão não consideram a variação de umidade relativa ao longo do tempo foi estabelecido como dado de entrada nestes modelos a umidade relativa média referente ao primeiro mês do ensaio.

- Carregamentos à 49 dias dentro e fora da câmara:

Foram feitas as mesmas comparações para os resultados dos corpos de prova carregados aos 49 dias dentro e fora da câmara. E da mesma forma, vários modelos de previsão se aproximaram dos resultados obtidos pelo experimento, mas neste caso, outros modelos ficam mais próximos do que os modelos abordados neste artigo.

Dentre os modelos analisados, observamos que os mesmos apresentam boa previsão em relação aos resultados experimentais, principalmente comparando com os resultados que foram obtidos a partir do carregamento de 14 dias. Entretanto, são necessárias comparações entre resultados experimentais de outros traços, outros tipos de concreto (os mais utilizados no Brasil), variando o tipo de cimento, proporção e tipo de agregados com os modelos de previsão apresentados, a fim de se obter uma confirmação da eficiência dos mesmos.

3.3 Tratamento das Manifestações Patológicas

A manifestação patológica mais comum causada pela deformação lenta são as fissuras nas peças estruturais. Estas devem ser tratadas para evitar maiores problemas como a corrosão das armaduras. Como passo inicial para tratamento dessas manifestações

patológicas é necessário realizar a limpeza da superfície para conhecimento e avaliação da situação real da estrutura.

Após a avaliação deve-se tratar a fissura, o objetivo é impedir o transporte nocivo de líquidos e gases, evitando o ataque às armaduras. O tratamento consiste em fazer o fechamento da fissura com material resistente e aderente (materiais rígidos - epóxi ou grautes) que possui bom comportamento frente aos agentes agressivos fazendo com que a peça volte a ser monolítica.

Quando a manifestação patológica já evoluiu para corrosão de armadura, o procedimento padrão para tratamento das áreas contaminadas consiste em retirar todo o concreto deteriorado até que se obtenha a exposição completa da armadura.

Quando é constatada uma perda de seção transversal da armadura após a operação de limpeza das mesmas entre 15% e 25% da seção original da barra, é recomendável a colocação de armadura suplementar para que seja recomposta a seção de aço originalmente recomendada. Essa nova armadura deverá estar ancorada, seguindo rigorosamente as normas estruturais. Posteriormente, o concreto é recomposto com graute base cimento.

4 | CONCLUSÕES

Ao analisarmos e introduzirmos uma discussão comparativa entre as duas normas e ainda complementadas pelo artigo apresentados neste trabalho, destacamos que em ambos pode-se entrever uma dificuldade de entendimento e aplicação do conceito de deformação lenta. Devemos estas dificuldades principalmente a:

- a deformação por fluência do concreto é uma parte da deformação lenta. A ela devemos somar as deformações por retração do concreto;
- os cálculos do coeficiente de fluência são complexos exigem um conhecimento prévio dos materiais utilizados na execução da obra e das condições ambientais do entorno;
- o cálculo da retração do concreto é de igual complexidade e também está relacionado a inúmeros fatores de influência.
- Segundo MARQUES, BITTENCOURT e BARBOSA (2013) “existem vários fatores que afetam a fluência e a dificuldade em prever com precisão a fluência do concreto encontra-se na interação dos diversos mecanismos físicos que são influenciados por tais parâmetros”;
- O uso das normas apresentadas devem ser aplicadas na prática a fim de tentar prever uma possível deformação lenta já que os experimentos demandam muito tempo e recursos;

Conforme foi apresentado ao longo deste trabalho, uma edificação cujos cálculos não levaram em consideração as deformações lentas do concreto, possivelmente terão

grandes deslocamentos ao longo de sua vida útil. Uma vez que a estrutura já foi executada e está em uso, deve-se atentar para os sinais destes grandes deslocamentos estruturais. Destacamos ainda que:

- os problemas gerados no futuro devido à negligência dos cálculos da fluência interferem diretamente na durabilidade da edificação;
- As manifestações patológicas que ocorrem em estrutura com grandes deformações são de alto custo de reparação e devem ser acompanhadas de perto por mão de obra especializada;
- quanto mais tempo se demora para tratar uma patologia maior será o gasto e o transtorno para efetuar o reparo.

REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI 209R-92. **Prediction of creep, shrinkage, and temperature effects in concrete structures**. ACI 1997.

ANDRADE, Jairo José de Oliveira; MOLIN, Denise Carpena Coitinho Dal. **Considerações Quanto aos Modelos Empregados para a Previsão da Vida Útil das Estruturas de Concreto Armado: Despassivação por Íons Cloreto**. Engenharia Civil - UM, [S.l.], n. 18, p. 31-44, jan. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimentos**. Rio de Janeiro, p. 238. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8224: **Determinação da fluência – Método de Ensaio**. Rio de Janeiro. 1983.

CATAI, Evandro. **Análise dos Efeitos da Retração e Fluência em Vigas Mistas**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 166. 2005.

MARQUES, A. C.; BITTENCOURT, T. N.; BARBOSA, M. P. **Influence of the environment and loading age on SCC drying creep**. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, [S.l.], v. 6, n. 2, p. 227-245, abr. 2013.

MEDEIROS, Heloisa. **Entrevista: Construção crítica**. Revista Técnica, São Paulo, n. 99, p. 1-4, jun. 2005.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete Microstructure, Properties, and Materials – Fourth Edition**. Ed.: McGraw Hill. 2013.

SANTOS, Lauro M. **Cálculo de concreto armado segundo a nova NB-1 e o CEB**. São Paulo, 1983.

SILVA, Adriano de Paula e; JONOV, Cristiane Machado Parisi. **FALHAS E PATOLOGIAS DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO**. Belo Horizonte: UFMG, 2016. 157 slides, colorido.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abastecimento 3, 6, 7, 8, 173, 174, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 221, 286, 306

Agroindustrial 284, 285, 286, 304, 305

Água 181

Alumínio 287, 309, 312, 314, 315

Alvenaria 2, 6, 7, 12, 13, 145, 149, 150, 151, 152, 154, 155, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 259, 260, 261, 284, 286, 291, 292, 298, 304, 305, 306, 307, 308

Análise estrutural 23, 160, 182, 187

Ancoragem 5, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 229

Armado 10, 11, 13, 22, 23, 24, 25, 26, 35, 36, 37, 38, 44, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 59, 76, 77, 80, 87, 88, 91, 92, 106, 107, 108, 114, 118, 119, 145, 146, 147, 150, 160, 162, 172, 235, 236, 237, 239, 240, 242, 244, 245, 246, 291

C

Canal de acesso 214, 216, 219, 224, 225, 226, 228, 232, 233

Capacidade 12, 25, 38, 39, 47, 58, 63, 78, 95, 100, 106, 113, 114, 116, 117, 118, 119, 121, 125, 145, 147, 162, 163, 201, 214, 216, 217, 219, 232, 247, 250, 251, 258, 284, 309, 314

Carbono 13, 37, 38, 39, 44, 48, 50, 51, 106, 107, 108, 110, 113, 114, 117, 118, 119, 121, 286, 289

Cimento 11, 14, 16, 17, 20, 21, 24, 28, 63, 79, 82, 93, 95, 96, 97, 98, 103, 104, 105, 120, 121, 122, 123, 124, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 134, 271, 273, 275, 276, 280, 281, 282, 284, 286, 287, 288, 289, 291, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 304, 305, 306, 307, 315

Cisalhamento 12, 13, 37, 38, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 107, 108, 119, 259, 261

Concreto 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 59, 62, 66, 72, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 114, 117, 118, 119, 124, 130, 132, 133, 134, 144, 145, 146, 147, 150, 159, 160, 162, 172, 183, 184, 189, 190, 191, 196, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 259, 271, 272, 273, 274, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 284, 285, 287, 288, 289, 291, 292, 293, 294, 296, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 309, 311

Construção 1, 2, 6, 9, 11, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 32, 35, 38, 39, 51, 53, 62, 78, 94, 95, 96, 104, 121, 146, 160, 162, 166, 172, 183, 187, 196, 201, 236, 237, 240, 241, 244, 245, 246,

248, 249, 251, 252, 253, 255, 260, 261, 264, 265, 269, 270, 271, 272, 281, 284, 285, 286, 291, 307, 308, 310, 314, 315, 318, 326

Custos 94, 96, 103, 104, 105, 146, 162, 166, 176, 215, 251, 288

D

Deformação 4, 5, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 24, 25, 30, 39, 40, 41, 43, 44, 48, 49, 50, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 77, 84, 87, 106, 115, 116, 117, 118, 149, 165, 167, 239, 260

Discentes 317, 318, 319, 320, 324, 325, 327

Durabilidade 17, 22, 24, 77, 78, 79, 91, 96, 99, 120, 121, 133, 183, 184, 238, 239, 251, 270, 272, 273, 276, 307

E

Efeito construtivo 23

Egressos 317, 318, 319, 320, 322, 323, 324, 325, 326, 327

Elástica 10, 14, 15, 43, 156

Elementos finitos 23, 27, 37, 39, 50, 144

Engenharia civil 1, 9, 22, 23, 36, 37, 51, 52, 94, 106, 118, 119, 120, 133, 134, 160, 161, 181, 182, 235, 236, 237, 240, 245, 246, 271, 281, 309, 315, 317, 318, 320, 323, 324, 325, 326, 327, 328

Enrijecido 145

Ensino 269, 317, 318, 320, 321, 325, 328

Escória 96, 239, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280

Estabilidade 98, 145, 147, 149, 150, 155, 159, 160, 161, 163, 165, 167, 171, 172, 238, 260, 261, 314

Estabilização 145, 150, 151, 282, 309, 314, 315, 316

Estribo 52, 54, 60, 68

Estrutura 11, 12, 14, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 34, 35, 38, 39, 43, 86, 87, 133, 144, 145, 146, 147, 148, 150, 161, 162, 163, 164, 165, 168, 171, 172, 177, 183, 184, 195, 196, 213, 224, 237, 238, 239, 240, 244, 245, 248, 251, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 266, 269, 274, 282, 288, 291, 318, 319, 322, 323, 324, 327, 328

F

Fabricação 2, 98, 146, 147, 149, 166, 235, 237, 240, 243, 244, 245, 249, 261, 273, 286, 298, 299, 329

Fibras 37, 39, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 106, 107, 108, 110, 113, 118, 119

Fissuras 12, 13, 20, 24, 25, 26, 38, 49, 55, 56, 58, 59, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 91, 111, 112, 145, 163, 192, 193, 194, 303, 304

Flexão 50, 54, 55, 57, 66, 77, 79, 80, 81, 82, 84, 87, 88, 89, 91, 92, 106, 108, 109, 111, 112,

113, 115, 118, 119, 156, 164, 258, 259

Fluência 10, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 27, 77, 134

Fluxo 123, 175, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 206, 223, 254, 258

Fundeio 214, 216, 221, 225, 228, 229, 230, 232, 233

H

Hidrômetro 173, 174, 175, 176, 177, 178, 180, 181

L

Lenta 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 21

Ligação 5, 7, 8, 107, 158, 159, 161, 163, 170, 171, 261

Lodo 309, 310, 311, 314, 315, 316

M

Manutenção 4, 94, 131, 174, 182, 183, 195, 196, 198, 251, 255, 287

Mercado de trabalho 317, 318, 319, 320, 322, 324, 325, 326, 327, 328

Metacaulim 94, 96, 97, 98, 104, 105, 120, 121, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 245

Metálica 161, 162, 194, 195

P

Pasta cimentícia 79, 120, 126, 128

Patologia 3, 4, 5, 6, 7, 8, 13, 22, 51, 182

Patológica 20, 21

Perda de carga 173, 177, 179, 180

Pico 83, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 107, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 208

Pontes 95, 182, 183, 184, 187, 196

Pórtico 145, 147, 149, 150, 151, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 163, 164, 165, 167, 168, 169, 170, 171, 261

Portos 214, 216, 219, 220, 221, 231, 232, 233, 310

Projeto 1, 2, 3, 4, 9, 22, 24, 25, 26, 27, 35, 38, 39, 52, 58, 60, 76, 91, 92, 104, 118, 146, 147, 160, 161, 163, 166, 167, 168, 172, 180, 182, 187, 196, 199, 200, 201, 202, 212, 215, 216, 217, 218, 220, 224, 231, 232, 237, 244, 245, 247, 248, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 260, 263, 264, 266, 268, 269, 310, 315, 327

Propriedades mecânicas 120, 167, 272, 273, 276, 278, 280

Q

Qualidade 1, 2, 3, 9, 17, 35, 91, 96, 98, 100, 146, 162, 167, 175, 180, 198, 235, 238, 240, 243, 244, 245, 247, 250, 251, 252, 255, 256, 291, 317, 318, 320, 321, 322, 327, 328

R

Redução 13, 25, 38, 52, 79, 91, 94, 97, 98, 115, 116, 121, 131, 146, 147, 149, 150, 158, 159, 166, 174, 215, 237, 255, 261, 271, 279, 280, 284, 285, 288, 292, 310

Reforço 37, 38, 39, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 72, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 166, 183, 196

S

Sinal 22, 197, 198, 203, 204, 205, 207, 210, 211, 212

Sustentabilidade 79, 121, 236, 247, 248, 250, 251, 253, 269, 270, 272, 282, 284, 285

T

Transito 211, 212

V

Veículos 38, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 205, 206, 208, 209, 210, 211

Viadutos 182, 183, 184, 187, 191, 195, 196

Vigas 12, 13, 22, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 44, 45, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 85, 88, 91, 92, 106, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 152, 156, 159, 164, 188, 189, 190, 238, 260, 261, 291

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 2



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 2



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021