

# 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

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

### **Linguística, Letras e Artes**

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> 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<sup>ª</sup> Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof<sup>ª</sup> Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Prof<sup>ª</sup> 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](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto: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 METACAU LIM 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 ORGANIZADORES .....329**

**ÍNDICE REMISSIVO.....330**

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

*Data de aceite: 01/02/2021*

*Data da submissão: 16/11/2020*

### **Maicon de Freitas Arcine**

Universidade Estadual de Maringá – UEM  
Departamento de Engenharia Civil- DEC/PCV  
Maringá – PR  
<http://lattes.cnpq.br/8097716930628529>

### **Nara Villanova Menon**

Universidade Estadual de Maringá – UEM  
Departamento de Engenharia Civil- DEC/PCV  
Maringá – PR  
<http://lattes.cnpq.br/7744184284656989>

### **Luiz Fernando Colusso**

Universidade Estadual de Maringá – UEM  
Departamento de Engenharia Civil- DEC/PCV  
Maringá – PR  
<http://lattes.cnpq.br/3753016165420719>

**RESUMO:** Nesta pesquisa foram realizadas análises experimentais e numéricas com o intuito de avaliar a reabilitação e reforço em vigas de concreto armado sujeitas ao cisalhamento utilizando reforços com polímeros reforçados com fibras de carbono. Ambas as análises utilizaram os mesmos modelos de vigas. Este estudo teve por objetivo explorar as principais implicações estruturais da aplicação dos compósitos de fibra de carbono no reforço externo de vigas retangulares de concreto armado através da comparação dos resultados experimentais com modelagens numéricas. O estudo foi realizado analisando os resultados obtidos por

análises experimentais e os computacionais através do software Simulia Abaqus. Em uma modelagem numérica as considerações do modelo, das interações e outros fatores são pontos fundamentais na modelagem do concreto armado em softwares que utilizam o Método dos Elementos Finitos. A princípio observou-se que ao adotar a interação concreto/aço como perfeita (“Embedded Region”) os resultados foram semelhantes, com uma diferença de 11,7% entre os carregamentos máximos que a viga suportou nas análises experimentais e numéricas. A perda de aderência na interface concreto/aço não foi considerada, logo a simulação computacional proporcionou resistência um pouco maior que a experimental sendo este o provável motivo dos maiores resultados serem observados no modelo numérico. Com esta ressalva, os resultados foram considerados aceitáveis e as análises mostraram-se apropriadas para problemas que envolvem simulações do concreto armado, no qual observou-se várias necessidades de avaliações mais complexas nos modelos numéricos adotados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Vigas de Concreto armado, Numerical Modeling, Elementos Finitos, Cisalhamento, Reforço com PRFC.

### NUMERICAL ANALYSIS OF RC BEAMS STRENGTHENED TO SHEAR WITH CFRP LAMINATES

**ABSTRACT:** In this research, experimental and numerical analyzes were carried out with the purpose of evaluating the rehabilitation and reinforcement in reinforced concrete beams subjected to shear using fiber carbon reinforced



polymers as strengtheners. Both analyzes used the same models of beams. This study aims to explore the main structural implications of the application of carbon fiber composites in the external reinforcement of rectangular reinforced concrete beams by comparing experimental results with numerical modeling. The study was carried out by analyzing the results obtained by experimental and computational analyzes using Simulia Abaqus software. In numerical modeling, model considerations, interactions and other factors are fundamental points in the modeling of reinforced concrete in software that uses the finite element method. It was observed that when adopting the concrete / steel interaction as perfect ("embedded region") the results were similar, with a difference of 11.7% between the maximum loads that the beam supported in the experimental and numerical analyzes. The loss of adhesion at the concrete / steel interface was not considered, so the computational simulation provided a slightly higher resistance than the experimental one being this the probable reason for the greater results to be observed in the numerical model. With this proviso, the results were considered acceptable and the analyzes were appropriate for problems involving simulations of reinforced concrete, in which several needs for more complex evaluations were observed in the numerical models adopted.

**KEYWORDS:** Reinforced Concrete Beams, Numerical Modeling, Finite Element, Shear Strengthening, FRP Laminates.

## 1 | INTRODUÇÃO

Na engenharia, pode-se citar duas formas possíveis de resolver problemas: a teórica e a experimental. A análise teórica consiste na concepção de modelos matemáticos que simule o sistema real. A análise experimental estrutura-se na obtenção de dados por meio de ensaios executados na estrutura, do tratamento e análise dos mesmos com a finalidade de calcular as várias propriedades e determinar valores característicos. Segundo Takeya (2000), a quantidade referente a aplicação dos dois métodos, se um é mais necessário que o outro, está relacionada com a natureza do problema. Os problemas que surgem nos limites da nossa ciência necessitam de estudos experimentais para suprir tal escassez de conhecimento, uma vez que análises teóricas ainda não estão disponíveis para resolver o problema. Assim, ambos os tipos de análise devem estar complementando uma a outra. Portanto, tomando como base estudos experimentais, a temática da análise computacional do cisalhamento em vigas de concreto armado reforçadas com compósitos de fibra de carbono, é o foco deste referido trabalho.

Uma estrutura de concreto armado, durante sua vida útil, deve satisfazer diversos requisitos os quais podem não ser totalmente conhecidos na fase de execução do projeto. Por isto, durante a sua vida útil, pode requerer reforço estrutural por algumas das seguintes razões: incremento de carga, danos de partes estruturais (envelhecimento da construção, danos causados por incêndios, corrosão da armadura, impacto de veículos, etc.), aumento da capacidade de serviço (limitação das deformações, redução do esforço no aço, redução da abertura das fissuras), modificação do sistema estrutural e erros de

projeto, cálculo e construção.

Existem diversos métodos de reforço de estruturas. As técnicas de reforço a serem adotadas podem ser ativas ou passivas (Monteiro, 1999). O reforço ativo é caracterizado por um pré-esforço exterior não aderente. Este integra o elemento estrutural e é adotado sempre que for necessário reduzir o nível de tensões e deformações existentes. O reforço passivo somente é solicitado quando da ocorrência de novas ações ou deformações caracteriza-se pela colagem de perfis ou chapas metálicas, pelo encamisamento do elemento e pela colocação de elementos pré-fabricados ou perfis metálicos.

A escolha da metodologia adequada dependerá, dos estudos que antecedem um reforço estrutural, devendo ser levado em conta o custo/benefício. Os avanços das pesquisas realizadas nos últimos anos permitiram hoje substituir o aço (material pesado) por materiais compósitos leves a base de fibras sintéticas dentre as quais pode-se mencionar as fibras de vidro (PRFV), fibras de aramida (PRFA) e as fibras de carbono (PRFC). Diversos manuais, normas, códigos e livros abordam o assunto de reforço estrutural. Foram desenvolvidos diversos modelos analíticos para os estudos de vigas reforçadas, como por exemplo, os métodos citados em Souza & Ripper (1998) o método da norma americana ACI 440.2R (2017) com complemento do ACI 318 (2019) e os boletins técnicos da *bulletin 14 fib* (2001) para os reforços com fibra de carbono, detalhados e exemplificados em Perelles (2013). Entretanto, estes modelos analíticos não representam o comportamento tridimensional da peça, contando apenas com expressões para o cálculo da sua capacidade resistente.

A modelagem computacional pode fornecer diversas informações que os métodos analíticos não são capazes. Esta técnica surgiu a partir da metade do século XX e se propagou logo em seguida com a popularização dos computadores. Diversos métodos matemáticos utilizados na engenharia foram implementados em códigos e processados nos computadores, destacando-se o Método das Diferenças Finitas, o Método dos Elementos de Contorno e principalmente o Método dos Elementos Finitos (MEF). Este último método consiste na divisão do domínio de análise em tantos subdomínios quanto forem necessários e na transformação das equações diferenciais que regem o problema em um sistema de equações algébrico, que pode ser mais facilmente resolvido através das diversas técnicas existentes na matemática.

## 2 | ESPECIFICAÇÕES NORMATIVAS

### 2.1 Model Code CEB-FIB 1990

Em análises não lineares do comportamento de estruturas, as curvas tensão versus deformação “realísticas” são geralmente usadas para se estudar o comportamento da estrutura. Essas curvas podem ser obtidas com os ajustes de expressões dos resultados dos ensaios de compressão uniaxial de corpos-de-prova de concreto.

A Figura 1 apresenta uma forma geral da curva tensão versus deformação de acordo com o Model Code CEB FIB 1990. Essas curvas são definidas pela resistência a compressão do concreto (geralmente o valor médio), módulo de elasticidade tangente na origem e deformação relativa à tensão máxima.

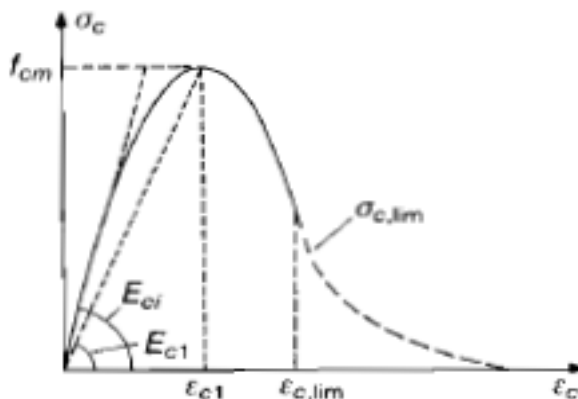


Figura 1 – Diagrama Tensão *versus* Deformação para compressão uniaxial (CEB-FIB (1990))

Para o concreto não fissurado submetido a tensão de tração, pode ser utilizada a relação bi linear dada a seguir:

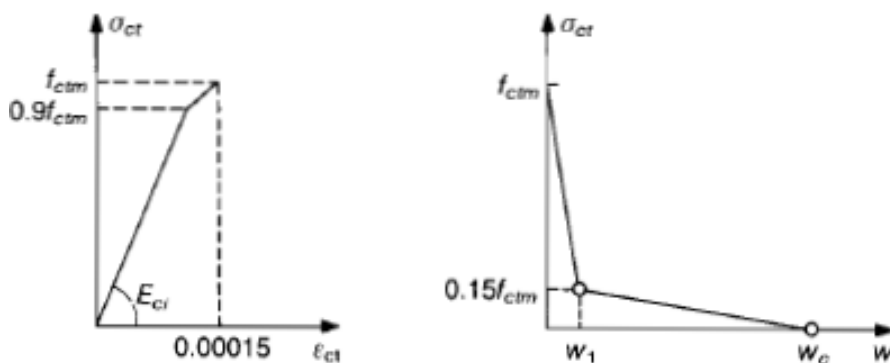


Figura 2 – Diagrama Tensão *versus* Deformação e Tensão *versus* Abertura de fissura para uniaxial tração (CEB-FIB (1990))

Para  $\sigma_{ct} \leq 0,9 f_{ctm}$

$$\sigma_{ct} = E_{ct} \varepsilon_{ct}$$

(Equação 1)

Para  $0,9 f_{ctm} < \sigma_{ct} \leq f_{ctm}$

$$\sigma_{ct} = f_{ctm} - \frac{0,1 f_{ctm}}{0,00015 - \frac{0,9 f_{ctm}}{E_{ci}}} (0,00015 - \varepsilon_{ct}) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$\sigma_{ct}$  - tensão de tração no concreto;

$\varepsilon_{ct}$  - deformação do concreto a tração;

$f_{ctm}$  - resistência média do concreto a tração;

$E_{ci}$  - módulo de elasticidade.

Em que  $f_{ctm}$  e  $E_{ci}$  é dado pelas expressões a seguir:

$$f_{ctm} = 1,4 \left( \frac{f_{ck}}{10} \right)^{2/3} \quad (\text{Equação 3})$$

$$E_{ci} = 2,15 \cdot 10^4 \left( \frac{f_{cm}}{10} \right)^{1/3} \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

$f_{ck}$  - resistência característica a compressão do concreto;

$f_{cm}$  - resistência média a compressão;

Para a seção fissurada, uma relação bilinear é considerada de acordo com as expressões a seguir:

Para  $0,15 f_{ctm} \leq \sigma_{ct} \leq f_{ctm}$

$$\sigma_{ct} = f_{ctm} \left( 1 - 0,85 \frac{w}{w_1} \right) \quad (\text{Equação 5})$$

Para  $0 \leq \sigma_{ct} < 0,15 f_{ctm}$

$$\sigma_{ct} = \frac{0,15 f_{ctm}}{w_c - w_1} (w_c - w) \quad (\text{Equação 6})$$

$$w_1 = 2 \left( \frac{G_f}{f_{ctm}} \right) - 0,15 w_c \quad (\text{Equação 7})$$

$$w_c = \alpha_f \left( \frac{G_f}{f_{ctm}} \right) \quad (\text{Equação 8})$$

Onde:

$w$  - abertura de fissura (mm);

$w_1$  - abertura de fissura (mm) para  $\sigma_{ct} = 0,15 f_{ctm}$ ;

$w_c$  - abertura de fissura (mm) para  $\sigma_{ct} = 0$

$G_f$  - energia de fratura (Nmm/mm<sup>2</sup>) dado na equação 9;

$\alpha_f$  - coeficiente dado pela tabela 1, de acordo com o  $d_{max}$  do agregado.

$d_{max} (mm)$	8	16	32
$\alpha_f$	8	7	5

Tabela 1 – Coeficiente  $\alpha_f$ .

Segundo a norma CEB FIB 1990, a energia de fratura do concreto  $G_f$  é a energia necessária para propagar uma fenda de tração de uma unidade de área. Na ausência de dados experimentais,  $G_f$  pode ser estimado pela equação 9.

$$G_f = G_{f0} \left( \frac{f_{cm}}{10} \right)^{0,7} \quad \text{(Equação 9)}$$

Onde  $f_{cm}$  é a resistência média a compressão do concreto em MPa e  $G_{f0}$  é o valor básico da energia de fratura dado na Tabela 2 em função do diâmetro máximo do agregado  $d_{max}$ .

$d_{max} (mm)$	$G_{f0} (Nmm/mm^2)$
8	0,025
16	0,030
32	0,058

Tabela 2 – Valores básicos da energia de fratura.

## 2.2 Modelo do dano plástico para o concreto (CDP)

O modelo baseia-se na Teoria da Plasticidade e na Mecânica do Dano Contínuo, no qual os conceitos de danos são incorporados em um modelo plástico (Sarturi, 2014), logo, conceitos de tensões efetivas da Mecânica do Dano serão utilizados para representar a perda de rigidez. No modelo CDP, o concreto e outros materiais são vistos como materiais coesivos com atrito, sendo que o dano ou perda de rigidez pode ser relacionada com a perda de coesão (Sarturi, 2014). Para as Figuras 3(a) e 3(b), tem-se o comportamento do concreto a tensão uniaxial de tração e de compressão, respectivamente, ambos disponíveis no manual do ABAQUS volume 3 e no trabalho de Jankowiak e Lodygowski (2013).

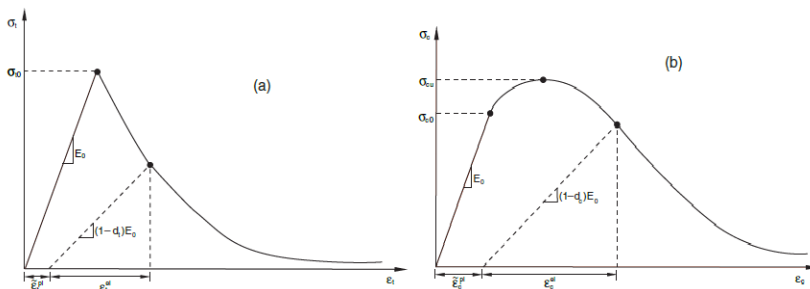


Figura 3 – Resposta do concreto para tensão uniaxial de tração (a) e compressão (b) (ABAQUS Analsys User's Manual)

A resposta do concreto no diagrama tensão-deformação de tração segue uma relação elástico linear até ser alcançado o valor de tensão de falha  $\sigma_{10}$ , no qual a partir deste ponto, inicia-se o surgimento de microfissuras no concreto. Em valores superiores a esta tensão, o gráfico apresenta um amolecimento na curva induzindo a deformação localizada na estrutura de concreto, diminuindo a tensão e aumentando a deformação. Na Figura 3(b) o concreto está sob compressão uniaxial e a resposta é linear até que o valor de tensão de escoamento ( $\sigma_{c0}$ ). A partir desta tensão, inicia-se o regime plástico, ocorre assim um aumento na tensão até ser atingida a tensão última ( $\sigma_{cu}$ ), por consequência, há um amolecimento, diminuindo a tensão e aumentando a deformação.

Nos diagramas, pode-se notar que há uma mudança de valor no módulo de elasticidade no regime plástico, este valor é denominado de módulo de elasticidade danificado (ou efetivo), no qual é relacionado com o módulo de elasticidade inicial  $E_0$ . A equação 10 apresenta a relação entre os módulos de elasticidade.

$$E^* = (1 - d) E_0 \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

$E^*$  - valor do módulo de elasticidade danificado;

$d$  - valor do dano na compressão ( $d_c$ ) ou na tração ( $d_t$ ) e pode ser encontrado pelas equações a seguir.

$$\sigma_t^* = \frac{\sigma_t}{(1 - d_t)} \quad (\text{Equação 11})$$

$$\sigma_c^* = \frac{\sigma_c}{(1 - d_c)} \quad (\text{Equação 12})$$

Onde:

$\sigma_t^*$  e  $\sigma_c^*$  - valores de tensão efetiva de tração e compressão respectivamente;

$\sigma_t$  e  $\sigma_c$  - valores de tensão nominal de tração e compressão respectivamente.

O valor do dano ocorre no intervalo de 0 a 1, ou seja,  $d=0$  corresponde a um material totalmente integro e  $d=1$  relaciona-se ao dano completo ou ao início do fraturamento. As deformações no concreto, podem-se relacionar conforme a equação 13.

$$\varepsilon = \varepsilon^e + \varepsilon^{pl}; \varepsilon^e = \frac{\sigma}{E} \quad (\text{Equação 13})$$

Onde:

$\varepsilon$  - deformação total;

$\varepsilon^e$  - deformação elástica;

$\varepsilon^{pl}$  - deformação plástica.

Realizando as operações necessárias, chegou-se a equação para a deformação plástica na tração e na compressão.

$$\varepsilon_c^{pl} = \varepsilon^e - \frac{d_c \cdot \sigma_c}{(1 - d_c) \cdot E_0} \quad (\text{Equação 14})$$

$$\varepsilon_t^{pl} = \varepsilon^e - \frac{d_t \cdot \sigma_t}{(1 - d_t) \cdot E_0} \quad (\text{Equação 15})$$

Com isso, pode-se obter os valores do dano no concreto e conseqüentemente as deformações plásticas de acordo com cada tensão no regime plástico.

Para representar os demais valores referentes aos efeitos do estado multiaxial de tensões, quatro parâmetros são fundamentais para o modelo CDP, eles serão representados a seguir segundo Sarturi (2014).

- O valor de  $\frac{f_{bo}}{f_{co}}$  é a razão entre as tensões de escoamento no ensaio equibiaxial (Ensaio com cargas aplicadas igualmente em dois eixos) e no ensaio uniaxial, o valor gira em torno de 1,16.
- $K_c$  é a razão entre a distância do eixo hidrostático ao meridiano de tração e de compressão no plano desviador. Seus valores variam entre  $0,5 \leq K_c \leq 1$  sendo que  $K_c=2/3$  é o mais utilizado.
- $\beta$  representa o ângulo de dilatação medido no plano meridional p-q em pressões confinantes elevadas. Valores comumente usados para o concreto variam entre  $35^\circ \leq \psi \leq 40^\circ$ .
- $m$ , correspondendo à excentricidade, sendo um valor pequeno que expressa a taxa de aproximação da hipérbole da sua assíntota no plano p-q. Seu valor varia entre  $0 \leq m \leq 1$ .

### 3 | COMPARAÇÃO TEÓRICO-EXPERIMENTAL

Para avaliação dos modelos, foi baseada no estudo realizado por Menon (2008) no qual foram modeladas vigas em concreto armado e posteriormente reforçadas com compósitos de fibra de carbono dispostas em “U”. As vigas foram igualmente dimensionadas com distância entre vãos de 222 cm e seção transversal de 12x25cm. O  $f_{ck}$  do concreto obtido aos 28 dias foi 31,20 MPa. As armaduras longitudinais de tração e compressão foram compostas por duas barras de aço CA-50 com 16 mm de diâmetro. A armadura transversal foi subdimensionada, composta por estribos de aço CA- 60 de 4,2 mm de diâmetro com espaçamento de 18cm (Figura 4).

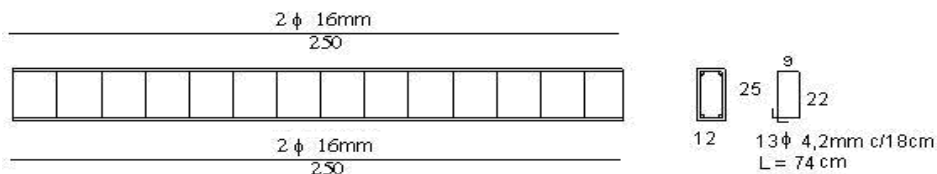


Figura 4 – Detalhamento da viga (MENON (2008))

Para o procedimento experimental realizado por Menon (2008), as vigas foram dispostas sobre apoios de segundo e primeiro gênero e posteriormente aplicada uma carga  $P$  por meio de um macaco hidráulico, como pode ser observado na Figura 5. As lâminas de PRFC foram nomeadas de 1A, 2A, 3A e 4A e dispostas externamente conforme as configurações a) e b) mostradas na Figura 5.

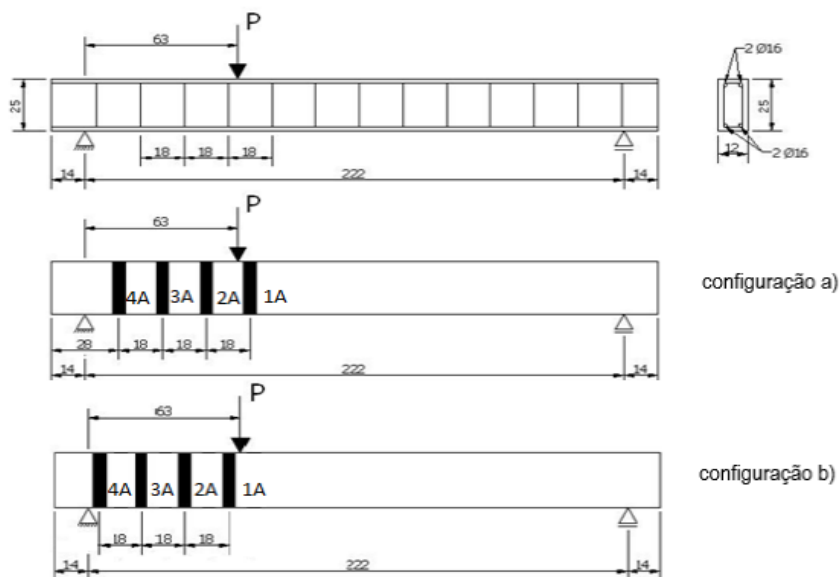


Figura 5 – Posicionamento das fibras nas vigas conforme configurações a) e b) (MENON (2008))

### 3.1 Viga sem reforço

A Figura 6 mostra o resultado numérico obtido juntamente com a curva experimental. A curva carga versus deslocamento da viga modelada atingiu um valor máximo de carga de 86kN enquanto a experimental um valor de 77kN, um erro de aproximadamente 11,7%. Porém a viga numérica apresenta um menor deslocamento de aproximadamente 0,75cm,



enquanto a experimental 0,87cm. Os resultados do modelo foram considerados aceitáveis, visto que foram adotados valores numéricos aproximados devido à falta de resultados experimentais que pudessem melhorar os resultados numéricos.

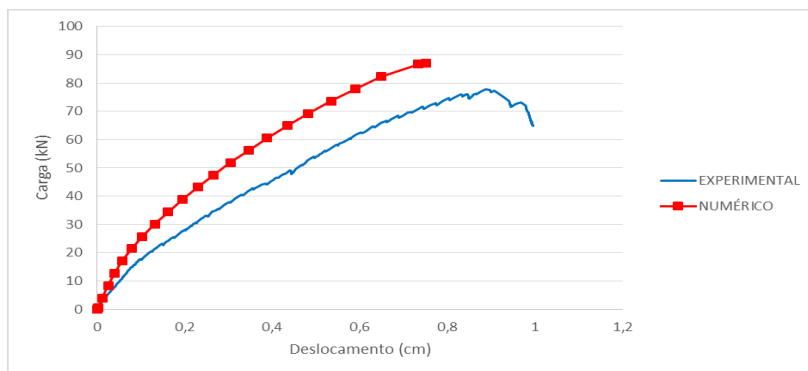


Figura 6 – Curva carga versus deslocamento para a viga experimental e numérica

A Figura 7 apresenta um comparativo entre as tensões no plano de cisalhamento (S23) e a região de rompimento da viga experimental (vão de cisalhamento). A análise desta figura mostra uma semelhança grande entre os modelos numérico e experimental, no qual a maior tensão de cisalhamento observada no modelo foi entre a aplicação de carga e o apoio de segundo gênero.

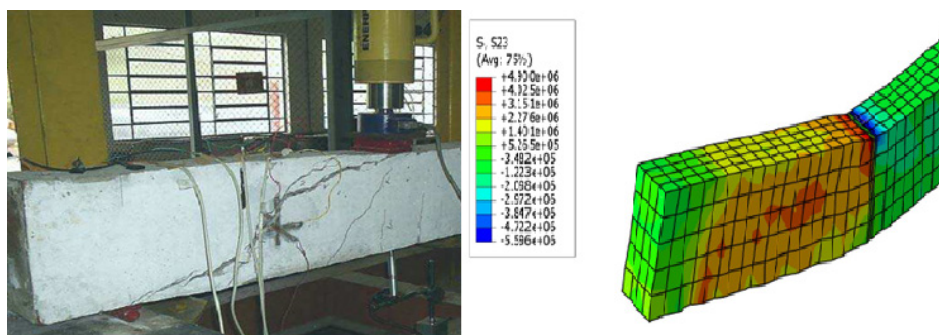


Figura 7 –Ruptura da viga referencial e tensões de cisalhamento no modelo

### 3.2 Viga reforçada externamente conforme configuração a)

Nota-se que, de acordo com a Figura 8, em comparação a viga de referência numérica (VRN), a reforçada (VREE) suportou um valor máximo de carga de 96kN, um valor aproximadamente 10,4% maior e um deslocamento de 1,27cm, aproximadamente

69,3% a mais que a sem reforço.

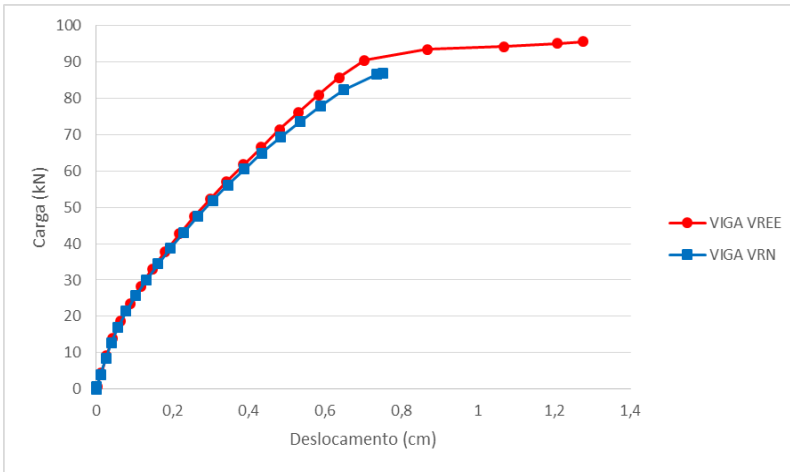


Figura 8 – Curva carga versus deslocamento para as vigas VRN e a VREE

A Figura 9 apresenta as tensões no plano de cisalhamento (S23) mostrando que os laminados de PRFC absorveram boa parte das tensões de cisalhamento.

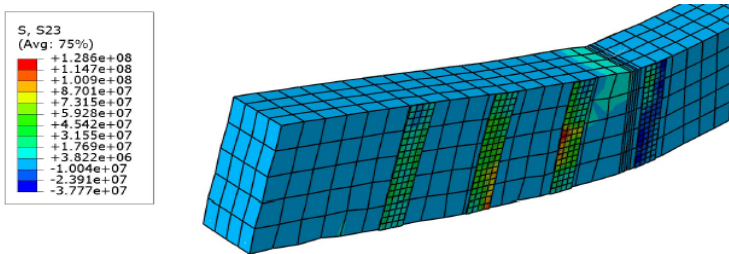


Figura 9 – Tensões de cisalhamento para a viga reforçada (AUTOR (2016))

A Figura 10 representa que ambas as fibras localizadas no vão de cisalhamento não contribuem para a capacidade resistente de carga no início do carregamento. O reforço começa a contribuir para a resistência por volta de 23kN, para a fibra 2A, enquanto para a fibra 3A o reforço começa a atuar com aproximadamente 42kN. A fibra 4A foi solicitada a partir dos 66kN e a 1A pouco foi solicitada. Posteriormente, as deformações das fibras continuam a aumentar, até quando atingiu a ruptura frágil. Neste caso, a fibra não apresenta a ruptura, pois a análise foi encerrada antes que esta pudesse ser observada.

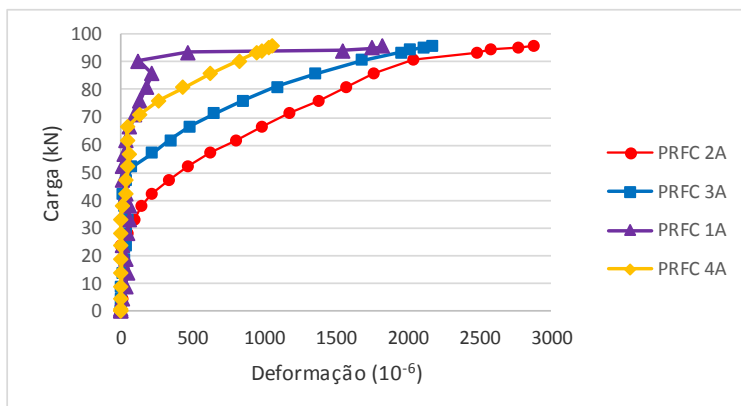


Figura 10 – Curva carga versus deformação para fibras 1A, 2A, 3A e 4A

### 3.3 Viga reforçada externamente conforme configuração b)

Após as análises com a viga reforçada conforme a configuração a) (viga VREE), reforçou-se a mesma com as fibras de carbono na posição b). A Figura 11 apresenta a curva carga versus deslocamento da viga com reforço (viga VRSE). Em comparação a viga VREE, a viga VRSE suportou um valor máximo de carga de 94,3kN, 1,77% menor que a viga com a configuração a) e um deslocamento de 0,91cm, 28,3% menor que a viga VREE.

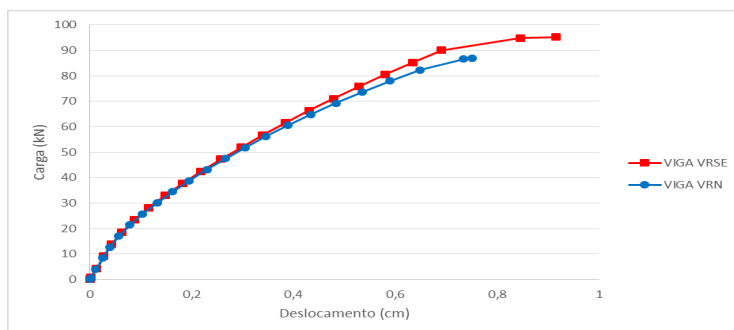


Figura 11 – Curva carga versus deslocamento para as vigas VRN e VRSE

A Figura 12 apresenta as tensões no plano de cisalhamento (S23) apresentando resultados semelhantes ao da viga reforçada conforme a segunda configuração, mostrando que os laminados de PRFC absorveram boa parte das tensões de cisalhamento.

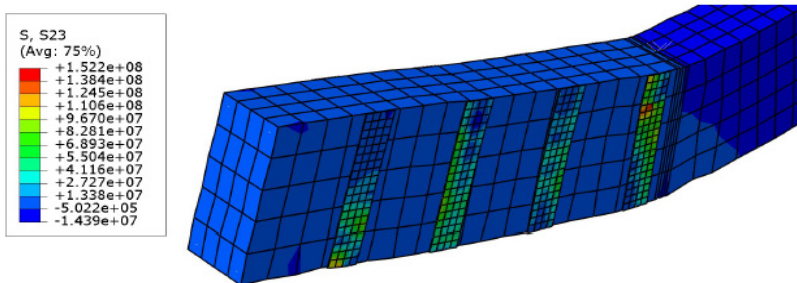


Figura 12 – Tensões de cisalhamento para a viga reforçada (configuração b))

A Figura 13 apresenta que a fibra 4A, mais próxima ao apoio de segundo gênero, foi pouco solicitada, visto que as maiores tensões e fissuras ocorrem mais próximo da aplicação de carga. Com relação as fibras 3A e 2A, apresentam maiores deformações a partir de cargas entre 40kN e 50kN representando que o reforço foi requisitado a partir deste intervalo de valores. A fibra 1A apresenta solicitação quase no início da análise, isso ocorre devido à grande tensão gerada próximo a carga, diferentemente da análise da fibra colada fora do vão de cisalhamento.

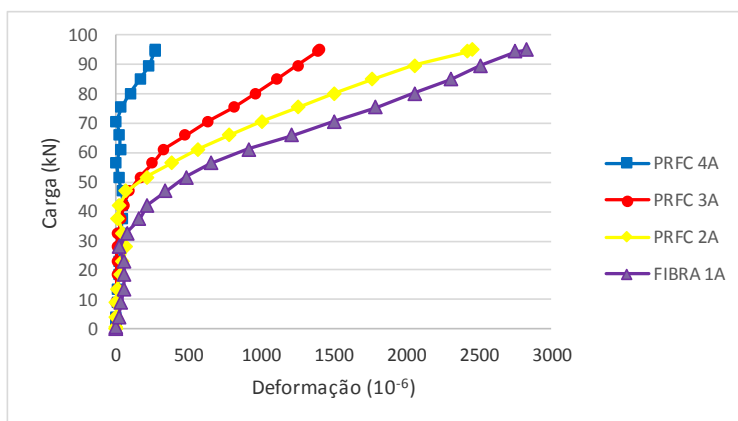


Figura 13 – Curva carga *versus* deformação para fibras 1A, 2A, 3A e 4A - configuração b)

## 4 | CONCLUSÕES

O problema apresentou ser abrangente, abordando assuntos como: Mecânica do Dano, Modelos Constitutivos, Teoria da Plasticidade e diversas modelagens.

A norma europeia CEB FIB de 1990 apresenta a curva de compressão como “realística” e na tração, um complemento com fissuras, no qual foi adotada no referente

trabalho para os cálculos de dano e deformações plásticas do concreto. Logo, essas curvas “realísticas” foram de profunda importância para a realização das simulações que se sucederam, comparando-se as curvas obtidas numericamente com as curvas teóricas, obtendo-se resultados muito próximos, representando bem o concreto na tração e compressão.

Em uma modelagem numérica as considerações do modelo, das interações e outros fatores são pontos fundamentais na modelagem do concreto armado em softwares de elementos finitos. Observou-se que ao adotar a interação tipo “Embedded Region” considerada como aderência perfeita entre o concreto e o aço, os resultados foram semelhantes, com uma diferença de 11,7% entre os carregamentos máximos que a viga suportou em experimental e numérico em uma análise 100% no software. Modelou-se o aço como perfeita adesão no concreto sendo que a perda de aderência na interface concreto/aço não foi considerada, logo esta simulação proporcionou uma resistência um pouco maior que a real.

Comparando-se os resultados numéricos para os sistemas de reforço externo de laminados de PRFC colados, nota-se que assim como os resultados experimentais observado por Menon (2008), as lâminas de fibra de carbono coladas entre os estribos apresentaram um desempenho de 1,77% maior. Pela análise experimental os sistemas que utilizaram as lâminas coladas na superfície do concreto na configuração a), as vigas romperam-se por cisalhamento enquanto que as coladas na configuração b), algumas romperam-se por flexão e outras por cisalhamento. As lâminas restringiam a deformação e a fissuração entre as faixas para a configuração a). No outro caso, as lâminas eram coladas na superfície e verificou-se que não seguravam a fissuração provocando o descolamento do PRFC permitindo a formação de fissura diagonal de cisalhamento.

Além disso, as fibras colocadas a grandes distâncias da aplicação de carga ou fora do vão de cisalhamento apresentaram pouca sollicitação (Figura 10 e Figura 13), sendo as fibras 2A e 3A suportaram valores de tensões de cisalhamento e deformações semelhantes e as fibras mais solicitadas foram as que se aproximaram da região de aplicação de carga. Assim, notou-se que ao se aproximar da aplicação de carga as fibras de carbono tendem a se deformar mais.

Por fim as análises numéricas mostraram-se apropriadas para problemas que envolvem simulações do concreto armado, no qual observou-se várias necessidades de avaliações mais complexas dos modelos numéricos adotados, apesar disso, os resultados verificados estão de acordo com a literatura e os resultados experimentais.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI 318 – **Building Code Requirements for Structural Concrete**. ACI Committee 318. Detroit, 2019.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE ACI 440.2R-02 – **Guide for the Design and Construction of Externally Bonded PRF Systems for Strengthening Concrete Structures**. Farmington Hills, MI, USA, 2017.

COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BÉTON, “**CEB-FIP Model Code 1990**” Thomas Telford Services Ltd., London, Great Britain, 1993.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON. **Externally Bonded PRF Reinforcement for RC Structures. Technical report by task group 9.3 PRF reinforcement for concrete structures**, Fédération Internationale du Béton – fib Bulletin 14, 130p. Lausanne Switzerland. Julho, 2001.

MENON, N.V. **Estudo Experimental de Sistemas de Reforço ao Cisalhamento em Vigas de Concreto Armado Utilizando-se Polímero Reforçado com Fibras de Carbono (CFRP)**. Tese Doutorado em Estruturas 327f. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2008.

PERELLES, D.H. **Estudo analítico do comportamento de uma viga biapoiada de concreto armado reforçada com um compósito de fibra de carbono**. Tese de mestrado em engenharia civil. Departamento de construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Curitiba, Brasil, 2013.

SARTURI, F.D.M. **Simulação computacional de estruturas de concreto reforçadas com aço e compósitos de fibra de carbono**. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SOUZA, V. & RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª edição. Editora PINI, 1998. 245p.

TAKEYA, T. **Análise Experimental de Estruturas – Notas de Aula**. EESC-USP, São Carlos, SP 2000.

## 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](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

Atena  
Editora

Ano 2021

# FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 2



[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

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

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

Atena  
Editora

Ano 2021