

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3



ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3



ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-639-0

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

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

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

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

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

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

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

Armando Dias Duarte


SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

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

Mateus Lima Barros

Vinicius Costa Correia


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

CAPÍTULO 2..... 13

ANÁLISE DE HASTES DELGADAS EM GRELHAS HIPERESTÁTICAS

Antônio Luís Alves da Cunha

Luiz Carlos Mendes


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

CAPÍTULO 3..... 28

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

William Taylor Matias Silva

Sebastião Simão da Silva

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

CAPÍTULO 4..... 46


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

Camilla Cristina Cunha Menezes

Marcos de Paulo Ramos

Thiago Pena Bortone

Rachel Jardim Martini

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

CAPÍTULO 5..... 58

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

Anna Cristina Araujo de Jesus Cruz

José Carlos de Anunciação Cardoso Júnior

Mariana Silveira Araujo

Natália Ramos dos Santos

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


CAPÍTULO 6..... 67

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

Henrique Resende dos Santos

Adriano de Paula e Silva

Eduardo Chahud
Cristiane Machado Parisi Jonov

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

CAPÍTULO 7..... 78

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


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

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

CAPÍTULO 8..... 90

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


Moacyr Salles Neto
Flávio Roldão de Carvalho Lelis

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

CAPÍTULO 9..... 103

DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HOSPITALARES VIA DIMENSÕES MORFOLÓGICAS


Alyria Donegá
João da Costa Pantoja

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

CAPÍTULO 10..... 115

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

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


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

CAPÍTULO 11..... 125

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

José Wilson dos Santos Ferreira
Michéle Dal Toé Casagrande

Raquel Souza Teixeira

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

CAPÍTULO 12..... 136

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

Gilbert Francisco Torres Morales


Ignacio Mora González

Saúl Castillo Aguilar

René Álvarez Lima

Raymundo Dávalos Sotelo

José Alberto Aguilar Cobos


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

CAPÍTULO 13..... 150

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

José Costa Feitoza

Natália da Mata Batista

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

CAPÍTULO 14..... 160


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

Renathielly Fernanda da Silva Brunetta

Isabela Grossi da Silva

Leandro Canezin Guideli

Vitor Pereira Faro

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

CAPÍTULO 15..... 173

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO NO GNAISSE MILONÍTICO

Kelly de Oliveira Borges da Costa

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

Carlos Maurício Fontes Vieira


Elaine Aparecida Santos Carvalho Costa

Geovana Carla Girondi Delaqua

Gustavo de Castro Xavier

Letícia Borges da Costa

Vinícius Alves Polinicola

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


CAPÍTULO 16..... 183

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

Viviana Carolina Rougier

Miqueas Ceferino Denardi

Dario Orestes Vercesi

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

CAPÍTULO 17..... 195

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

João Bosco Pinheiro Dantas Filho

Guilherme Bruno de Souza Ribeiro

Pedro Holanda

Bruna Vital Roque

Rodrigo G. Ribeiro

Artur de Almeida Evangelista

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

CAPÍTULO 18..... 206

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

Renata Samyla Matias Nogueira

Clélio Rodrigo Paiva Rafael

Edna Lucia da Rocha Linhares

Ronald Assis Fonseca

Rokátia Lorrany Nogueira Marinho

Ligia Raquel Rodrigues Santos

Jaiana de Araújo Pinheiro

Carlos Eduardo Carvalho Oliveira

Edyelly Cristtian Galdino Fernandes

Francisco Felinto de Lima Neto

Luzianne Galvão Pimenta

Géssica de Moura Ribeiro

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

CAPÍTULO 19..... 221

INSPEÇÃO PREDIAL EM EMPREENDIMENTOS RURAIS APLICABILIDADE DA NBR 16747

Camilla Cristina Cunha Menezes

Marcos de Paulo Ramos

Thiago Pena Bortone

Rachel Jardim Martini

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

CAPÍTULO 20..... 232


GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Wallace Ribeiro Nunes Neto

Camila Moraes Silva

Pedro Paulo Barbosa Nunes Sobrinho


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

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

CAPÍTULO 21..... 241

LOCUS SAECULARIS: MATERIAIS QUE CONSTRÍRAM UMA TRADIÇÃO


João Hermem Fagundes Tozatto
Crystian André Montozo Botelho

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

CAPÍTULO 22..... 253

MODELAGEM NUMÉRICA DE PAREDE DIAFRAGMA ATIRANTADA EM ÁREA URBANA


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

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

CAPÍTULO 23..... 266

NOVA TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE TORRES EÓLICAS

Ilo Borba

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

CAPÍTULO 24..... 273

O CORREDOR BIOCEÂNICO: REESTRUTURAÇÃO TERRITORIAL DE NOVAS HINTERLÂNDIAS

Carlos Andrés Hernández Arriagada
Teo Felipe Bruder Gouveia




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

CAPÍTULO 25..... 287

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

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

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

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

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

Data de aceite: 01/10/2021

Viviana Carolina Rougier

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concepción del Uruguay. Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.

Miqueas Ceferino Denardi

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia. Concordia, Entre Ríos, Argentina.

Dario Orestes Vercesi

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Concordia. Concordia, Entre Ríos, Argentina.

FIBER REINFORCED CONCRETE DEEP BEAMS. ASSESSMENT OF SHEAR STRENGTH

ABSTRACT: Concrete is very strong in compression, but it has a very low tensile strength. To improve its tensile strength, reinforcing steel is often used in the concrete. However, the reinforcement of the cementitious matrix with discrete fibers has gained increasing recognition. The addition of fibers randomly distributed as reinforcement of cement-based matrices can produce a material with improved tensile strength and deformational characteristics. Different types of fibers can be employed to reinforce concrete. Nevertheless, the use of steel fibers is particularly attractive in concrete members with

high reinforcement congestion, like deep beams, when conventional stirrups can be eliminated or reduced. So, the effects of steel fibers on the shear strength of reinforced concrete deep beams were evaluated by different ways: experimental, theoretical, and numerical. A total of six beams were subjected to a concentrated load P at their center and two steel fiber volume fractions were used. Two specimens were elaborated with plain concrete and longitudinal steel reinforcement. Web reinforcement was used in one of those beams and the other was made without stirrups. The others four specimens were built with steel fibers reinforced concrete (SFRC), longitudinal steel reinforcement and without stirrups. The test results indicated that the fibers influenced the shear strength of reinforced concrete deep beams. Shear strength increased with increasing fiber volume fraction, but steel fibers could not totally replace the conventional steel stirrups. Comparisons between experimental shear strength values and predictions, using empirical models developed by different authors, showed satisfactory results. In addition, the comparison between numerical and experimental values indicated that finite element analysis (FEA) was a reliable tool to simulate nonlinear behavior of SFRC deep beams.

KEYWORDS: SFRC, deep beams, shear strength, FE analysis.

1 | INTRODUCCIÓN

El hormigón es un material muy versátil que posee buena resistencia a la compresión, pero su resistencia a tracción es baja. El uso

de fibras dispersas en la matriz de hormigón es una opción que permite incrementar dicha resistencia. De este modo y teniendo en cuenta sus componentes, se puede definir el hormigón reforzado con fibras (HRF) como “un hormigón hecho principalmente de cemento portland, agregados y refuerzo de fibras discretas”, ACI 544.1R (1996-2002). Entre las fibras que se pueden usar se encuentran las de acero, vidrio, polímeros orgánicos y en menor medida, las fibras vegetales, ACI 544.1R (1996-2002), siendo las primeras las que más se utilizan.

La incorporación de fibras de acero mejora la ductilidad, la resistencia a flexión, la capacidad para soportar cargas en estado fisurado, la tenacidad y capacidad para mantener la integridad luego de alcanzada la carga de rotura. La mejora en dichas propiedades depende de la cantidad, tipo, tamaño, resistencia y configuración de la fibra y están ligadas al proceso mediante el cual la carga es transmitida de la matriz a las fibras y el efecto de costura de fisuras, Ruano (2013). Sin embargo, se debe decir que las fibras de acero mejoran las propiedades mecánicas del hormigón no como reemplazo de la armadura de barras sino como complemento de éstas. Las barras de acero no pueden impedir a formación de micro fisuras, pero las fibras dispersas pueden prevenir la propagación o su crecimiento en ancho controlando el proceso de fisuración, Shah y Ribakov (2011). Por ello, el uso de dichas fibras, como complemento o reemplazo parcial de la armadura convencional de estribos, resulta de gran interés particularmente en el caso de vigas de gran altura, donde suelen existir grandes congestionamientos de armaduras. Algunas investigaciones han demostrado que el uso de hormigón reforzado con fibras de acero mejora significativamente el comportamiento de vigas de gran altura, proporcionando un incremento en la capacidad de carga y la ductilidad y un mejor control de la fisuración, aún para bajos contenidos de fibras: Beshara *et al.* (2015); Naik y Kute (2017); Pabale y Mehetre (2015); Moradi y Reza Esfahani (2017).

Las vigas de gran altura (VGA) son estructuras en forma de placas solicitadas en su plano y sustentadas como vigas. Se utilizan en numerosas estructuras tales como fundaciones, estructuras offshore, tanques, etc. También se suelen usar como elementos de transición entre columnas de niveles superiores a plantas inferiores de edificios elevados, cuando por razones arquitectónicas o funcionales son necesarias luces mayores entre columnas, Orlor y Donini (2011). Debido a la pequeña relación entre la luz de corte y la altura útil (a/d), las VGA desarrollan un mecanismo de transferencia de carga diferente al de las vigas esbeltas. En las VGA, una gran proporción de la carga que soportan es transmitida directamente a los apoyos. Por ello las tensiones de corte son significativamente mayores, y en general controlan la resistencia de estos elementos. En la zona entre los apoyos y el punto de aplicación de la carga puede ocurrir la falla del hormigón por compresión, Ahmad *et al.* (2011).

Entre los procedimientos para el diseño de VGA se pueden mencionar el método de elementos finitos, la teoría de chapas utilizando la función de Airy o bien el método puntal-

tensor adoptado por el Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón y diferentes códigos a nivel mundial. El “método puntal-tensor” (MPT), permite representar con un aceptable grado de aproximación, el comportamiento de aquellas zonas particulares de las estructuras en donde no es válida la hipótesis de Bernoulli, y, por lo tanto, no se cumple con la distribución lineal de las deformaciones en la sección o zona de estudio, Orlor y Donini (2008).

El MPT está basado en el teorema de límite inferior del cálculo plástico según el cual, si para una determinada carga se halla una distribución de tensiones de tal forma que en ningún punto se supere la tensión de plastificación de los materiales, se satisfaga el equilibrio estático y las condiciones de contorno, la estructura resistirá dicha carga sin llegar a la rotura. De este modo, la capacidad resistente obtenida con el método puntal tensor siempre es menor que la real, es decir la carga hallada es menor que la de colapso de la estructura, Adrija *et al.* (2017). Por ello algunos investigadores, en búsqueda de resultados más cercanos a la carga última han realizado modificaciones al MPT, entre ellos, Zhang y Tan (2007); Arabzadeh *et al.* (2009); Chetchotisak *et al.* (2014); Adrija *et al.* (2017); Chen *et al.* (2018).

Por otro lado, la aparición de los métodos computacionales, entre ellos el método de elementos finitos (MEF), y de software específicos de diseño, ha facilitado el cálculo, haciendo posible la determinación de los esfuerzos a los que se encuentra sometida una VGA; así como también la distribución de tensiones y deformaciones en dicho elemento.

En este trabajo se presentan los resultados de una campaña experimental tendiente a evaluar la efectividad del uso de HRFA en VGA en reemplazo de la armadura convencional de estribos, en términos de resistencia a corte, ductilidad y modos de falla. Se analizan dos fracciones de volúmenes de fibra, y la existencia o no de estribos horizontales y verticales. Todos los especímenes se ensayan a flexión en tres puntos. Se obtienen cargas máximas, y curvas carga-desplazamiento y se comparan los resultados experimentales con los valores de cargas últimas obtenidos de modelos teóricos. Además, lleva a cabo un análisis numérico usando un modelo no lineal de elementos finitos implementado en el software ABAQUS[®]. Los resultados se comparan con los datos experimentales demostrando que el análisis por elementos finitos es una herramienta efectiva y confiable para simular el comportamiento no lineal de VGA de HRFA.

2 | PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1 Generalidades

El programa experimental se llevó a cabo mediante ensayos a flexión de VGA, cargadas con una fuerza vertical centrada y diseñadas siguiendo los lineamientos del CIRSOC 201-05, Apéndice A, CIRSOC 201 (2005). Se elaboraron seis vigas y dos tipos de hormigón, hormigón simple y HRFA. Dos vigas se fabricaron con hormigón simple y

armadura de flexión, sin armadura de corte en un caso, y con armadura mínima de corte, en otro. Los restantes especímenes se elaboraron con HRFA, según dos fracciones de volumen de fibras, 0.31 % (25 kg/m³) y 0.64 % (50 kg/m³), y sin armadura de corte. En las Figuras 1 a y b, respectivamente, se pueden ver los detalles constructivos de un espécimen con armadura de corte y de otro con armadura de flexión solamente. Se adoptó un recubrimiento de 20 mm, valor mínimo requerido para este tipo de estructuras por el CIRSOC 201-05 (2005). En la Tabla 1 se presenta la descripción de los especímenes ensayados en cuanto a denominación, dimensiones, cuantías de armaduras longitudinal (r) y de estribos horizontales y verticales ($\bar{\delta}_h$ y $\bar{\delta}_v$) y fracción de volumen de fibras (V_f).

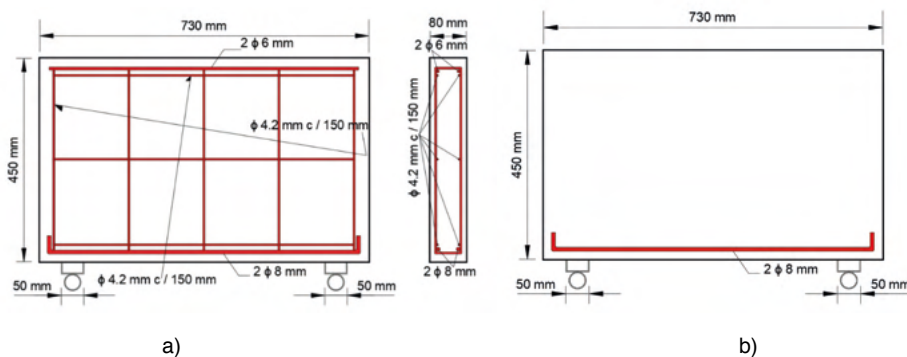


Figura 1 – Dimensiones geométricas y detalle de armaduras de los especímenes ensayados: a) Viga con armadura de corte; b) Viga sin armadura de corte

Viga	Ancho b (mm)	Altura h (mm)	d (mm)	r (%)	r_v (%)	r_h (%)	V_f (%)
V1	80	450	426	0.29	-	-	-
V2	80	450	426	0.29	0.29	0.17	-
V331	80	450	426	0.29	-	-	0.31
V464	80	450	426	0.29	-	-	0.64
V531	80	450	426	0.29	-	-	0.31
V664	80	450	426	0.29	-	-	0.64

Tabla 1 – Detalle de los especímenes ensayados con su denominación y características

2.2 Características y propiedades de los materiales

En la ejecución de las vigas se utilizaron dos tipos de hormigón, hormigón simple y HRFA, dosificados según el Método ICPA de Diseño Racional de Mezclas de Hormigón del Instituto del Cemento Portland Argentino (ICPA) en función de obtener una resistencia característica de rotura a compresión a los 28 días de 30 MPa. Se trabajó con agregados de la zona y cemento portland compuesto (CPC40). Para el HRFA se emplearon fibras de acero con extremo de gancho WIRAND®, denominadas FF1, de 50 mm de longitud y 1

mm de diámetro. Las fibras se agregaron en forma manual, gradual y directamente a la mezcladora. En la Tabla 2 se presentan las propiedades mecánicas (resistencia media f'_m y módulo elástico E) de los hormigones, la tensión de fluencia y la resistencia a tracción (f_y y f_t) del acero de refuerzo y de las fibras.

Materiales		f'_m (MPa)	E (GPa)	f_y (MPa)	f_t (MPa)
Hormigón	Sin fibras	33.25	27.10	-	
	Con fibras	35.60	28.04	-	
Acero		-	210	420	500
Fibras FF1		-	-	800	1100

Tabla 2 – Propiedades mecánicas de los materiales

2.3 Procedimiento de ensayo e instrumentación

Todos los ensayos realizados consistieron en la aplicación de cargas cuasi estáticas monótonas crecientes en el centro de la luz. Se adoptó una velocidad de carga de 1.5 mm/min. Se midieron cargas y desplazamientos en la dirección longitudinal y transversal. La carga fue aplicada usando una máquina de ensayos universal con sistema hidráulico con posibilidad de desarrollar una carga vertical nominal máxima de 1000 kN. Para la medición de los desplazamientos se utilizó un reloj comparador digital con una sensibilidad de 0.001mm. En la Figura 2 se muestra el esquema de ensayo e instrumentación utilizado. El instrumento de medición de los desplazamientos transversales fue retirado antes de alcanzar la carga máxima, como medida de precaución para evitar la posible rotura de este.

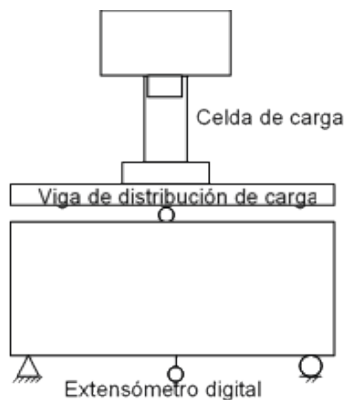


Figura 2 – Esquema de ensayo e instrumentación

3 I RESULTADOS EXPERIMENTALES

3.1 Cargas últimas y curvas carga- desplazamiento

En Tabla 3 se presentan los resultados obtenidos durante los ensayos, correspondientes a las seis vigas consideradas en este estudio. Se muestran cargas últimas, incremento de resistencia en comparación con el espécimen V1 (hormigón simple sin armadura de corte) y modos de falla.

Según se puede ver en la Tabla, la viga con armadura de corte y los especímenes de HRFA muestran un incremento significativo en resistencia, en comparación con la viga V1, de hormigón simple, con armadura de flexión solamente. Sin dudas, la viga V2 con armadura de corte mínima, registra el mayor incremento de carga, y como se observa en la Figura 3, la mayor ductilidad.

Viga	Pu (kN)	Incremento de resistencia (%)	Modos de falla
V1	124.40	-	Falla en apoyo
V2	222.20	78.6	Corte
V331	185.00	48.7	Corte
V464	208.50	67.6	Corte
V531	171.92	38.2	Aplastamiento del hormigón
V664	210.48	69.2	Corte

Tabla 3 – Resultados experimentales

En la Figura 3 se reproducen las curvas carga-desplazamiento axial y transversal ($P-\delta_l$; $P-\delta_t$) de las vigas de hormigón simple, con y sin armadura de corte, y de las vigas de HRFA. Los especímenes de HRFA y 0.64 % de fracción de volumen de fibras, alcanzaron un valor de carga última similar (210.48 kN y 208.50 kN) y muy cercano a V2 (222.20 kN). En las VGA de HRFA con una fracción de volumen de fibras de 0.31 %, los valores de carga última fueron menores comparados con los obtenidos por la viga V2 y los especímenes de HRFA y 0.64 % de V_f . Sin embargo, dichos valores resultaron un 48.7 % y un 38 % mayores que la resistencia máxima de la viga V1. El incremento de la fracción de volumen de fibras se reflejó en un aumento de la resistencia al corte. Sin embargo, se debe tener en cuenta que un volumen alto de fibras (mayor a 1.5 %, según Adam *et al.* (2016)) puede afectar la trabajabilidad de la mezcla.

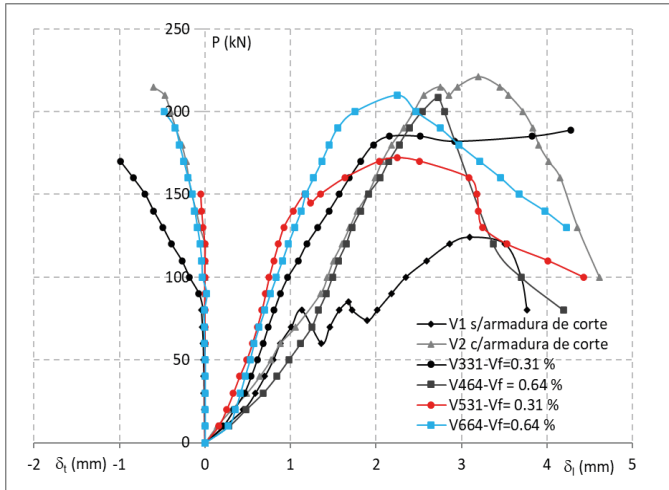


Figura 3 – Curvas carga-desplazamiento axial y transversal (P - δ_l y P - δ_t)

La capacidad de deformación de las VGA de HRFA fue menor que la registrada por la viga con armadura de estribos (V2), mientras que la rigidez, en la mayoría de los casos resultó mayor. La incorporación de fibras de acero mejoró el comportamiento en resistencia de las vigas sin armadura de estribos verticales y horizontales, pero no logró reemplazar dichos estribos.

3.2 Modos de falla

En las Figuras 4 a) se muestra el modo de falla de la viga V2 con armadura de corte mínima. Con el incremento de la carga, la fisura diagonal se extiende hacia los puntos apoyo y de carga, se aumenta el espesor de las fisuras existentes y en la etapa final que conduce a la falla por corte, se produce la rotura del hormigón situado por encima de la fisura crítica de corte. En el caso de la viga V1, de hormigón simple y sin armadura de corte, se produjo la rotura en uno de los apoyos debido al anclaje deficiente de la armadura longitudinal. En la Figura 4 b) se observa la falla por corte, si rotura del hormigón, del espécimen V664.



a)



b)

Figura 4 – Modos de falla de las VGA: a) Viga V2 sin fibras, con estribos; b) Viga de HRFA, V664.

4 | ANÁLISIS TEÓRICO

En la Tabla 4 se comparan los valores experimentales de carga última P_u de las VGA de hormigón simple y hormigón armado, con los obtenidos a partir del método puntal tensor que recomienda para el cálculo el CIRSOC 201-05 (2005) y también con modelos teóricos propuestos por otros autores, Arabzadeh *et al.* (2009) y Matamoros y Wang (2003) que surgen de modificaciones realizadas al modelo puntal tensor original. Para las VGA de HRFA se utilizan los mismos modelos. Sin embargo, ninguno de los modelos presentados contempla la presencia de las fibras de acero en sus formulaciones.

Viga	$P_{u\text{ exp.}} \text{ (kN)}$	$P_{u\text{ MPT}} \text{ (kN)}$ (CIRSOC 201-05)	$P_u \text{ (kN)}$ (Arabzadeh <i>et al.</i>)	$P_u \text{ (kN)}$ (Matamoros y Wong)
V1	124.40	88	108,30	160
V2	222.20	88	108.50	205
V331-V531	185.00-171.92	88	113	216
V464-V664	208.50-210.48	88	113	216

Tabla 4 – Comparación de resultados experimentales y teóricos.

Se puede ver en la Tabla, que tanto el MPT, como el de Arabzadeh *et al.* (2009) dan resultados conservadores. El modelo de Matamoros y Wong tiene una mejor correlación con el valor experimental de la VGA V2 (con estribos) pero sobrestima el de la VGA V1 sin armadura de corte y los resultados correspondientes a los especímenes de HRFA.

5 | SIMULACIÓN NUMÉRICA

Con el objetivo de predecir numéricamente la capacidad resistente de las VGA de hormigón y HRFA correspondientes a la campaña experimental descrita en apartados anteriores, se simuló el ensayo a flexión en 3 (tres) puntos mediante un modelo tridimensional.

Dicho modelo fue implementado en un software de análisis por elementos finitos ABAQUS[®]. Para representar el comportamiento del hormigón simple se adoptó el modelo “Concrete Damaged Plasticity”(CDP), Abaqus Analysis User’s Guide (2017). El CDP supone que los principales mecanismos de falla del hormigón son fisuración por tracción y aplastamiento por compresión. Así, el modelo considera diferentes comportamientos bajo estas dos sollicitaciones.

Para el HRFA, se adoptaron curvas tensión-deformación que permitieron definir su comportamiento a compresión y a tracción. Con respecto al comportamiento a compresión se utilizó un modelo desarrollado por Barros y Figueras (1999). Para el aporte de las fibras a la resistencia tracción se tuvieron en cuenta el modelo de Voo y Foster (2003) y Gouveia *et al.* (2014). En base a esas formulaciones y los datos obtenidos experimentalmente, se obtuvieron curvas tensión deformación a tracción utilizadas en el modelo CDP para HRFA.

Para los refuerzos de acero, se adoptó el modelo de material de tensión-deformación elástico-perfectamente plástico.

5.1 Modelo de elementos finitos del ensayo a flexión VGA.

El elemento estructural se consideró simplemente apoyado y con una carga puntual en la cara superior, en el centro de la luz entre los apoyos. Para modelar el hormigón se utilizaron elementos sólidos 3D de 8 nodos de integración reducida denominado C3D8R. Para el caso de las barras de acero de refuerzo se utilizaron elementos lineales de dos nodos “2-node linear 3-D truss” (T3D2). En la Tabla 5 se muestra un esquema de la malla de elementos finitos utilizada y las condiciones de contorno.

En la Tabla 5 se muestran los valores de carga última obtenidos para los distintos especímenes simulados, juntamente con los valores experimentales promedio y el error relativo a los efectos de la validación del modelo. Se observa que los resultados numéricos aproximan razonablemente los valores de P_u obtenidos experimentalmente.

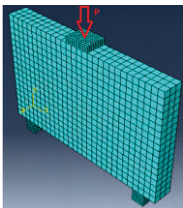
Viga	Pu exp. (kN)	Pu Numérico (kN)	Error relativo (%)	Malla de EF
V1	124	151.1	21.85	
V2	222	214.4	3.50	
V331-1 Y V531-2	178.46	198	11.00	
V464-1 Y V664-2	209.49	212.7	1.53	

Tabla 5 – Valores de carga última experimentales y numéricos.

6 | CONCLUSIONES

Si bien es necesario un mayor número de ensayos, de acuerdo con los resultados experimentales, teóricos y numéricos obtenidos en este estudio se pueden enunciar las siguientes conclusiones:

Las VGA de HRFA tuvieron un comportamiento muy satisfactorio en cuanto a resistencia y ductilidad, en comparación con la viga de hormigón simple sin armadura de corte.

Con el aumento del volumen de fibras, se incrementó la capacidad resistente de las VGA, obteniéndose valores cercanos al alcanzado por el espécimen con armadura de estribos y sin fibras. Sin embargo, y dado que el número de ensayos realizados hasta el momento es pequeño, no se puede pensar aún en un reemplazo parcial y/o total de la armadura tradicional de corte, por HRFA.

Todas las vigas de HRFA tuvieron un tipo de falla dúctil, conservando el monolitismo luego de la falla.

La comparación de los valores de carga última obtenidos experimentalmente con las predicciones resultantes de la aplicación de modelos teóricos, MPT y modificaciones a dicho método, muestra que dichos modelos, en general, dan resultados conservadores y no contemplan el aporte de las fibras de acero.

El análisis de elementos finitos no lineal pudo predecir razonablemente el valor de carga última de todas las VGA de HRFA, con diferencias de entre el 1.53 % y el 22 %.

Se debe destacar que actualmente se está estudiando un modelo no homogéneo que considera por separado el hormigón y las fibras. Además, y para validar dicho modelo, se está llevando a cabo una campaña experimental donde se estudian otros volúmenes de fibras de acero y la combinación con fibras plásticas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del trabajo agradecen a la Universidad Tecnológica Nacional, FRCU, por el apoyo económico brindado para la realización de la campaña experimental y al jefe de laboratorio de Ingeniería Civil de la FRCU, Ingeniero Ricardo Gómez, por su valiosa asistencia y colaboración en la realización de los ensayos.

REFERENCIAS

Abaqus Analysis User's Guide. Volume 3: Materials. (2017). Dassault Systems Simulia Corporation.

ACI 318S-14 (2014). Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural.

ACI 544.1R (1996-2002). Report on Fiber Reinforced Concrete.

- Adrija, D., Geevar, I., Menon, D., Prasad, A. (2017) **Assessment of strut-and-tie methods to estimate ultimate strength of RC deep beams**. Proceedings of Int. Multiconference of Eng. and Comp. Scientists, IMECS 2017, Vol II.
- Ahmad, S., Shah, A., Zaman, M., Salimullah, K. (2011). **Design and evaluation of the shear strength of deep beams by strut and tie model (STM)**. IJST, *Transactions of Civil and Environmental Engineering*, 35, 1-13.
- Arabzadeh, A., Rahaie, A., Aghayari, R. (2009). **A Simple Strut-and-Tie Model for Prediction of Ultimate Shear Strength of RC Deep Beams**. *International Journal of Civil Engineering*, 7(3), 141-153.
- Beshara, F., Mahmoud, A., El-Barbary, A. (2015). **Experimental Behavior of Steel Fiber Reinforced Concrete Deep Beams**. ERJ- Faculty of Engineering at Shoubra, 104-115.
- Chen, H., Yi, W., Hwang, H. (2018). **Cracking strut-and-tie model for shear strength evaluation of reinforced concrete deep beams**. *Engineering Structures*, 163, 396–408.
- Chetchotisak, P., Teerawong, J., Chetchotsak, D., Yindeesuk, S. (2014). **Efficiency Factors for Reinforced Concrete Deep Beams: Part 1– Improved models**. *Advanced Materials Research*, 931-932, 506-513.
- CIRSOC 201-2005. (2005) Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón.
- Gouveia N., Fernandes N., Faria D., Ramos A., Lúcio V. (2014). **SFRC flat slabs punching behaviour – experimental research**. *Composites: Part B*, 63, 161–171.
- Matamoros, A. y Wong, K. (2003). **Design of Simply Supported Deep Beams Using Strut-and-Tie Models**. *ACI Structural Journal*, 100 (6), 704-712.
- Moradi, M. y Reza Esfahani, M. (2017). **Application of the strut-and-tie method for steel fiber reinforced concrete deep beams**. *Construction and Building Materials*, 131, 423–437.
- Naik, U. y Kute, S. (2017). **Use of Steel Fibers as Shear Reinforcement for Deep Beams in Shear: an experimental study**. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 7, 13748-13750.
- Orler, R. y Donini, H. (2008). **Diseño básico de hormigón estructural**. Editorial Científica Universitaria.
- Pabale A. y Mehetre A.J. (2015). **Evaluation of Effectiveness of SFRC Deep Beams in Shear**. *International Journal of Research Studies in Science, Engineering and Technology*, 2, 120-124.
- Ruano, G. (2013). **Refuerzo de elementos estructurales de hormigón con hormigón reforzado con fibras**. Tesis Doctoral. Instituto de Estructuras “Ing. Guzman”, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- Shah, A. y Ribakov, Y. (2011). **Recent trends in steel fibered high-strength concrete**. *Materials and Design*, 32, 4122-4151.

Voo, J. y Fooster, S. (2003). **Variable engagement model for fibre-reinforced concrete in tension.** School of Civil & Environmental Engineering.

Zhang, N. y Tan, K. (2007). **Direct strut-and-tie model for single span and continuous deep beams.** *Engineering Structures*, 29, 2987–3001.

ÍNDICE REMISSIVO

A

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

Análise Estrutural 115, 119, 122, 124, 255

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

Arquitetura Hospitalar 103, 107, 112

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

B

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

BIM 5D 58, 59, 61, 65

C

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

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

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

Contenções 160, 172, 253, 255, 265

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

D

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

Deep Beams 183, 193, 194

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

Disseminação 58, 60, 61, 66

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

E

Elementos de barra biarticulados 29, 44, 317

Ementa 58, 60, 62

Empreendimentos Rurais 46, 47, 49, 55, 56

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

Engenharia Diagnóstica 78, 80

F

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

G

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

Grelhas Hiperestáticas 13, 14, 26

H

Hastes de Paredes Delgadas 14, 27

Hospital Architecture 103

I

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

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

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

Íons Sulfatos 67, 69, 72, 73, 75

L

Látex da seringueira 150, 151, 157

M

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

Mecânica Vetorial 115, 116, 117, 118, 119

Metodologia Empírico-Mecanística 125, 134

Microzonificación, Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo 136

Modelagem 6D 195

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

P

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

Pavimentação 125, 129, 134, 135, 239

Performance Evaluation 103

R

Recalque 1, 3, 4, 263

S

SAP2000 1, 2, 3, 5

SFRC 183, 193

Shear Strength 183, 193

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

T

Tensão de bimomento 13, 24, 26

Tensão de flexão 13, 26, 27

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

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

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3

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

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3

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