

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](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; 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  
Lourival 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>

<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>302</b>
TREINAMENTO DE REDES NEURAS ARTIFICIAIS PARA O DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO	
João Victor Fernandes Masalkas	
Emerson Felipe Felix	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261026">https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261026</a>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>316</b>
UMA FORMULAÇÃO ANALÍTICA PARA DETECÇÃO DE PONTOS LIMITES E DE BIFURCAÇÃO	
William Taylor Matias Silva	
Sebastião Simão da Silva	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261027">https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261027</a>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>333</b>
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	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261028">https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261028</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>338</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>339</b>

## MODELAGEM NUMÉRICA DE PAREDE DIAFRAGMA ATIRANTADA EM ÁREA URBANA

Data de aceite: 01/10/2021

Data de submissão: 28/08/2021

### Isabela Grossi da Silva

Universidade Federal do Paraná, Departamento  
de Construção Civil  
Curitiba - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/4528242094549105>

### Renathielly Fernanda da Silva Brunetta

Universidade Federal do Paraná, Departamento  
de Construção Civil  
Curitiba - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/7806001111513392>

### Leandro Canezin Guideli

Universidade Federal do Paraná, Departamento  
de Construção Civil  
Curitiba - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/0990136426184216>

### Vitor Pereira Faro

Universidade Federal do Paraná, Departamento  
de Construção Civil  
Curitiba - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/4930854532345524>

**RESUMO:** As contenções, tanto as passivas quanto as ativas, são utilizadas para conter determinada massa de solo com o objetivo de promover a mínima perturbação possível no local inserido, de maneira a fornecer segurança. As contenções ativas têm grande uso em áreas urbanas devido à menor deformação resultante na estrutura quando comparado com

as demais. Dentro deste contexto, o trabalho apresenta estudo de uma contenção do tipo parede diafragma atirantada em área urbana. A estrutura possui restrições de deformação devido à existência de tubulação, edificação com fundação direta e rodovia em suas proximidades. O trabalho contempla a modelagem do sistema em um *software* de elementos finitos e no *software* de pórticos planos *Ftool*, considerando a especificidade da metodologia de cálculo de cada um. Foram realizadas comparações com os resultados obtidos por meio desses *softwares*. Como resultado verificou-se que houve semelhante ordem de grandeza nos valores de deslocamento.

**PALAVRAS - CHAVE:** Contenção urbana, *Ftool*, tensão-deformação.

### NUMERICAL MODELING OF ANCHORED DIAPHRAGM WALL IN URBAN AREA

**ABSTRACT:** Retaining walls, both passive and active, are used to contain a certain mass of soil in order to promote the least possible disturbance in the inserted site, in order to provide security. Active containments have great use in urban areas due to the resulting lesser deformation in the structure when compared to others. Within this context, this work presents a study of a retaining type diaphragm wall in an urban area. The structure has deformation restrictions due to the existence of piping, building with direct foundation and highway in its vicinity. The paper contemplates the modeling of the system in a finite element software and in the *Ftool* plane frame modeling software, considering the specificity of

the calculation methodology of each one. Comparisons were made with the results obtained by each software. As a result, it was found that there was a similar order of magnitude in displacement values.

**KEYWORDS:** urban retaining walls, Ftool, stress-deformation.

## 1 | INTRODUÇÃO

Mesmo três séculos após a sistematização do estudo da mecânica dos solos, a interação solo-estrutura ainda não é bem compreendida no meio geotécnico. Quando se trata de obras de contenção em áreas urbanas, esse problema é ainda mais acentuado, pois os deslocamentos considerados satisfatórios para boas práticas de engenharia são consideravelmente reduzidos afim de não interferir nas obras existentes.

Diante da necessidade de estimar os deslocamentos de uma parede diafragma atirantada, este trabalho utiliza duas ferramentas computacionais: um *software* de pórticos planos e um programa de simulação de comportamento tensão *versus* deformação que utiliza o método dos elementos finitos. Busca-se ainda realizar uma análise crítica da legitimidade dos dados de entrada em ferramentas computacionais.

## 2 | CORTINA ATIRANTADA

Cortinas atirantadas são estruturas flexíveis projetadas com um paramento vertical para conter os empuxos de solo, com o intuito de manter a massa de solo estável. O paramento pode ser de diversos materiais, como placas de concreto armado ou pré-moldado, parede diafragma, estacas-pranchas, perfis metálicos, entre outros. Os tirantes são adicionados estrutura quando se torna necessário maior resistência ao conjunto.

A ocorrência de deslocamentos, principalmente por flexão, é necessária para o ideal desempenho de estruturas flexíveis. Essa deformação influencia a distribuição dos empuxos de terra, afetando os momentos fletores e esforços cortante da estrutura. O processo de obtenção das deformações se torna difícil devido à complexidade dos parâmetros relacionados à análise (FUERTES, 2016), bem como dados relacionados ao solo e a concepção de um modelo numérico ou estrutural.

Denomina-se tirante o componente formado por um ou mais elementos resistentes à tração (os mais comuns são os elementos de aço como monobarras, cordoalhas ou fios) que são introduzidos no terreno por meio de uma perfuração prévia. Após isso, realiza-se a injeção de calda de cimento na parte inferior deste elemento, originando o bulbo de ancoragem (SOLOTRAT, 2018).

O tirante é composto pelo comprimento livre, no qual a barra de aço é envolta pela bainha que pode ser individual ou coletiva, uma fina camada de calda de cimento que tem contato com o solo; o comprimento ancorado que é onde se encontra o bulbo de ancoragem, onde o aglutinante é pressurizado e depois é tensionado e por isso, resiste



as tensões de tração e; a cabeça na qual a força de protensão é aplicada e transmite esses esforços para a estrutura. Por serem pré-tensionados os tirantes são considerados elementos ativos.

O uso da parede diafragma em contenções flexíveis permite atingir profundidades abaixo do nível do lençol freático por possibilitar a interceptação da água e se obtém considerável agilidade construtiva com esta opção.

Os empuxos de terra atuam como pressões laterais sobre as estruturas que estão em contato com o solo. E a determinação de sua magnitude é fundamental em obras como muros de arrimo, cortinas em estacas pranchas, cortinas atirantadas, paredes diafragmas, construções em subsolo, encontro de pontes, entre outras. Existem várias formas de se obter essas pressões exercidas pelo solo sobre uma estrutura enterrada, a teoria de Rankine é uma delas. Essa teoria considera as hipóteses de que o solo a montante é uma areia pura seca homogênea em toda a profundidade considerada e a superfície superior é horizontal. Além disso, considera-se que o tardo da contenção é vertical, que não há atrito entre este paramento e o solo e que sobre o solo não há sobrecarga. Entretanto, com modificações nas equações do método, pode-se chegar a condições em que seja possível considerar a sobrecarga, presença de lençol freático, bem como a parcela de resistência ao cisalhamento correspondente à coesão do solo.

### 3 I FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

Segundo Veloso e Lopes (2012) há duas formas principais de representação do solo em análises de interação solo-estrutura: o modelo de molas que é desenvolvido por meio de uma análise estrutural e o meio contínuo, que pode ser elástico ou elastoplástico, o qual requer solução numérica.

#### 3.1 Análise estrutural bidimensional

Segundo Mota, Bernandes e Dell'Avanzi (2016) a modelagem de uma contenção utilizando vigas com apoio elástico consiste em discretizar o solo em um sistema de molas.

Neste modelo assume-se que a relação entre a pressão de contato (P) e o deslocamento ( $\delta$ ) resultante desta pressão é linear e dado por um coeficiente de rigidez (k) conforme mostra a Equação 1. Sendo k dado em kN/m, P em kN e  $\delta$  em metros.

$$k = \frac{P}{\delta} \quad (1)$$

Aplicando a teoria da elasticidade ao solo e considerando que este é um material que pode ser regido pela Lei de Hooke pode-se calcular o coeficiente de rigidez pela Equação 2.

$$k = \frac{E \cdot A}{L} \quad (2)$$

Em que  $E$  é o módulo de Young (kPa);  $A$  é a área entre o elemento de solo e a parede ( $m^2$ ) e;  $L$  (m) é o comprimento do solo definido pela distância entre a contenção o plano de ruptura passiva de Rankine,  $\theta=45^\circ-\phi/2$ .

Existem *softwares* gratuitos que possibilitam cálculos estruturais de elementos, como as vigas com diferentes tipos de apoio e com a presença de vários destes. Um *software* deste tipo é o *Ftool*®, no qual o usuário tem como saída gráficos que possibilitam a retirada das cargas presentes nos elementos, os valores do esforço cortante e do momento fletor (TEIXEIRA, 2015).

## 3.2 Método dos Elementos Finitos

Muitos problemas de engenharia possuem análises complexas devido à geometria e/ou variáveis consideradas. De acordo com Hetland (2015) o Método dos Elementos Finitos (MEF) possibilita dividir uma estrutura complexa em segmentos menores e mais simples, denominados elementos finitos e a solução é resulta do uso das equações algébricas. O MEF também possibilita realizar a modelagem do sistema com a interação solo e analisar a sequência construtiva (MILITITSKY, 2016).

Ressalta-se que com a evolução dos recursos computacionais, o processo de cálculo não se torna um empecilho na resolução do problema. No entanto, a determinação dos coeficientes de reação horizontal, para o caso dos programas de pórticos planos, e das propriedades de deformabilidade do solo, para o programa de elementos finitos, torna-se a dificuldade enfrentada pelos projetistas (VARGAS, 2016).

Fuertes (2016) estudou o dimensionamento de uma contenção flexível de um caso prático com presença de diferentes solos com vários níveis de apoio de diferentes tipos. Assim, utilizou os métodos analíticos, teorias clássicas e métodos numéricos para comparar os resultados obtidos sob diferentes formas de análise. Os resultados obtidos pelo autor apontaram que o cálculo analítico do *Ftool* foi útil como um referencial onde puderam ser aplicadas as teorias clássicas. Além disso, os modelos obtidos pelo autor apresentaram uma razoável aproximação de deslocamentos.

## 4 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Contenção em estudo

A contenção em estudo, com altura de 12 m e extensão de 30 m, possui uma rodovia a cinco metros a montante de sua estrutura com largura de 8 m e logo após se encontra uma edificação de 4 andares em fundação superficial do tipo sapata. Além disso, a 2 m de profundidade do passeio da rodovia passa um duto de abastecimento de água. Com as informações expostas, conclui-se que trata de um problema cotidiano de construções em áreas urbanizadas com grande presença de elementos nos quais devem ser evitados ruídos, vibrações e deslocamento da estrutura e, por isso, adotou-se uma estrutura do tipo

parede diafragma atirantada.

Sondagens à percussão do tipo SPT (*Standard Penetration Test*) foram realizadas no local de implantação da contenção, pelas quais verificou-se o nível freático a 3 m da superfície do terreno. A estratigrafia encontrada foi variada em profundidade com presença de três camadas dominante: um aterro com material variado, uma camada de argila com presença de material granular e uma camada de silte profunda. Os valores médios do  $N_{SPT}$  das camadas foram, respectivamente, de 6, 9 e 16. Os parâmetros necessários para a realização do estudo foram calculados conforme exposto por Joppert (2007) utilizando os valores de  $N_{SPT}$  supracitados.

O perfil estratigráfico do solo, bem como a localização da contenção e dos elementos à montante são expostos na Figura 1.

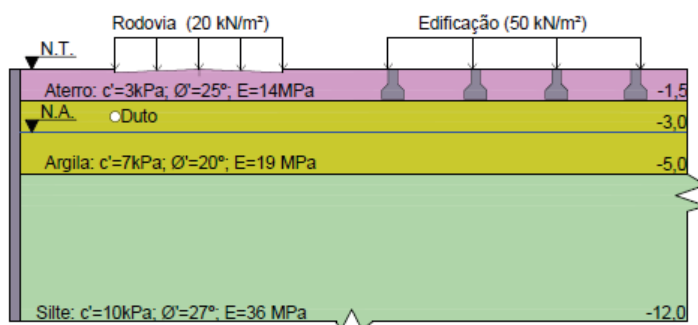


Figura 1. Configuração da área à montante da contenção.

## 4.2 Empuxo do Solo

Para a realização da modelagem em *software* de pórticos planos, é necessário realizar a estimativa das solicitações sofridas pela estrutura de contenção. Estas solicitações a serem inseridas compreendem a ação do solo sobre a estrutura, assim como carregamentos externos e ação da água. Para o cálculo dos empuxos de solo e carregamentos externos (isto é, rodovia e edificação), utilizou-se a teoria de Rankine. Os coeficientes de empuxo ativo foram calculados para cada camada de solo e obtidos por meio das Equações 3 e 4.

$$k_a = \frac{\sigma'_{ha}}{\sigma'_v} \quad (3)$$

$$k_a = \frac{1 - \text{sen}\phi'}{1 + \text{sen}\phi'} - \frac{2c'}{\sigma'_v} \left( \frac{\cos\phi'}{1 + \text{sen}\phi'} \right) \quad (4)$$

Para o carregamento externo causado pela rodovia, devido à proximidade desta com a estrutura de contenção, sua sobrecarga foi distribuída em toda extensão da cortina

atirantada. Já para o caso do carregamento proveniente da edificação, a distância até a contenção é mais elevada. Portanto, para obter de maneira mais realista um carregamento que pode influenciar o comportamento da estrutura, foi utilizada uma estimativa por meio de espraiamento de tensões, cujo procedimento de segue a Equação 5.

$$\sigma_v = \frac{2L}{2L + 2z \operatorname{tg}\alpha} \sigma_0 \quad (5)$$

Em que  $\sigma_v$  (kPa) indica a tensão recebida por um ponto a uma profundidade  $z$  (m) pelo efeito de uma sobrecarga  $\sigma_0$  (kPa) distribuída numa largura  $L$  (m) na superfície do terreno. O ângulo  $\alpha$  é o ângulo de espraiamento, cujo valor depende do solo em questão. Para a estimativa deste trabalho, utilizou-se  $\alpha = 55^\circ$ .

Esta estimativa permitiu determinar que a magnitude de carregamento atuante na cortina é de 17 kN/m<sup>2</sup>. Similarmente, obteve-se o valor de 10 m como a profundidade a partir da qual a estrutura de contenção começaria a receber carregamento do edifício.

Desta maneira, aplicou-se no modelo estrutural o empuxo proveniente da sobrecarga do edifício com base nestes resultados.

### 4.3 Concepção do modelo numérico de elementos finitos

O modelo numérico foi concebido em um *software* que permite simular as etapas construtivas. O modelo constitutivo adotado foi o de Mohr-Coulomb. A malha utilizada no programa é descrita como de média densidade, sendo refinada manualmente na região de ancoragem e próximo a tubulação. Os carregamentos externos inseridos foram do tipo distribuído e estático.

Os tirantes foram simulados pela união de duas partes, o comprimento ancorado e o comprimento livre. O bulbo foi modelado como um corpo envolto em calda de cimento informando a rigidez axial e o comportamento do tipo do material como elástico. No caso do comprimento livre há a entrada dos mesmos parâmetros e, adicionalmente, o valor do espaçamento horizontal entre tirantes. Hipóteses de simulação similares foram utilizadas por Conceição (2015) e Reffatti (2002) mostrando-se satisfatórias.

Em relação a geometria do modelo, a parede diafragma tem espessura de 0,50 m e, para atender aos empuxos existentes foram adicionadas quatro linhas de tirantes, todas com o comprimento livre de 12 m e de ancoragem de 6 m, compostos por barras de 32 mm. A primeira linha de tirantes dista 1,50 m da superfície e os tirantes são espaçados verticalmente entre si com 2,50 m e horizontalmente de 1,50 m como apresentado na Figura 2.

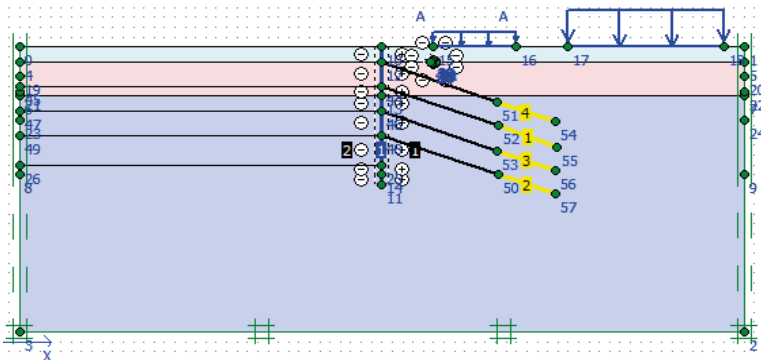


Figura 2. Configuração do modelo numérico.

#### 4.4 Concepção do modelo estrutural

Para criação do modelo estrutural bidimensional, foi utilizado o *software* de análise de pórticos planos *Ftool*, versão 4.00 (FTOOL, 2016). O modelo criado seguiu a mesma geometria da contenção apresentada para o modelo de elementos finitos. Nesta modelagem, a qual se baseou no trabalho de Mota, Bernardes e Dell’Avanzi (2016), tanto os tirantes como o paramento de concreto são considerados como sendo elementos de corpo rígido. As propriedades atribuídas a estes elementos estão apresentadas na Tabela 1.

Elemento	Paramento	Tirante
Material	Concreto	Aço
Módulo de elasticidade (MPa)	31.680	210.000
Seção	0,50 m x 1,50 m	32 mm

Tabela 1. Propriedades dos materiais atribuídas aos elementos da contenção modelada no Ftool

A seção de concreto foi definida como 0,50 m x 1,50 m para representar, respectivamente, a espessura da parede e o espaçamento adotado entre as linhas de tirantes.

No caso dos tirantes, foi ainda atribuído em sua extremidade ancorada a condição de apoio de 2º grau, isto é, apoio que restringe tanto deslocamentos horizontais quanto verticais. Além do mais, o comprimento adotado para os tirantes é equivalente apenas a sua região livre, não incluindo o comprimento ancorado.

Já para o caso da extremidade inferior da ficha, adotou-se como estando apoiada sobre um apoio de 1º grau, permitindo a ocorrência de deslocamentos horizontais, uma vez que uma cortina atirantada é classificada como uma contenção flexível.

A Figura 3 ilustra esquematicamente a contenção construída no *Ftool*. O carregamento distribuído, esquematizado por meio de setas horizontais mostrado na Figura 3, foi aplicado e obtido por meio do cálculo de empuxos, cuja descrição foi realizada anteriormente.

Por fim, o empuxo passivo é representado na Figura 3 através de um conjunto de molas, as quais são igualmente espaçadas e possuem rigidez definida. Para obtenção desta rigidez, utilizou-se a Equação 2, adotando-se molas espaçadas em 0,50 m, com a adoção dos valores de cálculo expressos na Tabela 2.

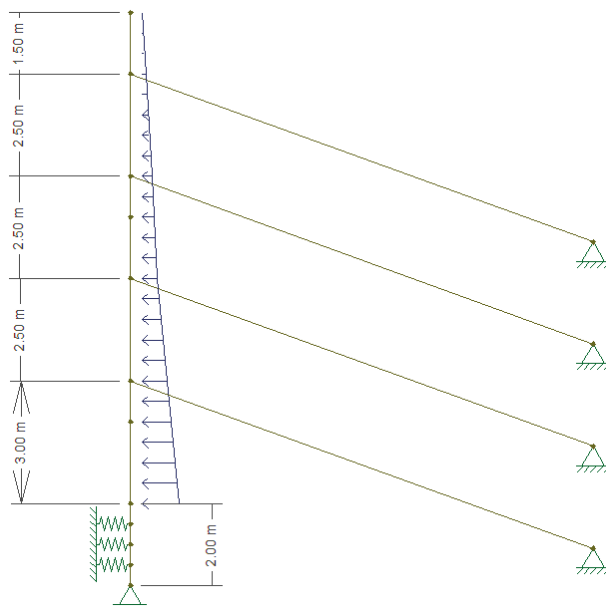


Figura 3. Estrutura modelada no *software* Ftool.

Mola	L (m)	A (m)	k (kN/m)
1	2,40		664
2	1,60	60	1.350
3	0,80		2.700

Tabela 2 – Cálculo do coeficiente de mola para simulação do empuxo passivo

## 5 | RESULTADOS

### 5.1 Deslocamentos horizontais e momentos fletores da parede

Através da Figura 4 observa-se que o deslocamento obtido com o programa *Ftool* seguiu uma linearidade dos valores, partindo de próximo de 0 mm na superfície do terreno natural e chegando a 35 mm no pé da ficha da parede diafragma, onde obteve

seu valor máximo. Já os deslocamentos resultantes da análise com elementos finitos não acompanhou uma tendência, partindo de aproximadamente 32 mm na superfície do terreno natural e chegando a 20 mm no final da contenção. Neste caso, o máximo deslocamento foi também de 35 mm, porém atingiu-se na profundidade de 1,50 m que corresponde a distância média da altura entre o último tirante e o nível do terreno cortado.

A existência de deslocamentos desde o topo da contenção no *software* de elementos finitos pode ser explicado pelo fato de ser possível a região ancorada sofrer deformações, o que não ocorre no *Ftool*, em que a ancoragem é modelada como apoio de segundo gênero (o qual restringe deslocamentos verticais e horizontais).

Verifica-se que o ponto no qual há igualdade de valores de deformação corresponde a profundidade de 0 m, isto é, início da ficha. Este ponto apresentou deslocamento de 30 mm em relação a sua posição indeformada.

Em relação à análise dos momentos fletores resultantes na parede, encontrou-se uma incompatibilidade entre valores fornecidos pelos *software* utilizados. Ao passo que o *Ftool* apresentou valores elevados quando comparado com os valores do *software* de elementos finitos. Fuertes (2016) obteve esse mesmo comportamento em seu estudo, justificando que o *Ftool* não possui um comportamento realista ao não considerar o efeito da ancoragem.

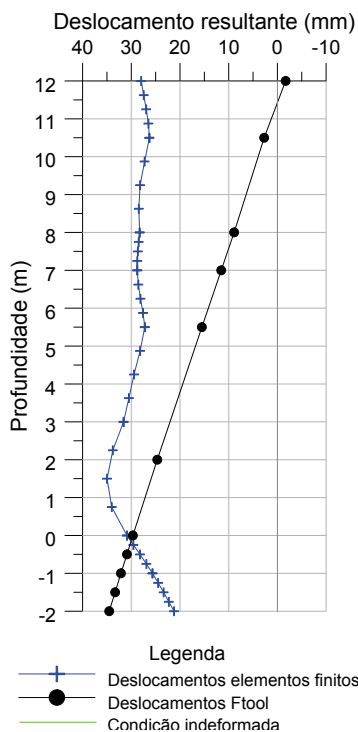


Figura 4. Comparação entre os deslocamentos obtidos pelo Ftool e pelo programa de elementos finitos.

## 5.2 Análise sobre o uso de *softwares* de elementos finitos

O *software* de elementos finitos, por considerar as fases de construção e a análise tensão *versus* deformação do solo, apresenta algumas vantagens em relação ao outro programa utilizado.

A Figura 5 traz uma representação comparativa dos deslocamentos horizontais ocorridos no modelo após a finalização de todas as etapas construtivas. Através da intensidade da cor tem-se noção do deslocamento horizontal e, quanto mais próximo da tonalidade vermelha estiver esta representação, maior foi o deslocamento sofrido nesta região em relação aos demais pontos analisados. O deslocamento horizontal máximo apresentado na Figura 5 foi de 34,97 mm. Este deslocamento horizontal máximo encontra-se entre o nível do terreno a jusante da contenção e o último tirante inserido no terreno, mesmo lugar de máximo deslocamento da parede apresentado na Figura 4. Percebe-se que as duas linhas de tirantes superiores tiveram maior deslocamento quando comparado com as demais linhas, sendo possível um novo arranjo geométrico para diminuir os deslocamentos nesta região. As possibilidades seriam de aumentar o comprimento ancorado ou incrementar a tensão de protensão, o que pode ser menos viável para este caso. A região próxima ao duto de água apresentou um deslocamento horizontal na ordem de 30,36 mm.

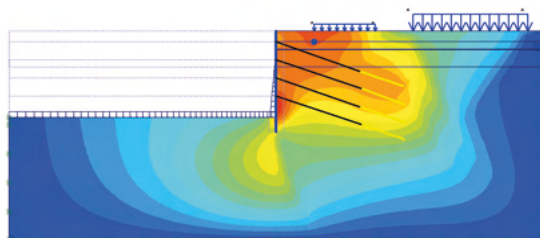


Figura 5. Representação comparativa dos deslocamentos horizontais ocorridos no modelo numérico.

O *software* de elementos finitos se destaca por possibilitar a análise de deformações nas proximidades das obras de engenharia. Por exemplo, como relatado anteriormente, a fundação da rodovia, por estar próxima à parede e à tubulação de água, mostra-se um lugar com grande deslocamento horizontal.

Com o uso do modelo numérico ainda se obtêm possíveis pontos de plastificação do solo, como mostrado na Figura 6. Estes locais são expressos através de pontos vermelhos e quanto maior sua presença, maior a possibilidade de ocorrer plastificação do solo nesta região. A plastificação do solo ocorre após o “*yield*”, ponto a partir do qual o material deixa de ter comportamento elástico. Ao analisar a Figura 6 percebe-se que há uma concentração desses pontos na região dos maiores deslocamentos. Além disso,



verifica-se que as regiões da fundação da rodovia e da edificação também podem sofrer plastificação, bem como próximo a região de ancoramento.

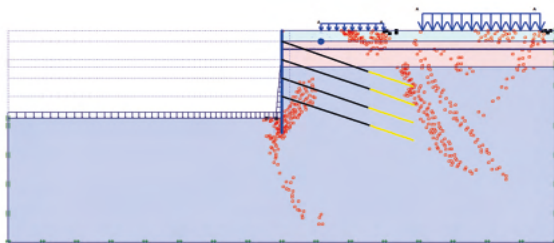


Figura 6. Representação dos possíveis pontos de plastificação existentes no modelo numérico.

A Figura 7 traz a representação do deslocamento vertical na área a montante da contenção. Por esta imagem, verifica-se que o maior recalque foi obtido na região da fundação da edificação, a qual sofreria um recalque máximo de 45 mm, esta região é representada pela cor vermelha. A tonalidade verde apresentada na Figura 7 refere-se a um recalque da ordem de 22 mm, na qual se encontra a parede diafragma. E, a tubulação de água, localizada na cor azul claro, tenderia a sofrer um recalque de 18 mm. Ao prever tais deformações e em caso de incompatibilidade dos deslocamentos aceitáveis pelas construções, o projeto tende a ser modificado para que haja conformidade entre eles.

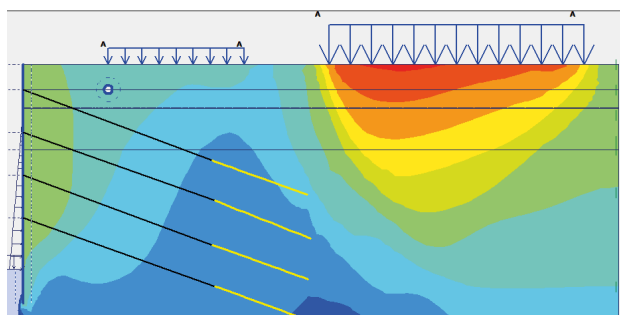


Figura 7. Detalhe da intensidade de deslocamento vertical na região das fundações da rodovia, da edificação e da tubulação.

### 5.3 Comparação entre os *softwares*

Como apresentado anteriormente, foram obtidos comportamentos com certas incompatibilidades. Isso se deu devido a alguns fatores. Primeiramente, em relação aos parâmetros de entrada utilizados pelos *softwares*. Enquanto o programa de elementos finitos emprega a análise de tensão-deformação que necessita dos parâmetros elásticos

do solo, como o módulo de elasticidade, o *Ftool* não os utiliza.

Importante ressaltar que a teoria de Rankine, utilizada para a obtenção dos empuxos, pressupõe que o atrito entre o solo e a parede é nulo. O programa de elementos finitos, por sua vez, possui uma variável referente a interação entre esses materiais. Outro fator que deve ser levado em conta está na forma de representação do solo a jusante da contenção, no *software* de pórticos planos este material é representado por um conjunto de molas com determinada rigidez. Por outro lado, no *software* de elementos finitos este solo é modelado através dos parâmetros de resistência e de elasticidade.

## 6 | CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma análise comparativa de uma estrutura de contenção por meio de dois métodos de modelagem distintos: elementos finitos e pórticos planos. Por meio destas duas metodologias, as quais foram simuladas por uso de *softwares* computacionais, foi possível a estimativa de deslocamentos ocorridos na parede de contenção. Para estes deslocamentos, verificou-se que houve razoável semelhança na ordem de grandeza obtida, apesar de haver uma distribuição discrepante ao longo da altura da cortina. O motivo desta diferença é consequência dos pressupostos adotados por cada um dos métodos: elástico linear, no caso de pórticos planos, e Mohr Coulomb, para elementos finitos.

Além disso, o resultado fornecido pelo método de elementos finitos permite uma maior aproximação com a real situação. Entretanto, o método de pórticos planos, por sua facilidade de implementação e boa aproximação de resultados, pode ser uma ferramenta muito útil, principalmente para a fase de pré-dimensionamento.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná (PPGECC-UFPR), à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (Capes) e à Fundação Araucária por possibilitar tal estudo.

## REFERÊNCIAS

CONCEIÇÃO, C. M. A. **Análise dos métodos para dimensionamento do bulbo de ancoragem de tirantes metálicos em solos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, Brasil, 145 p., 2015.

FUERTES, A.K. **Dimensionamento de uma estrutura de contenção de terras flexível com vários níveis de apoio**. Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia da Construção, Escola Superior de Tecnologia e Gestão Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 131 p., 2016.

HETLAND, J. **Numerical Modelling of a Pile Model Test with Focus on Small-strain Stiffness**. Dissertação de Mestrado, Curso de Civil And Environmental Engineering, Department Of Civil And Transport Engineering, Norwegian University Of Science And Technology, Trondheim, 143 p., 2015.

JOPPERT, I. **Fundações e Contenções de Edifícios: qualidade total na gestão do projeto e execução**. 1.ed. São Paulo, Pini, 2007.

MARTHA, L. F., **Ftool** – Version 4.00.04. Disponível em: <https://www.ftool.com.br>. 2018.

MILITITSKY, J. **Grandes escavações em perímetro urbano**. São Paulo: Oficina de textos, 2016, 144 p.

MOTA, G.M., BERNANDES, G.P. E DELL'AVANZI, E. **Modelling Teid-Back Walls By The Software Ftool**, Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 21, p. 1117-1124, 2016.

REFFATTI, M. E. **Análise numérica de uma escavação de grande porte em Porto Alegre/ RS; Caso de obra**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, Brasil, 124 p., 2002.

SOLOTRAT. **Manual de Serviços Geotécnicos Solotrat**. 6ª ed. São Paulo: 2018. 120 p., 2018.

TEIXEIRA, M. S. **Cálculo estático em fachadas curtain wall**. Dissertação de Mestrado, Curso de Engenharia Mecânica – Produção industrial, Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Leiria, 88 p., 2015.

VARGAS, J.W.S. **Estudo da interação solo-estrutura em cortinas flexíveis com um nível de ancoragem**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Coppe, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 140 p., 2016.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo e fundações superficiais**. 2. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2011. xiii, 225 p. ISBN 9788579750144.

## 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](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)

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA CIVIL 3

-  [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)