

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2020

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2020

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena

Editora pelos autores.



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

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

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves -Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dr. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
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. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Alborno – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior

Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo

Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará

Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco

Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal

Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba

Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão

Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo

Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana

Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí

Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo

Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D451 O desenvolvimento sustentável na engenharia civil 2 /
Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João
Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2020.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-614-0

DOI 10.22533/at.ed.140202511

1. Engenharia civil. 2. Desenvolvimento sustentável. I.
Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Dallamuta, João
(Organizador). III. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos.

APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelos engenheiros nos mais diversos ramos do conhecimento, é de saber ser multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Para isso o mesmo traz temas correlacionados a engenharia civil, apresentando estudos sobre os solos e, bem como de construções e patologias, estando diretamente ligadas ao impacto ambiental causado e ao reaproveitamento dos resíduos da construção.

Destaca-se ainda a abordagem sob meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do estudo aprofundado sob eficiência energética em construções.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DO PROCESSO PRODUTIVO AUTOMATIZADO EM INDÚSTRIA ESPECIALIZADA NA FABRICAÇÃO DE BLOCOS E PISOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO

Andrezzo Julio Dantas Nascimento

Daniel de Jesus Lopes

João Luiz Cardeal Craveiro

Magno Santos Batista

DOI 10.22533/at.ed.1402025111

CAPÍTULO 2..... 14

AGREGADO MIÚDO PROVENIENTE DO RIO DOCE E SUA INFLUÊNCIA NA DURABILIDADE, RESISTÊNCIA E CARBONATAÇÃO DO CONCRETO

Luan Rangel dos Santos

Claudinei Antônio Montebeller

Lucas Soares Milanezi

Adriana Zamprogno

DOI 10.22533/at.ed.1402025112

CAPÍTULO 3..... 30

ANÁLISE DA ACELERAÇÃO DO RECALQUE DE UM ATERRO SOBRE SOLO MOLE

Talita Menegaz

Gisele Marilha Pereira Reginatto

Narayana Saniele Massocco

Rafael Augusto dos Reis Higashi

Thaís Ventura Chibiaqui

DOI 10.22533/at.ed.1402025113

CAPÍTULO 4..... 44

ANÁLISE DE RECALQUES EM ESTACAS ESCAVADAS EQUIPADAS COM O SISTEMA *EXPANDER BODY*

Fernando Feitosa Monteiro

Renato Pinto da Cunha

Carlos Medeiros Silva

Marcos Fábio Porto de Aguiar

DOI 10.22533/at.ed.1402025114

CAPÍTULO 5..... 55

ANÁLISE DE RISCO A ESCORREGAMENTO NA VILA COQUEIRAL REGIÃO NOROESTE DE BELO HORIZONTE

Charline Tarcilia Ferreira dos Santos

Lorrany Magescki Faria

Magno André de Oliveira

Eduarda Moreira Nascimento

DOI 10.22533/at.ed.1402025115

CAPÍTULO 6.....	74
UTILIZAÇÃO DE BARREIRAS VERTICAIS NA REMEDIAÇÃO AMBIENTAL	
Luciana Regina Cajaseiras de Gusmão	
José Fernando Thomé Jucá	
Karla Salvagni Heineck	
DOI 10.22533/at.ed.1402025116	
CAPÍTULO 7.....	87
ESTUDO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO EM ALTAS TEMPERATURAS UTILIZANDO CINZA DA QUEIMA DE MADEIRA	
Marlon Hable	
Olaf Graupmann	
DOI 10.22533/at.ed.1402025117	
CAPÍTULO 8.....	106
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA À COMPRESSÃO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO COM USO DA VELOCIDADE DE PULSO ULTRASSÔNICO	
Kleber Marcelo Braz Carvalho	
José Renato de Castro Pessoa	
DOI 10.22533/at.ed.1402025118	
CAPÍTULO 9.....	121
ANÁLISE TENSÃO-DEFORMAÇÃO POR MEIO DO SOFTWARE PLAXIS 2D EM ESTACA HÉLICE CONTÍNUA MONITORADA	
Arthur Duarte Dias	
Renato Pinto da Cunha	
Moises Antônio da Costa Lemos	
Gabriela de Athayde Duboc Bahia	
DOI 10.22533/at.ed.1402025119	
CAPÍTULO 10.....	133
UMA REVISÃO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE CINZA DE CASCA DE ARROZ NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Alex Gomes Pereira	
Benício de Moraes Lacerda	
Cristiano da Silva Vieira	
Emerson Diniz Viriato	
DOI 10.22533/at.ed.14020251110	
CAPÍTULO 11.....	147
ESTUDO DA ÁREA DE DISPOSIÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL DE RIO VERDE, GO	
Marcel Sousa Marques	
Adriana Antunes Lopes	
Camila Ribeiro Rodrigues	
Katianne Lopes de Paiva	
Marcelo Mendes Pedroza	

Danielma Silva Maia
Enicléia Nunes de Sousa Barros
Daniel Rodrigues Campos
DOI 10.22533/at.ed.14020251111

CAPÍTULO 12..... 153

EVOLUÇÃO DA DIRETIVA EUROPEIA RELATIVA AO DESEMPENHO ENERGÉTICO DOS EDIFÍCIOS, O SUCESSO DE APLICAÇÃO PORTUGUÊS E OS DESAFIOS DO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM EM EDIFICAÇÕES

Jaime Francisco de Sousa Resende
Andrea Lucia Teixeira Charbel
Teresa Cristina Nogueira Bessa Assunção

DOI 10.22533/at.ed.14020251112

CAPÍTULO 13..... 164

DESEMPENHO COMERCIAL DE EDIFÍCIOS CORPORATIVOS COM SELO AMBIENTAL NA REGIÃO DO PORTO MARAVILHA – RJ

Gustavo Ezequiel Andrés

DOI 10.22533/at.ed.14020251113

SOBRE OS ORGANIZADORES 178

ÍNDICE REMISSIVO..... 179

CAPÍTULO 4

ANÁLISE DE RECALQUES EM ESTACAS ESCAVADAS EQUIPADAS COM O SISTEMA *EXPANDER BODY*

Data de aceite: 16/11/2020

Data de submissão: 04/09/2020

Fernando Feitosa Monteiro

Universidade de Brasília
Fortaleza – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/3204932197766528>

Renato Pinto da Cunha

Universidade de Brasília
Brasília – Distrito Federal
<http://lattes.cnpq.br/9013693430617718>

Carlos Medeiros Silva

EMBRE Engenharia e Fundações Ltda
Brasília – Distrito Federal
<http://lattes.cnpq.br/1222667089273854>

Marcos Fábio Porto de Aguiar

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Ceará
Fortaleza – Ceará
<http://lattes.cnpq.br/5139177251248997>

RESUMO: O presente trabalho tem o objetivo de analisar estimativas de recalque para duas estacas escavadas equipadas com a tecnologia *Expander Body* assente no solo do Distrito Federal. A tecnologia *Expander Body* consiste na instalação de um tubo de aço dobrado que é expandido a partir da injeção de calda de cimento pressurizada por um tubo instalado na ponta da estaca. Diversos ensaios de campo (SPT, CPT e PMT) foram empregados para estimar os recalques que foram comparados com os valores

medidos em provas de carga. Os resultados tendem a indicar que os ensaios de PMT fornecem as melhores estimativas de recalque.

PALAVRAS-CHAVE: *Expander Body*, Recalque, Estaca escavada, Prova de carga.

SETTLEMENT ANALYSIS OF BORED PILES EQUIPPED WITH EXPANDER BODY SYSTEM

ABSTRACT: This work aims to analyze settlement estimates for two bored piles equipped with *Expander Body* technology seated on the Federal District soil. The *Expander Body* technology consists in the installation of a bent steel tube that is expanded from pressurized cement grout injection installed at the pile tip. Several field tests (SPT, CPT and PMT) were used to estimate pile settlement that were compared with measured values in pile load tests. The results tend to indicate that the PMT tests provide the best settlement estimates.

KEYWORDS: *Expander Body*, Settlement, Bored pile, Pile load test.

1 | INTRODUÇÃO

A estimativa do recalque do topo de uma estaca é de grande relevância para a análise de qualquer projeto de fundações, sendo o mesmo associado a carga de trabalho, buscando atender ao estado limite de serviço da estrutura. Na literatura, diversos métodos de previsão de recalques são apresentados (Butterfield e Banerjee, 1971; Banerjee e Davis, 1978;

Poulos e Davis, 1980). O método de Poulos e Davis (1980) é um dos métodos mais difundidos em análise de comportamento de estacas. O desenvolvimento desta metodologia de previsão de recalques pode ser avaliado com mais detalhes em Poulos (1979).

Albuquerque (2001) descreve que alguns dos métodos de previsão de recalques consideram as estacas instaladas em um meio elástico ou elastoplástico, ocupando um espaço semi-infinito; outros admitem um mecanismo simples de transferência de carga, através de funções de transferência, definidas de alguma forma. A maioria dos métodos existentes têm como base a teoria da elasticidade, como se o solo tivesse predominância da fase elástica, enquanto o que de fato ocorre é justamente o contrário, havendo a predominância do comportamento elastoplástico (Carneiro, 1999). De modo geral, as metodologias de previsão de recalque necessitam de parâmetros obtidos em ensaios de laboratório ou em ensaios de campo que não são de uso corrente a engenharia de fundações brasileira. Nos últimos anos, verifica-se um grande avanço na disponibilidade de ferramentas com grande precisão, como por exemplo o método dos elementos finitos (MEF) para a estimativa de recalques (Monteiro *et al.*, 2018). Contudo, a qualidade da análise destes métodos está diretamente relacionada com a representatividade dos parâmetros utilizados nas mesmas. Reincidindo na mesma deficiência de metodologias analíticas mais sofisticadas para estimativa de recalque: a obtenção de parâmetros a partir de ensaios de laboratório como ensaios triaxiais e a necessidade de execução de ensaios de campo pouco usuais no meio técnico.

Poulos (1994) relata que uma escolha apropriada dos valores de módulos de deformabilidade pode desempenhar, no problema da determinação de recalques de uma estaca, um papel mais importante do que o método em si. Para determinação dos módulos de deformabilidade, vários procedimentos podem ser utilizados baseados em ensaios de campo ou laboratório, correlações empíricas ou retroanálise de provas de carga. Segundo Rocha Filho *et al.*, (1998), a retroanálise é a forma mais adequada para determinação dos módulos de deformabilidade dos solos, estes são comparados com os obtidos através de vários tipos de ensaios de campo e laboratório, com o objetivo de indicar quais os mais adequados para determinação das características de compressibilidade do solo visando ao projeto. Para argila porosa de Brasília, destacam-se os trabalhos de Cunha e Perez (1998), Cunha *et al.* (2001) e Stewart *et al.* (2011).

O presente trabalho tem o objetivo de analisar a estimativa de recalques a partir de diversos ensaios de campo (SPT, CPT e PMT) para estacas escavadas equipadas com o sistema Expand Body assentes na argila porosa de Brasília.

2 | SISTEMA EXPANDER BODY

O sistema *Expander Body* (EB) é produzido a partir de chapas de aço dobradas, sanfonadas, em forma de um corpo cilíndrico, sendo estes instalados na ponta da estaca ou dos tirantes no solo. O conceito *Expander Body* (EB) foi desenvolvido pelo engenheiro sueco Bo Skogberg durante a década de 80 na Suécia e aperfeiçoado na Bolívia durante a última década (Terceros Herrera e Terceros Arce, 2016). A tecnologia *Expander Body* consiste de tubos de aço dobrado com uma seção transversal cilíndrica. Por injeção de calda de cimento, o EB pode ser inflado, gerando um balão de aço de alta resistência (Figura 1).



Figura 1. *Expander Body*.

No caso de estacas escavadas, o EB é instalado em conjunto com a armadura da estaca até que o EB atinja a cota de projeto na base da estaca. Após à instalação, o EB é expandido por injeção de calda de cimento através de uma tubulação de pequeno diâmetro, criando um bulbo hermético de alta resistência. Durante esta etapa, valores de pressão e volume são registrados manualmente ou automaticamente, obtendo dados que guardam grande semelhança com o ensaio pressiométrico. A calda de cimento utilizada na injeção dos EB possui uma relação água-cimento que varia entre 0,4 e 0,5.

A expansão do EB acarreta em um acréscimo do diâmetro da estaca (principalmente em sua base), bem como a redução do comprimento do EB. O encurtamento do EB desenvolve uma zona não comprimida abaixo da ponta. A segunda fase de injeção da calda de cimento é convencionalmente executada através de um tubo de menor diâmetro que se encontra dentro do tubo utilizado durante a primeira fase de injeção do EB (passando pelo EB). Esta segunda injeção de calda de cimento também consolida ou adensa o solo na ponta da estaca, aprimorando a sua capacidade de carga e a sua rigidez. Consequentemente, reduzindo os deslocamentos necessários para se atingir a capacidade de carga de projeto da estaca. O sistema é disponibilizado em diferentes dimensões em função dos requisitos de projeto. A Tabela 1 apresenta as diferentes geometrias dos EB.

Os modelos de EB apresentam comprimentos entre 1 e 2 m, largura de 0,12 m (dobrado).

Modelo	L_i (m)	L_f (m)	ϕ_{EB} (m)	A_p (m ²)	A_L (m ²)	V (m ³)
EB 310	1,0	0,91	0,3	0,07	0,86	0,07
EB 410	1,0	0,86	0,4	0,13	1,08	0,12
EB 610	1,0	0,76	0,6	0,28	1,43	0,21
EB 612	1,2	0,96	0,6	0,28	1,83	0,27
EB 615	1,5	1,26	0,6	0,28	2,38	0,36
EB 815	1,5	1,26	0,6	0,50	3,17	0,63
EB 820	2,0	1,76	0,8	0,50	4,42	0,88

Onde: L_i é comprimento do EB antes da expansão; L_f é o comprimento do EB após a expansão; ϕ_{EB} é o diâmetro efetivo do EB após a expansão; A_p é área da base do EB após a expansão; A_L é a área lateral do EB após a expansão; V é o volume do EB após a expansão.

Tabela 1. Modelos de EB (Silva *et al.* 2018).

3 | ESTUDO DE CASO

O antigo Campo Experimental de Fundações e Ensaio de Campo do Programa de PósGraduação em Geotecnia da Universidade de Brasília, situa-se no Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte – Brasília – DF. A posição geográfica é determinada pelas coordenadas 15°45'56" de latitude sul e 47°52'20" de longitude oeste (Figura 2), em uma área de aproximadamente 1000 m². As estacas mencionadas neste estudo, estão localizadas em um anexo do antigo Campo Experimental de Fundações e Ensaio de Campo localizado a aproximadamente 20 m de distância do campo experimental supracitado. Detalhes relativos ao campo experimental podem ser encontrados em Cunha (2011).

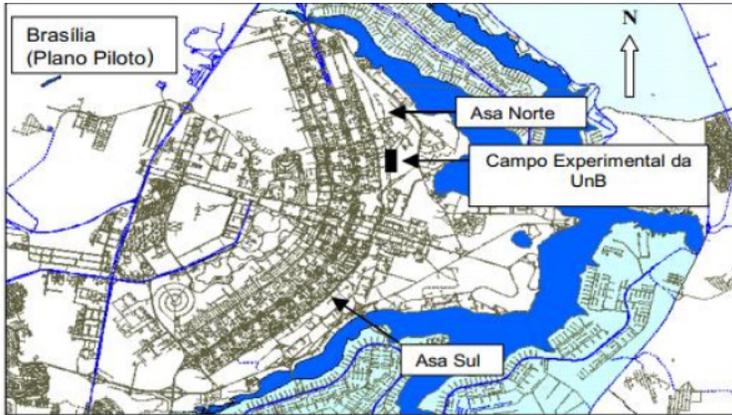


Figura 2. Localização do antigo Campo Experimental da UnB.

A Figura 3 apresenta um perfil simplificado da estratigrafia do antigo campo experimental da UnB. O subsolo é caracterizado por uma camada laterítica superficial, zona de transição e um saprólito formado pela rocha nativa da região. Adicionalmente, exibe-se os resultados médios de índice de resistência a penetração (NSPT), resistência de ponta (q_c) e resistência lateral (f_s) para cada profundidade do campo experimental. A Figura 4 apresenta as curvas pressiométricas obtidas a partir do ensaio PMT realizados no campo experimental. As curvas foram corrigidas (correção de volume e pressão) e ajustadas de acordo com a metodologia proposta por Fontaine *et al.*, (2005). Dessa forma, as curvas são apresentadas a partir do P_o (pressão inicial do tramo pseudo-elástico), removendo assim o trecho de recompressão.

Profundidade (m)	Estatigrafia do solo	N_{SPT}	q_c (MPa)	f_s (MPa)
0.0		2	0.66	0.02
		2	0.47	0.02
	Areia Siltosa	3	0.65	0.04
	Solo laterítico	3	0.86	0.05
		6	1.13	0.07
6.0		5	1.46	0.09
		10	2.42	0.14
8.0	Silte Arenoso	22	3.69	0.21
		23	3.89	0.21
	Camada de transição	28	4.54	0.23
10.0		25	4.64	0.23
	Argila Siltosa	25	4.64	0.23
12.0	Saprólito	33	4.40	0.23

Figura 3. Perfil geotécnico do campo experimental.

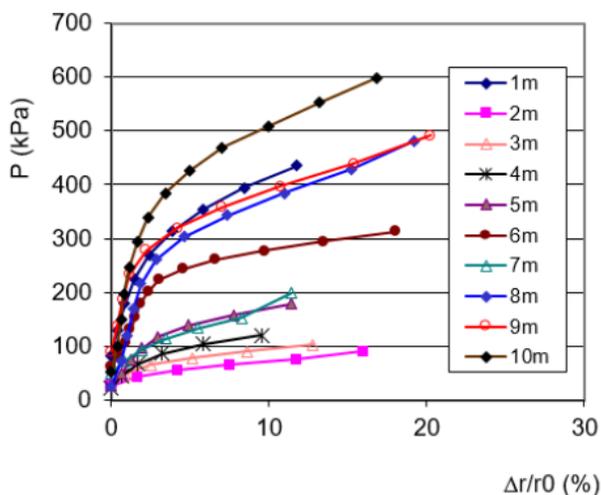


Figura 4. Ensaios pressiométricos corrigidos.

Para a realização da pesquisa foram executadas duas estacas testes com diâmetro de 0,30 m e comprimentos variando de 8,8 e 10 m equipadas com a tecnologia *Expander Body*. O modelo EB 612 ($\varnothing_{EB} = 0,6$ m) foi empregado nesta pesquisa. A armadura longitudinal das estacas constituiu-se de 6 \varnothing 16,0 mm, com 3 m de comprimento e estribos de \varnothing 6,4 mm, a cada 20 cm (Aço CA-50). Além disso, uma monobarra DW 47 mm foi anexada ao centro do EB, bem como tubulações para a injeção do EB (1ª injeção) e para a injeção de fundo do EB (2ª injeção).

O processo de injeção foi realizado mediante uma bomba de argamassa de cimento com capacidade de 8 MPa (Figura 5), onde esta recebia a argamassa de um misturador que também foi utilizado para medir a quantidade de volume que era injetado. A bomba de argamassa enviava a mistura para um cavalete de pressão onde era possível controlar a pressão por meio da utilização de manômetro com capacidade máxima de 30 MPa. O volume de injeção foi controlado por meio de medidor de vazão instalado no misturador de alta turbulência. A segunda etapa de injeção foi realizada após 48 h da execução da primeira etapa de injeção. A Figura 6 apresenta as curvas pressão x volume obtidas a partir da expansão do EB.



Figura 5. Sistema de bomba para injeção dos EB.

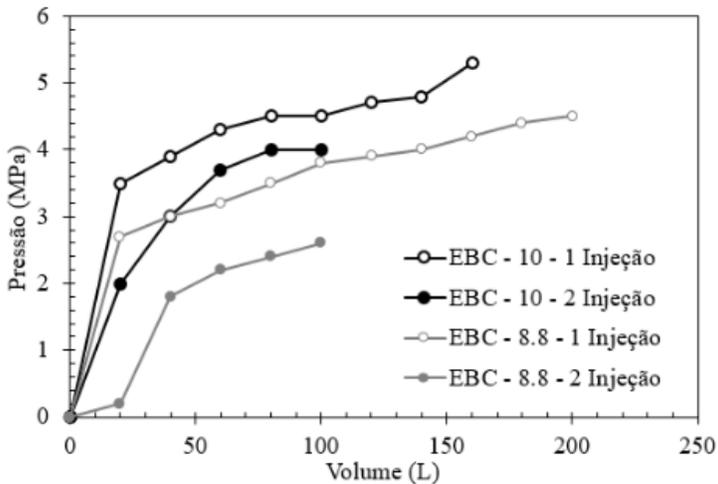


Figura 6. Curvas pressão x volume dos EB.

As estacas teste foram submetidas a provas de carga lenta, de acordo com a ABNT (2006). O carregamento das estacas ensaiadas foi realizado em 10 estágios de carga correspondente, cada um, a 20% da carga de trabalho das mesmas. Nas provas de carga realizadas, observou-se que o deslocamento das estacas variou entre 52,2 e 66,5 mm, atingindo recalques próximos ao limite do deflectômetro (70 mm). Outra característica digna de menção refere-se aos deslocamentos desenvolvidos durante os ensaios, onde é possível observar que os mesmos, em todos os casos, são superiores a 10% do diâmetro do fuste das estacas. A Figura 7 exhibe as curvas carga – deslocamento das estacas EBC 8,8 e EBC – 10. Observa-se que a estaca EBC – 10 foi carregada até 1200 kN, ao passo que a EBC – 8 foi sujeita a um carregamento de 1000 kN. O sistema *Expander Body* confere um

ganho significativo em termos de capacidade de carga e de deslocamento, como observado por Silva *et al.* (2018).

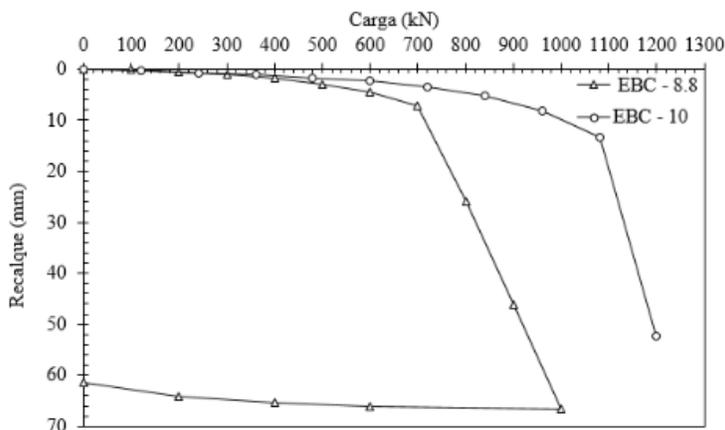


Figura 7. Curvas carga-deslocamento.

O método de Poulos e Davis (1980) foi empregado para realizar a estimativa de recalques. Diferentes módulos de deformabilidade foram selecionados para cada tipo de ensaio de campo (SPT, CPT, PMT, Curvas pressão x volume de injeção do EB). Robertson e Campanella (1988) sugerem valores de $E = 6$ entre 10 qc. Um valor de 8 qc foi adotado neste trabalho. Poulos (1998) relaciona valores de N_{SPT} a valores de módulo de deformabilidade, sendo a relação descrita por $E = 3 N_{SPT}$. Após as correções padronizadas, os dados do PMT foram plotados e a curva pressão x deformação circunferencial foi retroanalizada por meio da metodologia de expansão de cavidade proposta por Fontaine *et al.*, (2005).

A partir das curvas pressão x volume de injeção do EB, determinou-se valores de módulo de deformabilidade para as estacas equipadas com EB (Sadud *et al.* 2014). A previsão do módulo de deformabilidade de cada camada é realizada a partir do valor médio para cada tipo de ensaio, de acordo com a Tabela 2. Os valores obtidos em campo variaram com a profundidade, assim, valores médios ponderados de acordo com a equação a seguir foram adotados:

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n E_i \cdot H_i}{\sum_{i=1}^n H_i}$$

Onde:

E_i = módulo de deformabilidade da i -ésima camada;

H_i = espessura da i -ésima camada.

Ensaio	Referência	Formulação
SPT	Poulos (1998)	$E = 3 N_{SPT}$
CPT	Robertson e Campanella (1988)	$E = 8 q_c$
PMT	Fontaine <i>et al.</i> , (2005)	Retroanálise
EB	Sadud <i>et al.</i> (2014)	$E = 2 (1+\nu) \cdot (v_0 + v_m) \cdot (\Delta p / \Delta v)$

Tabela 2. Correlações utilizadas para avaliação de módulos.

Onde:

ν = coeficiente de Poisson;

v_0 = volume inicial da curva pressão x volume;

v_m = volume médio da curva pressão x volume;

Δp = variação de pressão;

Δv = variação do volume.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O valor da carga limite foi extrapolado pelo método de Van der Veen (1953). Valores de carga limite de 1020 e 1220 kN foram obtidos para as estacas EBC – 8,8 e EBC – 10, respectivamente. Os valores previstos foram então comparados com os valores medidos. A razão dos valores previstos sobre os valores medidos são apresentados na Tabela 3. A carga utilizada nas análises foi a metade da obtida em ensaio de prova de carga ($Q_{ult}/2$), ou seja, a carga de trabalho.

Estaca	$Q_{ult/2}$ (kN)	δ_{med} (mm)	$\delta_{calc} / \delta_{med}$			
			SPT	CPT	PMT	EB
EBC - 8,8	510	2,9	1	1,9	1,4	3
EBC - 10	610	2,2	1,5	3	2	7,4

Tabela 3. Recalques medidos e previstos.

O modelo elástico empregado por Poulos e Davis (1980) permitiu uma comparação direta das previsões de recalque das estacas analisadas. Na Tabela 3, pode-se observar que os valores do módulo de deformabilidade obtido a partir do SPT e do PMT fornecem as melhores estimativas dos recalques de estacas, seguidos pelo CPT. As razões de recalque ($\delta_{calc} / \delta_{med}$) a partir das curvas de pressão x volume de injeção do EB obtidos a partir da equação apresentada por Sadud *et al.*, (2014) superestimam consideravelmente os recalques das estacas, pois os módulos de deformabilidade estimados são significativamente inferiores aos obtidos do SPT, CPT e PMT. Esta análise comprova a importância da estimativa de um

módulo de deformabilidade “adequado” para se obter resultados satisfatórios quanto à estimativa de deslocamentos de estacas.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo das análises realizadas, verifica-se que modelos elásticos simples podem ser rotineiramente empregados na prática para a estimativa de recalque de estacas escavadas equipadas com a inovadora tecnologia *Expander Body* em solos laterizados, colapsíveis e não saturados. Embora os dados analisados sejam limitados, os resultados tendem a indicar que os ensaios de SPT e PMT fornecem as melhores razões de recalque ($\delta_{calc}/\delta_{med}$). Vale ressaltar ainda a importância da estimativa de um módulo de deformabilidade “adequado” para se obter resultados satisfatórios quanto à estimativa de deslocamentos de estacas.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é fruto de parceria entre várias entidades nacionais e internacionais em que cada uma teve um papel específico, seja este econômico, científico ou tecnológico. Agradecemos a Universidade de Brasília, Sistemas DYWIDAG, EMBRE Engenharia e INCOTEC Ingeniería.

REFERÊNCIAS

Albuquerque, P.J.R. (2001). **Estacas escavadas, hélice contínua e ômega: estudo do comportamento à compressão em solo residual de diabásio, através de provas de cargas instrumentadas em profundidade**. Tese de Doutorado em Engenharia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 263p.

Banerjee, P.D., Davis, T.G. (1978). The behavior of axially and laterally single piles embedded in nonhomogeneous soils. **Geotechnique**, 28, v. 3, pp. 309-326.

Butterfield, R., Banerjee, P.K. (1971). The elastic analysis of compressible piles and pile groups. **Geotechnique**, 21, v. 1, pp. 43-60.

Carneiro, B.J.I. (1999). **Comportamento de tubulões a céu aberto, instrumentadas, em solo não saturado, colapsível**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 322p.

Cunha R.P., Perez, E.N.P. (1998). **Backanalyses of Elastic Parameters from Piles Executed in a Tropical Porous Clay**. *3rd International Geotechnical Seminar Deep Foundations on Bored and Auger Piles*, Ghent, Bélgica, v. 1, pp. 377-383.

Cunha, R.P., Pereira, J.H.F., Soares, J.M., Mota, N.M.B., Poulos, H.G. (2001). **Backanalyses of Field Loading Tests on Deep Foundations in a Tropical Clay**, *XV International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, ISSMGE, Istanbul, Turquia, v.2, pp. 869-872.

Cunha, R. P. (2011). Acquired knowledge on the behavior of deep foundations vertically and horizontally loaded in the soil of Brasília. **Soils and Rocks**, v. 34(3), pp. 177-194.

Fontaine, E., Cunha, R.P., David, C. (2005) **A simplified analytical manner to obtain soil parameters from Ménard pressuremeter tests on unsaturated soils**. *50 Years of Pressuremeters International Symposium – ISP5*, Paris, v. 1, pp. 289-295.

Monteiro, F.M., Moura, A.S., Aguiar, M.F.P., Cunha, R.P., Matos, Y.M.P. (2018). **Avaliação do Método de Van Der Veen (1953) para estimativa das cargas de ruptura em estacas raiz da cidade de Fortaleza**. *XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Geotecnia e Desenvolvimento Urbano*, v. 2, p. 22-28.

Poulos, H.G., DAVIS, E.H. (1980). **Pile Foundation Analysis and Design**. New York, John Wiley & Sons, 397p.

Poulos, H.G. (1979). Settlement of single piles in nonhomogeneous soil. **Journal of Geotechnical Engineering Division**, ASCE 105, v. 5, pp. 627-641.

Poulos, H.G. (1994). An approximate numerical analysis of pile-raft interaction. **Int. Journal for Num. & Anal. Meth. in Geomechanics**, v. 18, p. 73-92.

Poulos, H.G. (1998). **The pile-enhanced raft – An economical foundation system**. *Anais do XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, Brasília, v. 5, p. 27-43.

Rocha Filho, P., Romanel, C., Alcantara, I.M. (1998). **Estimativa de Módulos de Elasticidade de Solos através da Retroanálise de Provas de Carga em Estaca**. *XI Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, Brasília, DF, v.1, p. 1567- 1574.

Robertson P.K., Campanella, R.G. (1988). **Guidelines for Geotechnical Design Using CPT and CPTU Data**, report FHWA, 340 p.

Sadud, O. A. R., Pinto, F., Terceros Herrera, M. A. (2014). **Comportamiento a carga axial de pilotes con sistema de expansión y desplazamiento total**. *Congreso UPADI, UPADI*, Santa Cruz de la Sierra, Bolívia, pp. 1-31.

Silva, C.M., Terceros H.M.A., Terceros M., Esposito, C., Fernández, D.H., Cunha, R.P. (2018). **Uso da Tecnologia Expander Body em estacas solicitadas a tração e a compressão assentes em solo tropical do Brasil**. *XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, Geotecnia e Desenvolvimento Urbano*, v. 3, 16-28 p.

Stewart, W.P., Cunha, R.P., Mota, N.M.B. (2011). Settlement of Floating Bored Piles in Brasília Porous Clay. **Soils and Rocks**, São Paulo, v. 34(2), pp. 153-159.

Terceros Herrera, M.A., Terceros Arce, M. (2016). **Recent Advances In The Expander Body Technology**. *XVIII Brazilian Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, v. 2, p 31-38.

Van Der Veen, C. (1953). **The Bearing Capacity of a Pile**. *3rd International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Zurich, v.2, pp. 84-90.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adensamento 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 95, 110, 115, 119, 126
Agregado 14, 15, 19, 21, 27, 28, 90, 91, 92, 93, 94, 102, 103, 104, 106, 139, 140, 146, 148
Argilas 30, 36, 39, 40, 42, 60
Aterro sanitário 90, 104, 147, 148
Automação 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 13

B

Barreiras verticais 74, 76, 85, 86
Bentonita 74, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86
Blocos 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 56, 60, 61, 64, 66, 67, 68, 70, 123, 124, 137

C

Carbonatação 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 29
Carga 5, 9, 17, 36, 39, 44, 45, 46, 50, 51, 52, 54, 88, 121, 122, 123, 126, 128, 129, 130, 131
Casca de arroz 88, 104, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 144, 145, 146
Cinzas 93, 134, 137, 138, 140, 143
Compressão 14, 15, 18, 19, 22, 25, 27, 28, 34, 35, 53, 54, 83, 87, 88, 89, 90, 94, 97, 98, 102, 103, 104, 106, 107, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 125, 139
Concreto 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 28, 29, 78, 79, 87, 88, 89, 90, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 123, 125, 127, 128, 131, 134, 137, 138, 139, 140, 144, 146
Construção civil 2, 5, 7, 12, 14, 16, 19, 29, 90, 102, 104, 120, 133, 134, 135, 140, 142, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 171

D

Diretiva Europeia 153, 154
Drenos 30, 36, 37, 38, 41, 42

E

Eficiência energética 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163
Ensaio 13, 14, 17, 18, 19, 22, 25, 26, 27, 29, 32, 43, 44, 45, 47, 49, 50, 53, 89, 97,

106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 126, 131, 139
Estaca 44, 45, 46, 50, 52, 54, 121, 122, 123, 125, 127, 128, 129, 131
Etiquetagem 153, 154, 158, 159, 160, 161, 162, 163
Expand Body 44, 45, 46, 49, 50, 53, 54

F

Fogo 87, 88, 89, 97, 98, 100, 103

G

Geológica 55, 59

Geotécnica 31, 54, 55, 58, 64, 71, 78, 125, 126

H

Heurístico 55, 57

M

Madeira 19, 20, 87, 91, 93, 134

N

Numérica 32, 121, 122, 124, 126

P

Patologia 14, 18, 29, 119

Pisos 1, 2

Plaxis 2D 121, 122, 124, 127, 130, 131, 132

Pulso ultrassônico 106, 107, 108, 109, 111, 115, 117, 118

R

Recalque 30, 31, 32, 34, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 52, 53, 122, 123, 129, 130, 131

Remediação 74, 75, 76, 77, 84

Resíduos 65, 66, 70, 87, 89, 90, 91, 102, 133, 134, 138, 139, 147, 148, 149, 150, 151, 152

Resistência 14, 15, 16, 18, 19, 22, 25, 27, 28, 30, 31, 33, 34, 39, 41, 46, 48, 74, 76, 78, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 106, 107, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 123, 125, 139

Rio Doce 14, 15, 18, 19, 21, 22, 23, 26, 27, 28

Risco 7, 10, 14, 55, 56, 57, 58, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 73, 80, 88, 96, 97, 151, 168

S

Segurança 1, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 88, 107, 122

Simulação 97, 121, 124, 126, 128

U

Urbel 55, 56, 57, 58, 67, 70, 71

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

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

O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL 2

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