

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)



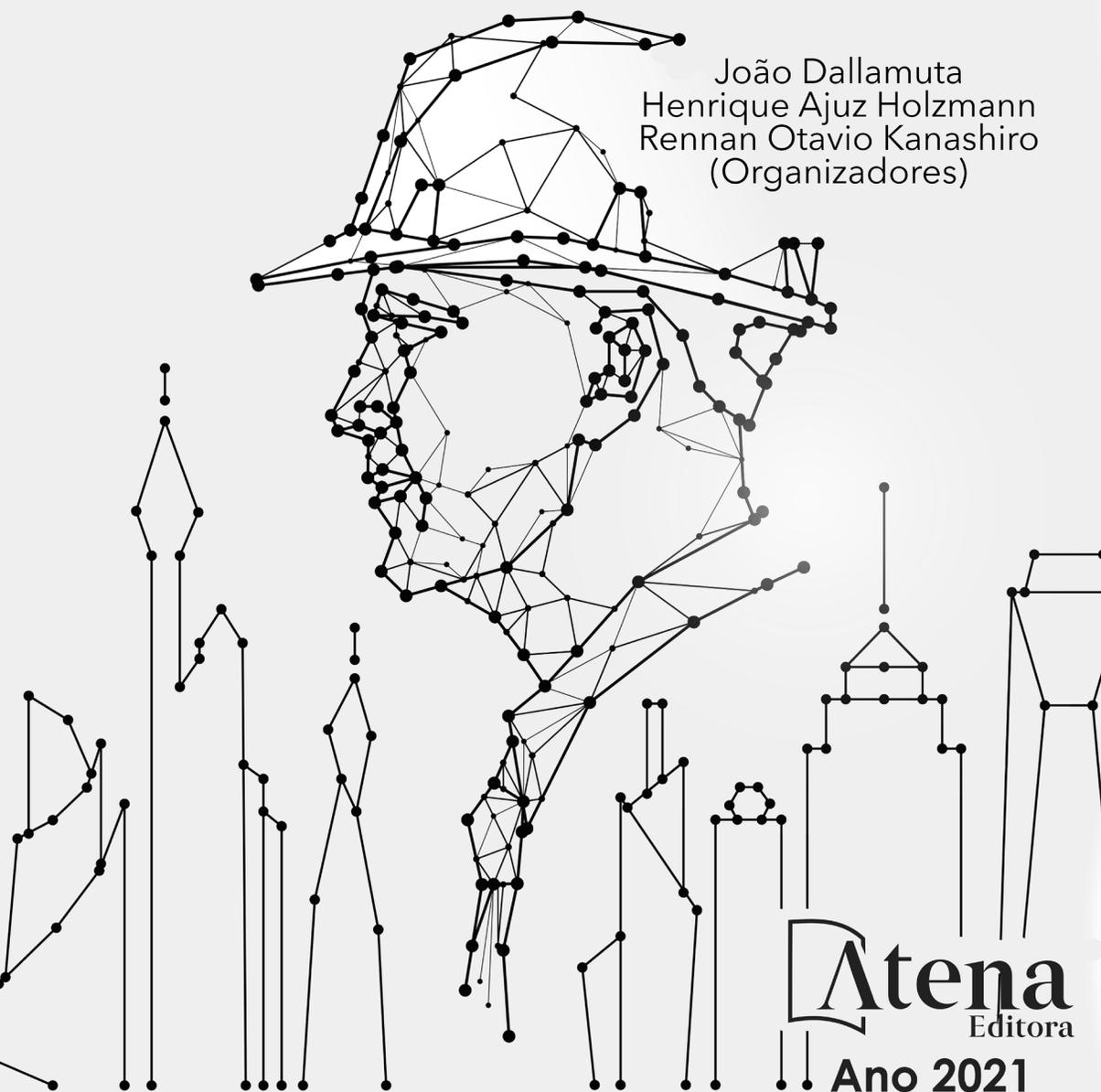
Atena
Editora

Ano 2021

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento

João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

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

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

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

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

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

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
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. Elói Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco
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. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
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. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
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
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª 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
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Profª Drª 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
Profª Drª 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
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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 Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí
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
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,
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 Miraniide 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. 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
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Profª Drª Andrezza 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. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª 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. Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA
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 Fenomenología & Subjetividade/UFPR
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
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
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
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

Engenharias: da genialidade à profissão e seu desenvolvimento

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadores: João Dallamuta
Henrique Ajuz Holzmann
Rennan Otavio Kanashiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharias: da genialidade à profissão e seu desenvolvimento / Organizadores João Dallamuta, Henrique Ajuz Holzmann, Rennan Otavio Kanashiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-071-8
DOI 10.22533/at.ed.718211205

1. Engenharia. I. Dallamuta, João (Organizador). II. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). III. Kanashiro, Rennan Otavio (Organizador). IV. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

Neste livro optamos por uma abordagem multidisciplinar por acreditarmos que esta é a realidade da pesquisa em nossos dias.

A realidade é que não se consegue mais compartimentar áreas do conhecimento dentro de fronteiras rígidas, com a mesma facilidade do passado recente. Se isto é um desafio para trabalhos de natureza mais burocrática como métricas de produtividade e indexação de pesquisa, para os profissionais modernos está mescla é bem-vinda, porque os desafios da multidisciplinariedade estão presentes na indústria e começam a ecoar no ambiente mais ortodoxo da academia.

Aos pesquisadores, editores e aos leitores para quem, em última análise todo o trabalho é realizado, agradecemos imensamente pela oportunidade de organizar tal obra.

Boa leitura!

João Dallamuta

Henrique Ajuz Holzmann

Rennan Otavio Kanashiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANALYSIS OF ELEVATOR HINGE MOMENT IN AN UNMANNED AERIAL VEHICLE DESIGNED FOR SAE AERODESIGN COMPETITION USING CFD SIMULATION

Bruno Santos Junqueira
Daniel Coelho de Oliveira
Turan Dias Oliveira
Vinícius Carneiro Rios Machado

DOI 10.22533/at.ed.7182112051

CAPÍTULO 2..... 10

ANÁLISE DE ESTABILIDADE DE UM AEROMODELO ATRAVÉS DO SOFTWARE XFLR5

Marcos Paulo Azevedo
Igor Felice Souza Mosena
Renato de Sousa Maximiano
Erika Peterson Gonçalves

DOI 10.22533/at.ed.7182112052

CAPÍTULO 3..... 18

IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS ATRIBUTOS PARA O PROJETO DE UMA REDE CICLOVIÁRIA

Taiany Richard Pitilin
Luciana Mação Bernal
Otavio Henrique da Silva
Suely da Penha Sanches

DOI 10.22533/at.ed.7182112053

CAPÍTULO 4..... 32

ANÁLISE DE INFRAESTRUTURA FERROVIÁRIA UTILIZANDO AS FERRAMENTAS DE ECOEFICIÊNCIA

Filipe Batista Ribeiro
Bruno Guida Gouveia
Filipe Almeida Corrêa do Nascimento
Marcelino Aurélio Vieira da Silva
Antônio Carlos Rodrigues Guimarães
Priscila Celebrini de Oliveira Campos

DOI 10.22533/at.ed.7182112054

CAPÍTULO 5..... 49

DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE PASSAGEM EM JORNADA de SERVIÇO DE MAQUINISTAS

Marina Donato
Caio Almeida Arêas Reis
Paulo Roberto Borges
Mayara Souza Gomes
Débora Dávila Cruz Santos

Ana Flávia Moraes de Souza

DOI 10.22533/at.ed.7182112055

CAPÍTULO 6..... 63

PROJETO DE UM SISTEMA AUTÔNOMO PURO CC DE BAIXO CUSTO UTILIZANDO ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Eliamare Alves da Silva

Danilo Medeiros de Almeida Cardins

Lizandra Vitória Gonçalves dos Santos

Kelvonn Henrique Matos de Oliveira Xavier

Jalberth Fernandes de Araújo

DOI 10.22533/at.ed.7182112056

CAPÍTULO 7..... 75

APLICABILIDADE DE GEOSSINTÉTICOS EM OBRAS DE ENGENHARIA

Marcus Gabriel Souza Delfino

Juliângelo Kayo Sangi de Oliveira

Gabriela Callegario Santolin

DOI 10.22533/at.ed.7182112057

CAPÍTULO 8..... 87

ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO PLÁSTICO COM O USO DO RESÍDUO DE GESSO ACARTONADO DA INDÚSTRIA DE DRYWALL PARA APLICAÇÃO EM PAVIMENTAÇÃO

Lourena Ferreira Uchôa

Lilian Medeiros Gondim

DOI 10.22533/at.ed.7182112058

CAPÍTULO 9..... 102

POTENCIAL DA APLICAÇÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ALTERNATIVAS E SUSTENTABILIDADE

Aline Viancelli

Antônio Cristiano Lara Sampaio

Christian Antônio dos Santos

Daniel Celestino Fornari Bocchese

Denilson Lorenzatto

Helton Araujo Couto Carneiro

Luiz Fernando Broetto

Patrícia Aparecida Zini

Paula Roberta Silveira Málaga

Robison Ranieri Martins

Thiago Demczuk

William Michelin

DOI 10.22533/at.ed.7182112059

CAPÍTULO 10..... 109

THE PILOTIS AS SOCIOSPATIAL INTEGRATOR: THE URBAN CAMPUS OF THE CATHOLIC UNIVERSITY OF PERNAMBUCO

Andreyra Raphaella Sena Cordeiro de Lima

Maria de Lourdes da Cunha Nóbrega

Robson Canuto da Silva

DOI 10.22533/at.ed.71821120510

CAPÍTULO 11..... 124

DESAFIOS DO MUNICÍPIO DE SÃO DESIDÉRIO PARA PROMOÇÃO DO DIREITO AO SANEAMENTO BÁSICO SOB A ÓTICA DA POLÍTICA PÚBLICA MUNICIPAL

Amanda dos Santos Carteado Silva

Luiz Roberto Santos Moraes

DOI 10.22533/at.ed.71821120511

CAPÍTULO 12..... 132

DEGRADAÇÃO DE FACHADAS COM REVESTIMENTO CERÂMICO EM BRASÍLIA: ESTUDO DE CASO

Lukas Augusto Moreira

Nathaly Sarasty Narváez

Vanessa Nupán Narváez

DOI 10.22533/at.ed.71821120512

CAPÍTULO 13..... 151

EFEITO DE VARIÁVEIS-CHAVE DA MISTURA SOLO-CIMENTO NA DOSAGEM FÍSICO-QUÍMICA E COMPORTAMENTO MECÂNICO PARA BASE DE PAVIMENTOS

José Wilson dos Santos Ferreira

Diego Manchini Milani

Michéle Dal Toé Casagrande

Raquel Souza Teixeira

DOI 10.22533/at.ed.71821120513

CAPÍTULO 14..... 165

SERENS: DISCUTINDO O PRESENTE PARA TRAÇAR O FUTURO

Rosângela de Araújo Santos

Teresinha de Quadros Guilherme dos Santos

Jarbas Cordeiro Sampaio

Ernando Ferreira

Elisa Cristina de Barros Casaes

Aline Rita Pereira Hohenfeld

Eleilson Santos Silva

DOI 10.22533/at.ed.71821120514

CAPÍTULO 15..... 175

DIRT AND ABSORPTION TESTS IN PROTECTIVES FILMES APPLIED TO PHOTOVOLTAIC PANELS: A SYSTEMATIC REVIEW

Luciano Teixeira dos Santos

Alex Álisson Bandeira Santos

Joyce Batista Azevedo

Paulo Roberto Freitas Neves

DOI 10.22533/at.ed.71821120515

CAPÍTULO 16.....	183
DISPOSITIVOS PARA DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE CRISTAIS DE GELO EM SOLUÇÃO DE GELO LÍQUIDO	
Ricardo Santos Nascimento	
Rennan Yie Yassu Nishimori	
Vivaldo Silveira Junior	
DOI 10.22533/at.ed.71821120516	
CAPÍTULO 17.....	196
VISÃO GERAL DOS INIBIDORES BIFUNCIONAIS A BASE DE TERRAS RARAS E SUAS APLICAÇÕES	
Célia Aparecida Lino dos Santos	
Fabiana Yamasaki Vieira Martins	
Rafael Augusto Camargo	
Zehbour Panossian	
DOI 10.22533/at.ed.71821120517	
CAPÍTULO 18.....	211
VARIABILIDADE GENÉTICA EM PROGÊNIES DE <i>Parkia platycephala</i> Benth	
Dandara Yasmim Bonfim de Oliveira Silva	
Séfora Gil Gomes de Farias	
Lucas Ferraz dos Santos	
Romário Bezerra e Silva	
Moema Barbosa de Sousa	
Graziele Nunes Lopes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.71821120518	
CAPÍTULO 19.....	224
LAPSUS TRÓPICUS E A DIALÉTICA DO ANTROPOCENO	
Karen Aune	
DOI 10.22533/at.ed.71821120519	
CAPÍTULO 20.....	240
TESTES DE CISALHAMENTO SIMPLES PARA ANÁLISE DA INTERFACE ADESIVA CONCRETO/ PRF ATRAVÉS DE ESTUDOS NUMÉRICOS	
Maicon de Freitas Arcine	
Nara Villanova Menon	
DOI 10.22533/at.ed.71821120520	
SOBRE OS ORGANIZADORES	259
ÍNDICE REMISSIVO.....	260

EFEITO DE VARIÁVEIS-CHAVE DA MISTURA SOLO-CIMENTO NA DOSAGEM FÍSICO-QUÍMICA E COMPORTAMENTO MECÂNICO PARA BASE DE PAVIMENTOS

Data de aceite: 03/05/2021

Data de submissão: 01/02/2021

José Wilson dos Santos Ferreira

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental,
Universidade de Brasília – UnB
Brasília – Distrito Federal
<https://orcid.org/0000-0002-9675-9884>

Diego Manchini Milani

Departamento de Construção Civil,
Universidade Estadual de Londrina – UEL
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/3139263671542084>

Michéle Dal Toé Casagrande

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental,
Universidade de Brasília – UnB
Brasília – Distrito Federal
<https://orcid.org/0000-0002-4740-0891>

Raquel Souza Teixeira

Departamento de Construção Civil,
Universidade Estadual de Londrina – UEL
Londrina – Paraná
<https://orcid.org/0000-0002-8082-5808>

RESUMO: O processo tradicional de dosagem de misturas solo-cimento requer a moldagem de inúmeros corpos de prova, demandando elevada quantidade de material natural. Assim, o presente estudo visa avaliar o efeito do tipo e teor de cimento, tipo de solo e composição da mistura na previsão do teor de cimento obtido pela metodologia de dosagem físico-química

na etapa preliminar de seleção dos materiais e comparar com o comportamento mecânico das misturas, para emprego em base de pavimento. Utilizando os cimentos CP II e CP V, solos argilo-siltoso, areno-argiloso, areno-siltoso, além de resíduo da construção civil, foram realizados ensaios de dosagem físico-química, compactação e resistência à compressão simples (RCS). A metodologia demonstrou que o solo predominantemente argiloso requer maior teor de cimento, em comparação aos solos arenosos. A mesma tendência foi observada para o aumento da fração de RCC na mistura. A repetição do ensaio de dosagem com ajuste no procedimento experimental resultou em resposta mais realística entre a etapa preliminar e o comportamento mecânico.

PALAVRAS-CHAVE: Solo-cimento. Dosagem físico-química. Resistência à Compressão Simples. Resíduo de Construção Civil.

SOIL-CEMENT MIXTURE KEY VARIABLES EFFECT ON PHYSICAL-CHEMICAL DOSING AND MECHANICAL BEHAVIOR FOR PAVEMENT BASE

ABSTRACT: The traditional process of dosing soil-cement mixtures requires the molding of numerous specimens, requiring a high amount of natural material. Thus, the present study aims to evaluate the effect of the type and content of cement, type of soil and composition of the mixture in the forecast of the cement content obtained by the physical-chemical dosing methodology in the preliminary stage of materials selection and to compare with the mechanical behavior of mixtures, for use in pavement base.

Using Type I and Type III Portland cements, silty clay, clay sand, silty sand soils, in addition to civil construction waste, physical-chemical dosing, compaction and unconfined compression strength (UCS) tests were performed. The methodology demonstrated that a predominantly clayey soil requires a higher cement content, compared to sandy soils. Increasing the residue fraction resulted in the same trend. Repeating the test with adjustment in the experimental procedure promoted a more realistic response among the preliminary step and mechanical behavior.

KEYWORDS: Soil-cement. Physical-chemical dosing. Unconfined Compression Strength. Civil Construction Waste.

1 | INTRODUÇÃO

Alterar as propriedades do solo local por meio de técnicas de estabilização se apresenta como solução técnica e socioambiental, minimizando os efeitos de perturbação ambiental, redução do custo com transportes e diminuição das emissões de gases poluentes. Empregada no Brasil desde 1939, a técnica de estabilização química com adição de cimento, se dosada adequadamente, promove melhorias no comportamento mecânico do solo, representado por ganhos de resistência, estabilidade volumétrica, diminuição de permeabilidade e compressibilidade, com consequente aumento da durabilidade (Consoli *et al.*, 2007; Cancian *et al.*, 2017; Ferreira, 2019).

Ainda assim, o estudo de misturas solo-cimento para aplicação em camada de pavimento ocorre mediante a moldagem de inúmeros corpos de prova tanto na etapa de dosagem e construção das curvas de compactação quanto nas investigações laboratoriais de comportamento mecânico, demandando elevado volume de material natural (Khan *et al.*, 2006; Kutanaei; Choobbasti, 207; Mandal *et al.*, 2018).

Para auxiliar na seleção preliminar de materiais e simplificar o procedimento de dosagem de cimento, adveio o atual método de dosagem físico-químico proposto pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2019), baseado na hidratação do cimento e interação elétrica entre o agente e as partículas de argila, ocasionando mudanças físico-químicas rápidas no sistema e variações volumétricas (Oliveira; Motta, 2013; Almeida, 2016). Assim, o presente estudo visa avaliar o efeito das variáveis-chave tipo e teor de cimento, tipo de solo e composição da mistura na metodologia de dosagem físico-química e comparar sua previsão de teor de cimento inicial para seleção com a resistência à compressão simples das misturas, além de propor ajuste experimental, de maneira a explorar a metodologia para diferentes condições experimentais e averiguar suas potencialidades e limitações.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

O agregado reciclado utilizado na presente pesquisa foi adquirido em empresa especializada, localizada em Londrina/Paraná, com granulometria inferior a 4,8 mm, proveniente de elementos de concreto, argamassas e afins. Já os solos foram coletados em três localidades distintas do estado do Paraná, região Sul do Brasil. A escolha de coleta de material em Londrina, Tuneiras do Oeste e Mandaguaçu teve como finalidade analisar solos originários de diferentes substratos rochosos.

Na Figura 1 está retratado a granulometria dos três solos (Figura 1a) e mistura solo-RCC (Figura 1b). Observa-se que o solo de Londrina foi o único a apresentar argila como principal fração granulométrica, sendo classificado como argilo-siltoso (ARG). Os solos de Tuneiras do Oeste e Mandaguaçu apresentam elevado percentual de areia, embora difiram nas frações de argila e silte, resultando nas classificações areno-argiloso (ARE1) e areno-siltoso (ARE2), respectivamente.

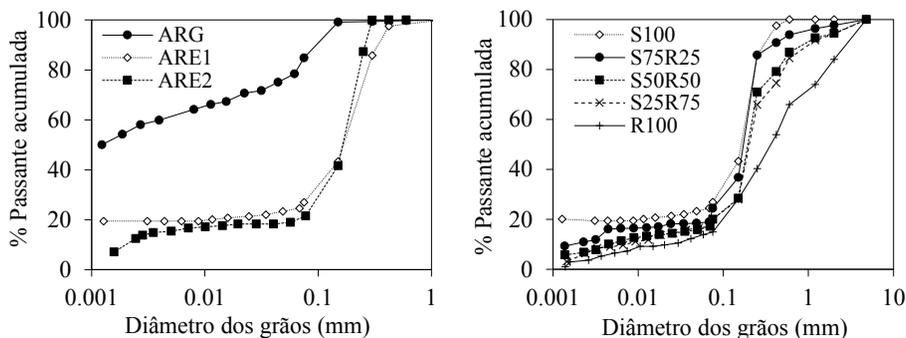


Figura 1: Curvas granulométricas: (a) solos; (b) solo ARE1-RCC.

Gonçalves *et al.* (2018) realizaram estudo sobre a composição química dos três solos, sendo constatado pelos autores que os principais constituintes são o silício, alumínio e ferro, ainda que em proporções diferentes. O solo argiloso apresenta o ferro como elemento majoritário em sua composição, ao passo que os solos arenosos apresentam maiores percentuais do elemento silício. A elevada fração de cálcio apresentada pelo RCC está vinculada a procedência do material, originado do beneficiamento de concreto e argamassas.

Segundo a caracterização física dos materiais (Tabela 1), o solo argiloso (ARG) apresenta a maior densidade real dos grãos entre os solos, a qual é atribuída ao elevado percentual de ferro em sua composição. Por serem constituídos predominantemente por areia, os solos de Tuneiras do Oeste (ARE1) e Mandaguaçu (ARE2) apresentam massa

específica dos sólidos semelhante à do quartzo – 2,65 g/cm³, principal componente da areia.

Material/Solo	Caracterização Física				Plasticidade
	ρ_s (g/cm ³)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
RCC	2,45	-	-	-	-
ARG	3,03	51	38	13	Média plasticidade
ARE1	2,89	20	13	7	Baixa plasticidade
ARE2	2,69	31	15	16	Média plasticidade

Tabela 1: Caracterização física dos materiais e plasticidade dos solos.

Em relação a sensibilidade à água, os solos apresentam plasticidade de baixa à média, conforme Limites de Liquidez (LL), de Plasticidade (LP) e Índice de Plasticidade (IP). O resíduo de construção civil apresenta um teor de material pulverulento de 14,93% e absorção de água de 21,5%.

Acerca dos agentes estabilizantes, foram utilizados os cimentos Portland com adição de pozolana (CP II Z-32), de grande disponibilidade na região de estudo, e o cimento de alta resistência inicial (CP V-ARI), devido ao acelerado ganho de resistência em idades iniciais (Consoli et al., 2007; Cancian et al., 2017; Ferreira et al., 2018; Ferreira, 2019). Todos os experimentos foram realizados utilizando água destilada.

2.2 Métodos

A dosagem físico-química foi realizada de acordo com o método de dosagem proposto pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), sendo separadas 20g de solo destorroado a ser colocado em provetas de 250 ml, assim como quantidades de cimento (Figura 2a), calculadas em relação a porcentagem do agente por massa seca de solo, variando entre 1% e 2% (DNIT, 2019). As duas porções foram misturadas à seco (Figura 2b), e adicionado água destilada. Além da proveta de referente (sem adição de cimento), foram adotados os teores de 1 à 12%.

Após 24h de repouso em superfície plana, livre de vibração, a mistura foi agitada durante 30 segundos, aguardando-se o período mínimo de 2h para sedimentação e realização de leitura do volume (Figura 2c). Essa operação foi repetida no decorrer de vários dias, até que se obtivesse em duas leituras consecutivas valores análogos ou decréscimos.

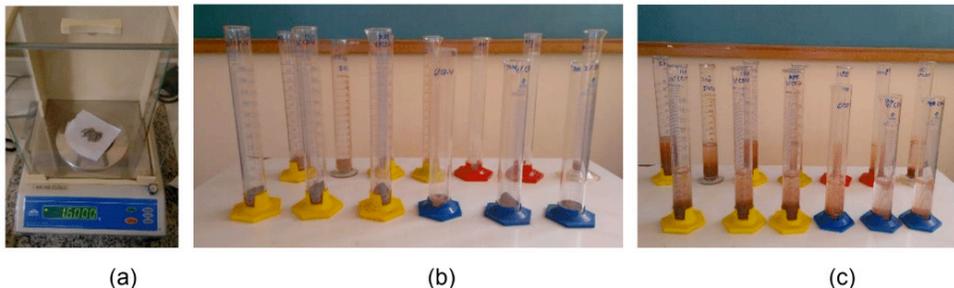


Figura 2: Dosagem físico-química: a) pesagem; b) mistura à seco; c) leituras volumétricas.

Em virtude da presença de partículas em suspensão após períodos de repouso de 2, 4 e 6h durante a execução do Ensaio I para o solo areno-siltoso, as quais poderiam incorrer em imprecisão nas leituras, a dosagem físico-química foi repetida. Para a realização do Ensaio II, após o período mínimo de 2h, foi optado pela realização de movimentos horizontais durante 10 segundos, com o intuito de sedimentar as partículas que novamente se encontravam em suspensão, seguindo todas as outras etapas rigorosamente.

Para avaliação da RCS das misturas solo-cimento, foram adotados os teores de 6, 8 e 10%, em relação a massa seca de solo, em triplicata. Para as misturas com substituição parcial de solo ARE1 por resíduo da construção civil, foram realizadas substituições de 25, 50 e 75%, sendo adotados teores de 8, 10 e 12% de cimento CP V-ARI.

Inicialmente foram obtidos os parâmetros de moldagem, massa seca específica máxima ($\rho_{d\text{ máx}}$) e teor de umidade ótima ($\omega_{\text{ót}}$), com base na construção das curvas de compactação, em duplicata, conforme ABNT (2012a), empregando cilindro Proctor, na energia normal.

Os corpos de prova que atenderam as tolerâncias de grau de compactação (GC) de $100 \pm 2\%$ e variação de umidade ($\Delta\omega$) em torno de 0,5% da umidade ótima, foram armazenados em sacos plásticos e levados a câmara de úmida, à temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar não inferior a 95%. Após o período de cura de 7 dias, os corpos de prova foram rompidos em prensa manual de compressão simples, à taxa média de 1,27 mm/min (ABNT, 2012b).

3 I RESULTADOS

3.1 Parâmetros de Compactação

Os parâmetros de moldagem das misturas, referentes a massa específica seca máxima ($\rho_{d\text{ máx}}$) e teor de umidade ótima ($\omega_{\text{ót}}$), são apresentados na Tabela 2. Vale pontuar que apenas para o solo ARE2 foi utilizado ambos agentes estabilizantes, a fim de avaliar o efeito do tipo de cimento na previsão do teor mínimo requerido.

Cimento	Solo	Teor (%)	ρ_d (g/cm ³)	ω_{ot} (%)
CP II Z-32	ARG	6	1,52	31,5
		10	1,53	30,0
CP II Z-32	ARE1	6	1,84	11,2
		8	1,91	12,4
		10	1,95	13,4
CP II Z-32	ARE2	6	1,88	13,2
		8	1,89	13,5
		10	1,89	13,6
CP V-ARI		6	1,86	13,4
		8	1,88	13,6
		10	1,84	13,7

Tabela 2: Parâmetros de compactação das misturas solo-cimento.

De maneira geral, constata-se que o aumento do teor de cimento resulta na densificação das misturas, em razão da densidade real do cimento ser mais elevada do que a densidade real dos grãos dos solos em estudo. O solo areno-siltoso estabilizado com ambos agentes mostrou baixa sensibilidade da adição de cimento nesse parâmetro, o que está associado ao satisfatório entrosamento dos grãos para o solo compactado sem cimento (Ferreira, 2019).

No caso do teor de umidade ótima, foi confirmada a tendência do aumento de cimento provocar aumento na demanda por água, em decorrência do aumento da superfície específica a ser hidratada, com exceção do solo argiloso.

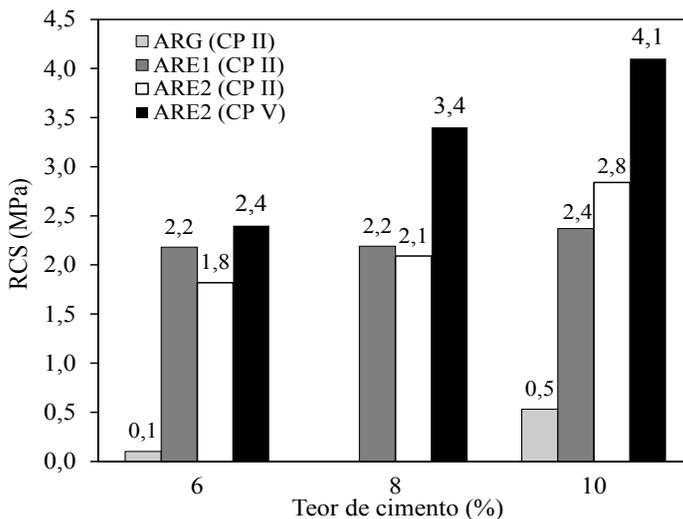
Para as misturas de solo-RCC-cimento CP V (Tabela 3), é possível observar que o aumento da fração de resíduo da construção civil provoca queda na massa específica seca máxima obtida, em função da massa real do RCC ser a menor entre os materiais da mistura. No que concerne o aumento do teor de cimento, ambos parâmetros exibiram baixa variação, indicando que o acréscimo de cimento não produz alterações acentuadas.

Nomenclatura	Solo (%)	RCC (%)	Cimento (%)	ρ_d (g/cm ³)	ω_{ot} (%)
S75R25C8			8	1,90	13,2
S75R25C10	75	25	10	1,92	12,4
S75R25C12			12	1,89	13,0
S50R50C8			8	1,84	14,5
S50R50C10	50	50	10	1,86	14,5
S50R50C12			12	1,86	14,4
S25R75C8			8	1,78	17,0
S25R75C10	25	75	10	1,79	16,8
S25R75C12			12	1,75	17,4

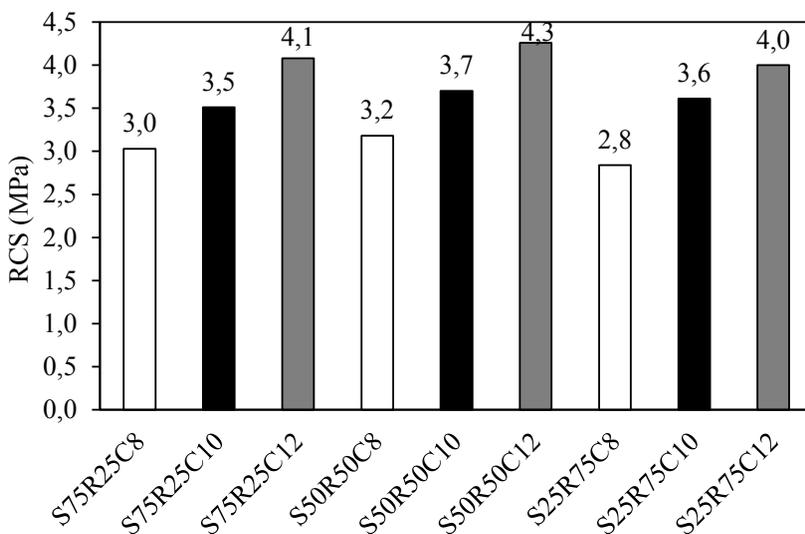
Tabela 3: Parâmetros de compactação das misturas solo-RCC-cimento.

3.2 Resistência à Compressão Simples - RCS

Os resultados de comportamento mecânico das misturas solo-cimento são apresentados na Figura 3, para os diferentes tipos de solo (Fig. 3a) e para as misturas com distintas parcelas de resíduo da construção civil (Fig. 3b). Para todas as misturas avaliadas houve evolução da RCS mediante acréscimo no teor de cimento, tendência corroborada pela literatura (Rocha e Rezende, 2017; Sanbonsuge *et al.*, 2017).



(a)



(b)

Figura 3: RCS das misturas solo-cimento em função: (a) tipo de solo; (b) teor de RCC.

Nota-se que o solo areno-siltoso estabilizado com cimento CP V-ARI apresentou as maiores resistências para todos os percentuais de adição de cimento. Isso se deve a maior parte das reações químicas do cimento ARI ocorrerem nos sete primeiros dias de cura.

Para as misturas com resíduo da construção civil, observa-se que a relação de 50% de solo e 50% de RCC resultou em ganhos superiores de resistência quando comparado as outras frações de RCC (25% e 75%).

3.3 Dosagem Físico- Química

As variações volumétricas obtidas para os solos argilo-siltoso (ARG), areno-argiloso (ARE1) e areno-siltoso (ARE2), em função do teor ensaiado, estão retratadas na Figura 4.

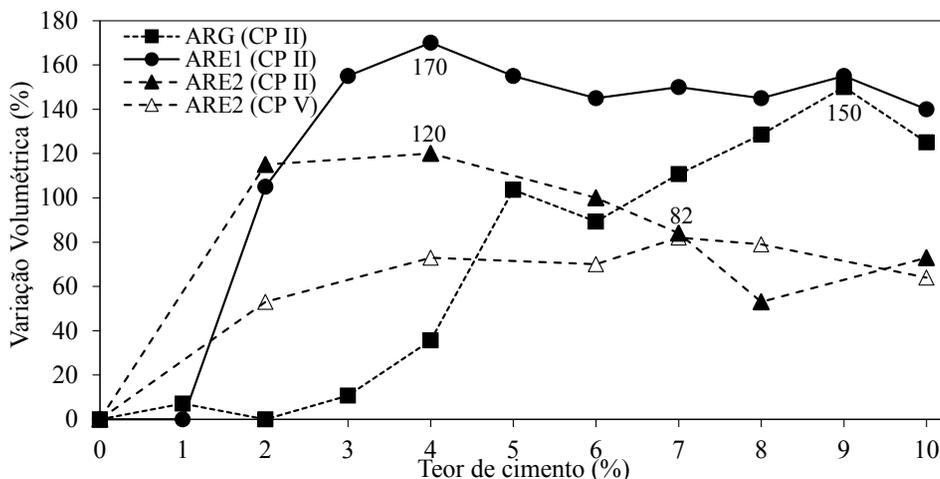


Figura 4. Resultados do ensaio de dosagem físico-química para as misturas solo-cimento.

Para o solo de Londrina (ARG), constata-se que a estabilização ocorre quando o teor de cimento corresponde a 9%, com variação volumétrica de 150%, enquanto que para o solo de Tuneiras do Oeste (ARE1) a variação de 170% foi obtida em 4% de cimento. Em função do tipo de cimento, diferentes variações máximas e teores de cimento foram observados para o solo de Mandaguaçu (ARE2).

Os resultados confirmam a tendência de solos argilosos demandarem maiores teores de cimento para estabilização, em comparação com os solos arenosos. Materiais finos apresentam elevada área superficial específica (ASE), assim, quanto menores as frações granulométricas que compõem o solo, maior será a interação.

De acordo com a granulometria exposta na Figura 1a, o solo de Londrina tende a apresentar maior ASE, seguido pelos solos de Tuneiras do Oeste e Mandaguaçu, influenciando na interação das partículas do material com as reações de hidratação do cimento nas misturas, fato que justifica a maneira que se ordenaram os resultados de mínimos teores de cimento requeridos para estabilização química de cada um deles.

Por outro lado, a estabilização química dos solos arenosos se deu em teores considerados para solos melhorados, cujo intuito é minimizar a sensibilidade do solo à água, sem cimentação ou ganho de resistência acentuado. Com base em estudos desenvolvidos anteriormente por Cancian *et al.* (2017) e Ferreira (2019) para esses solos, foi observado que ambos se estabilizam com teores de adição igual ou acima de 6% de cimento CP II Z-32, diferentemente do cimento CP V-ARI, em que ocorre diminuição nos percentuais requeridos, devido a diferente dosagem entre o calcário e argila durante a produção do clínquer, assim como moagem mais fina do cimento, de maneira que a reação com a água resulte em ganhos de resistência acelerados.

Na Figura 5 são apresentados os resultados obtidos para a dosagem físico-química das misturas com substituição parcial do solo por resíduo da construção civil.

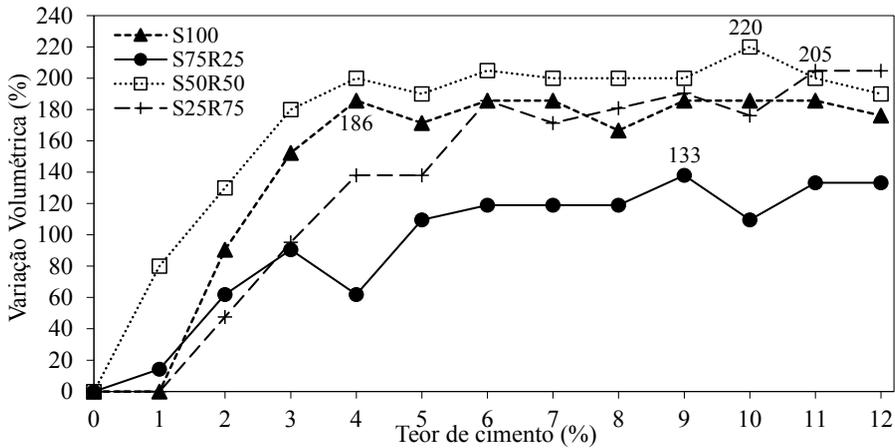


Figura 5. Resultados da dosagem físico-química para misturas solo-cimento-RCC.

É possível notar que a presença e aumento da quantidade de agregado reciclado produz aumento da variação volumétrica. No que diz respeito aos pontos de máxima variação volumétrica, para o solo areno-argiloso com cimento, a metodologia prevê que a estabilização química ocorra com 4%, mesmo teor requerido para o solo ao ser estabilizado com cimento CP II Z-32. Para as misturas com resíduo, esse percentual variou entre 9% e 11%.

Conforme discutido anteriormente, foram realizados dois ensaios de dosagem físico-química para cada um dos estabilizantes, em decorrência da constatação de partículas em suspensão no decorrer do ensaio I. Como é possível averiguar na Figura 6, a realização de movimentos rotacionais durante o ensaio II, para promover o assentamento do solo em suspensão, resultou em respostas diferentes de expansão.

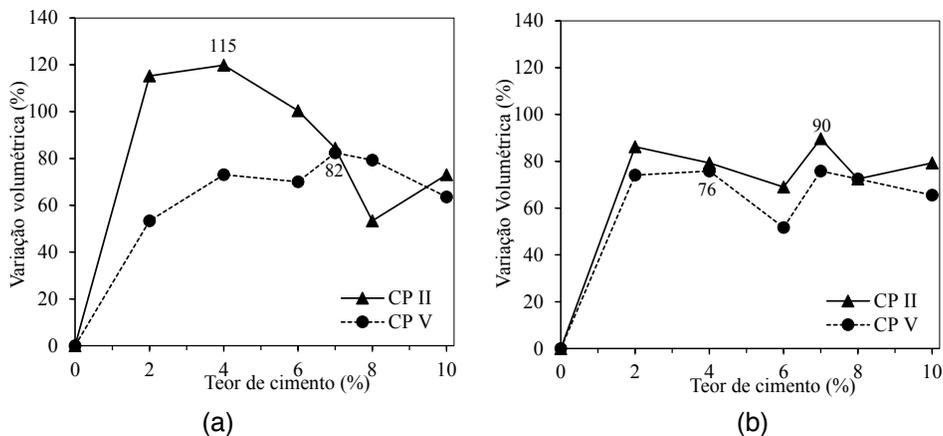


Figura 6. Influência do tipo de cimento na dosagem físico-química: (a) ensaio I; (b) ensaio II.

Considerando o ponto de máxima variação volumétrica, correspondente ao teor mínimo de cimento necessário para a estabilização físico-química completa do solo, no ensaio I (Figura 6a) as misturas com cimento CP II e CP V expandiram até atingirem o máximo em 4 e 7 %, relativas a expansões de 120 e 82 %, respectivamente. No caso do ensaio II (Figura 6b), as variações volumétricas máximas de 90 e 76 % foram obtidas com teores de 7 e 4 % de cimento CP II e CP V. Embora dois pontos tenham apresentado expansão de 76 %, foi considerado o menor teor que satisfaz o requisito de variação volumétrica.

4 | DISCUSSÃO

4.1 Efeito do tipo de solo

Em função das distintas granulometrias apresentadas pelos solos, foi confirmado a tendência do solo argiloso (ARG) demandar maior quantidade de cimento para a estabilização química, em comparação com os solos arenosos (ARE1 e ARE2). No caráter auxiliar de seleção preliminar de materiais, a metodologia de dosagem indicou, para ambos solos arenosos, estabilização química com teor de 4% de cimento CP II, convencionalmente adotado para melhoramento de solo.

Analisando esses teores previstos com o comportamento mecânico, observa-se que, não obstante a esses teores de cimento satisfazerem quimicamente o solo, eles não apresentam resistência à compressão simples mínima satisfatória para emprego de misturas solo-cimento em camada de base de pavimentos de 2,1 MPa, conforme normativa DNIT-ES 143 (2010). De acordo com a faixa de teores investigadas no presente estudo, os solos de Tuneiras e Mandaguaçu atendem o critério com os teores de 6 e 8%, respectivamente, ao

passo que o solo de Londrina requer teores acima de 10%.

4.2 Efeito da composição da mistura

A substituição de solo por crescentes parcelas de RCC acarreta em acréscimos do teor de cimento para estabilizar o solo, conforme demonstrado nas máximas variações volumétricas das misturas, situadas entre 9-11%. Diferentemente do observado para os solos, a previsão inicial de cimento para as misturas solo-RCC-cimento tendeu a ser maior do que a quantidade necessária para cumprir o requisito de comportamento mecânico, visto que a resistência mínima obtida foi de 2,8 MPa.

4.3 Efeito do tipo de cimento

A metodologia de dosagem apresentou sensibilidade quanto ao tipo de cimento, apresentando variações volumétricas máximas em diferentes teores. Contrastando as respostas mecânicas das misturas solo-cimento com as obtidas no solo puro, referente a 0,43 MPa, os ganhos mínimo e máximo para o cimento CP II foram da ordem de 4,2 e 6,5 vezes, enquanto que para o cimento CP V esses incrementos foram de 5,6 e 9,5 vezes.

Em decorrência de diferente processo de produção do cimento CP V-ARI, em que se cita a dosagem entre o calcário e argila durante a produção do clínquer, assim como pela moagem mais fina do cimento, as reações químicas com esse cimento se dão de maneira acelerada, resultando em menores teores necessários para o processo de estabilização.

Em análise dos percentuais de cimento CP II e CP V que atingiram a resistência mínima à compressão de 2,1 MPa, 8% e 6%, respectivamente, com os teores de estabilização química indicados pela fase de seleção preliminar, 4% e 7% (segundo o procedimento padrão), observa-se distanciamento entre ambas abordagens.

4.4 Efeito do ajuste experimental

A presença de partículas em suspensão e conseqüente realização de movimentos rotacionais demonstrou-se benéfica quanto a correspondência entre o indicativo da metodologia de dosagem físico química e o comportamento mecânico, em que se cita os percentuais de 7% e 4% de cimento CP II e CP V previstos pela dosagem e os teores 8% e 6% de cimento que atingiram a resistência mínima à compressão de 2,1 MPa, respectivamente (*vide* Figura 3a). Embora o teor mínimo de cimento ARI ensaiado neste trabalho seja 6 %, a resistência à compressão simples obtida nesse percentual fornece indícios de que quantidade relativamente menor de cimento cumpriria o requisito normativo.

É importante mencionar que a metodologia de dosagem físico-química foi desenvolvida para ser empregada na fase de seleção preliminar de materiais e tem como objetivo determinar a quantidade mínima de cimento necessária para a estabilização química, sem relação com requisitos de resistência e/ou rigidez. Tendo como foco central esboçar a influência de variáveis importantes na resposta físico-química, o presente

estudo, secundariamente, estabeleceu paralelos entre o previsto na metodologia e o resultado mecânico, a fim de buscar compreensão ampla das possibilidades e limitações da metodologia de dosagem para materiais de pavimentação.

5 | CONCLUSÕES

Com o intuito de analisar o efeito dos materiais que compõe a mistura solo-cimento para previsão do teor mínimo de cimento requerido para estabilização segundo a metodologia de dosagem físico-química e respectiva comparação com resultados experimentais de resistência à compressão simples, observou-se que:

- O solo de granulometria predominantemente argilosa demandou maior quantidade de cimento para estabilização química, quando comparado aos solos de granulometria arenosa;
- Os resultados previstos para estabilização química demonstraram-se inferiores aos teores necessários para atingir a resistência à compressão simples requerida em projeto para base de pavimento;
- A adição de ambos agentes estabilizantes resultou em elevados ganhos de resistência à compressão simples, apresentando maior magnitude para o cimento CP V-ARI;
- A incorporação de agregados da construção civil na mistura solo-cimento resultou em aumento da quantidade de cimento necessária para satisfazer quimicamente a mistura solo-RCC, divergindo dos resultados de RCS;
- A realização de movimentos rotacionais sucedeu em diferentes variações volumétricas quando contrastadas ao ensaio I, resultando em convergência entre a estimativa da quantidade de cimento indicada pela metodologia de dosagem físico-química e as respostas mecânicas.

Agradecimentos

Os autores expressam sua gratidão ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro, obtido por meio de Bolsas de Mestrado, de Doutorado, de Produtividade e auxílio em trabalhos de campo.

REFERÊNCIAS

ABNT (2012a). NBR 12023. **Solo-cimento – ensaio de compactação**. Rio de Janeiro.

ABNT (2012b). NBR 12025. **Solo-cimento – Ensaio de compressão simples de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio**. Rio de Janeiro.

Almeida, G. B. O. (2016) **Incorporação de escória de cobre pós-jateada a um solo areno-argiloso de Sergipe para aplicação em base de pavimentos**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica / PUC, Rio de Janeiro, 193 p.

Cancian, M. A.; Cancian, V. A.; Fontenele, H. B.; Costa Branco, C. J. M.; Teixeira, R. S. (2017) **Influência do teor de umidade, da porosidade e do intervalo de tempo até a aplicação da mistura solo-cimento em pavimento rodoviário**. Transportes, 25 (1), p. 41-50.

Consoli, N. C.; Foppa, D.; Festugato, L.; Heineck, K. H. (2007) **Key parameters for strength control of artificially cemented soils**. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 133 (2), p. 197-205.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2010). DNIT-ES 143. **Pavimentação - Base de solo-cimento - Especificação de serviço**. Rio de Janeiro.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2019). DNIT 414. **Pavimentação - Solo-cimento – Dosagem físico-química de solo-cimento – Método de ensaio**. Rio de Janeiro.

Ferreira, J. W. S. (2019) **Comportamento mecânico de misturas solo-cimento para aplicação em pavimentos**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina / UEL, Londrina, 149 p.

Ferreira, J. W. S.; Gomes, V. H.; Cancian, V. A.; Zanin, R. F. B.; Oliveira, A. D.; Gonçalves, F.; Costa Branco, C. J. M.; Teixeira, R. S. (2018) **Aplicabilidade de solo arenoso compactado e melhorado com cimento em pavimentos flexíveis**. In: XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG 2018, Salvador, Bahia. Anais...

Gonçalves, F.; Zanin, R. F. B.; Somera, L. F.; Oliveira, A. D.; Ferreira, J. W. S.; Costa Branco, C. J. M.; Teixeira, R. S. (2018) **Caracterização Físico-química e mineralógica de três solos do estado do Paraná**. In: XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica – COBRAMSEG 2018, Salvador, Bahia. Anais...

Khan, Z.; Majid, A.; Cascante, G.; Hutchinson, D. J.; Pezeshkpour, P. (2006) **Characterization of a cemented sand with the pulse-velocity method**. Canadian Geotechnical Journal, 43 (3), p. 294-309.

Kutanaei, S. S.; Choobbasti, A. J. (2017) **Effects of nanosilica particles and randomly distributed fibers on the ultrasonic pulse velocity and mechanical properties of cemented sand**. Journal of Materials in Civil Engineering, 29 (3), 04016230.

Mandal, T.; Edil, T. B.; Tinjum, J. M. (2018) **Study on flexural strength, modulus, and fatigue cracking of cementitiously stabilised materials**. Road Materials and Pavement Design, 19 (7), 1546-1562.

Oliveira, R. F. V.; Motta, L. M. G. (2013) **Avaliação de dois solos modificados com cimento para dimensionamento de pavimentos**. Revista Pavimentação, 8 (28), p. 11-23.

Rocha, M. T.; Rezende, L. R. (2017) **Estudo laboratorial de um solo tropical granular estabilizado quimicamente para fins de pavimentação**. Revista Matéria, 22 (4).

Sanbonsuge, K.; Vasconcelos, K.; Bernucci, L.; Moura, E. (2017) **Efeito da umidade inicial e do tempo de cura nas propriedades mecânicas de misturas solo-cimento**. Transportes, 25 (4), p. 68-82.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aerodesign 1, 2, 3, 9

Aeronave 10, 11, 12, 14, 16

Análise CFD 1

Articulação 1, 168

C

Construção sustentável 103

D

Degradação 36, 103, 126, 132, 133, 135, 136, 137, 143, 144, 145, 149, 150, 175, 243

Direito ao saneamento básico 124, 125, 126, 128, 129, 130

Dosagem físico-química 151, 152, 154, 155, 159, 160, 161, 162, 163, 164

Drywall 87, 88, 89, 100

E

Eficiência energética 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 173

Energia solar fotovoltaica 63, 64, 174, 180

Energias renováveis 63, 73, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 173

Estabilidade 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 35, 36, 78, 79, 81, 152, 186

Estabilização 78, 84, 86, 87, 88, 94, 96, 97, 100, 101, 152, 159, 160, 161, 162, 163, 199, 205

F

Fachada 132, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 232

G

Geossintéticos 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

Geotecnia 17, 75, 76, 82, 84

Gesso 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 105

Gestão 35, 44, 103, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 172, 259

H

Headcount 49, 53, 55, 57, 60, 61

L

LED 63, 64, 65, 66, 67, 68, 72, 73

Logística ferroviária 49

M

Melhoramento de solos 75

Momento 1, 13, 16, 50, 171, 227

P

Passagem em jornada 49, 51

Pavimento 20, 22, 26, 27, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 42, 43, 45, 46, 48, 76, 81, 84, 105, 151, 152, 163, 164

Plasticidade 78, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 99, 100, 101, 154, 242

Projeto 1, 9, 10, 11, 12, 14, 16, 18, 19, 21, 29, 30, 33, 35, 36, 37, 39, 40, 41, 43, 44, 63, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72, 73, 76, 79, 85, 126, 127, 130, 133, 136, 163, 168, 169, 209, 221, 224

R

Resíduo de construção civil 151, 154

Resíduos 56, 58, 59, 60, 83, 87, 88, 89, 102, 103, 104, 105, 106, 205, 206

Resíduos plásticos 102, 103, 104, 105, 106

Resistência à compressão simples 151, 152, 157, 161, 162, 163

Revestimento cerâmico 132, 133, 137, 138, 139, 140, 142, 143, 144, 147

S

Saneamento básico em São Desidério 124

SERENS 165, 166, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 174

Serviços públicos de saneamento básico 124, 125, 127, 128, 130, 131

Simulação numérica 1, 240

Sistemas autônomos puros CC 63

Solo-cimento 151, 152, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164

Solos 35, 46, 47, 75, 76, 78, 80, 85, 87, 89, 90, 91, 93, 96, 97, 101, 151, 153, 154, 156, 158, 159, 161, 162, 163, 164

Sustentabilidade 30, 33, 34, 48, 102, 106, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 180

T

Transporte hidroviário 32

V

Volume de cargas 49

X

XFLR5 10, 11, 12, 16

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

Engenharias:

Da Genialidade à Profissão e
seu Desenvolvimento



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Atena
Editora

Ano 2021