

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL



CARLOS AUGUSTO ZILLI
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL



CARLOS AUGUSTO ZILLI
(ORGANIZADOR)

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 Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

iStock

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.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial

Ciências 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

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí
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. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México
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. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso
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 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 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
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 da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
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 Gonçalo 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 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. 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 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 Brito 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 Atílio 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 Ramirez – 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 Fenomenologia & 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
Prof. Me. Marcos Roberto Gregolin – Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná
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
Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas – Prefeitura Municipal de Fortaleza
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Universidade Estadual do Ceará
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

Coleção desafios das engenharias: engenharia civil

Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os autores
Organizador: Carlos Augusto Zilli

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia civil /
Organizador Carlos Augusto Zilli. – Ponta Grossa - PR:
Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-302-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.023211407>

1. Engenharia civil. I. Zilli, Carlos Augusto (Organizador).
II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

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

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

APRESENTAÇÃO

Esta obra, intitulada “Coleção Desafios das Engenharias: Engenharia Civil”, em seu primeiro volume, apresenta 18 capítulos que abordam pesquisas relevantes sobre os desafios enfrentados pela engenharia civil mundo afora, tais como: Otimização e Dimensionamento de Peças Estruturais, Concreto em Situações de Incêndio, Confiabilidade Estrutural, Prevenção de Danos em Estruturas, Estudos de Materiais Alternativos para Construção Civil, Concreto Ecológico e Descarte de Resíduos.

Desta forma, esta obra se mostra potencialmente disponível para contribuir com discussões e análises aprofundadas acerca de assuntos atuais e relevantes, servindo como base referencial para futuras investigações relacionadas à estruturas de concreto armado e materiais de construção civil.

Deixo, aos autores dos capítulos, um agradecimento especial, e aos futuros leitores, anseio que esta obra sirva como fonte inspiradora e reflexiva.

Esta obra é indicada para os mais diversos leitores, tendo em vista que foi produzida por meio de linguagem fluída e abordagem prática, o que favorece a compreensão dos conceitos apresentados pelos mais diversos públicos, sendo indicada, em especial, aos amantes da área de engenharia.

Carlos Augusto Zilli

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE LAJES NERVURADAS, UTILIZANDO ALGORITMO GENÉTICO

Jessyca Priscylla de Almeida Nunes

Giuliana Furtado Franca Bono

Gustavo Bono

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114071>

CAPÍTULO 2..... 16

DIMENSIONAMENTO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO CONFORME MÉTODO TABULAR E PRINCÍPIO DE CÁLCULO DAS ZONAS

Diogo Raniere Ramos e Silva

Maria de Lourdes Teixeira Moreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114072>

CAPÍTULO 3..... 28

CONSIDERAÇÕES SOBRE PUNÇÃO EM LAJES PLANAS DE CONCRETO ARMADO

Ailton Queiroz Junior

Aurélio de Almeida Abdoral Neto

Eduardo Emilio Martins Pinheiro Câmara

Elsimar Souza Santos

Felipe Vieira Ladislau

Janiele Moreira Roland

Kevin de Matos Costa

Luiz Alfredo Franco Pinheiro

Paola de Kácia de Souza Pinto Silva

Pedro Ignácio Lima Gadêlha Jardim

Raíssa Coelho Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114073>

CAPÍTULO 4..... 43

CONFIABILIDADE ESTRUTURAL DE PÓRTICOS PLANOS DE AÇO

Danilo Luiz Santana Mapa

Marcílio Sousa da Rocha Freitas

Ricardo Azoubel da Mota Silveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114074>

CAPÍTULO 5..... 64

PROJETO ÓTIMO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO COM SEÇÃO T UTILIZANDO OTIMIZAÇÃO POR ENXAME DE PARTÍCULAS

Rubens Silva Correia

Giuliana Furtado Franca Bono

Gustavo Bono

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114075>

CAPÍTULO 6..... 79

A SIMULAÇÃO NUMÉRICA NA RESOLUÇÃO DE DESAFIOS DA ENGENHARIA ESTRUTURAL

Tainá Mascarenhas Borghi

Ana Lucia Homce de Cresce El Debs

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114076>

CAPÍTULO 7..... 93

EXPERIÊNCIAS PARA A PREVENÇÃO DE DANOS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO PÓS-TENSIONADO

Sergio Gavilán

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114077>

CAPÍTULO 8..... 108

EMPREGO DE ENSAIOS DE DURABILIDADE EM CONCRETOS COM SINTOMAS DE EXPANSÃO EM FUNDAÇÕES DE SUBESTAÇÕES E LINHAS DE TRANSMISSÃO EM MINAS GERAIS

Marina Munaretto Copetti

Cristiane Carine dos Santos

Ana Paula Maran

Silvane Santos da Silva

Régis Luís Wagner Mallmann

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114078>

CAPÍTULO 9..... 125

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS, FÍSICAS E DE DURABILIDADE DO CONCRETO POLÍMERO DESENVOLVIDO A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE RESINA POLIURETANA VEGETAL

Alexandre Rodriguez Murari

Giovanna Jacomelli

Victor José dos Santos Baldan

Eduvaldo Paulo Sichieri

Javier Mazariegos Pablos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0232114079>

CAPÍTULO 10..... 138

AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND POR CINZAS DE OLARIAS NO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO ESTRUTURAL

Larissa Barbosa de Lima

Jozilene de Souza

Júlio César Damasceno

José Edivandro de Sousa Júnior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140710>

CAPÍTULO 11..... 151

ESTUDO DO USO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

CIVIL BRASILEIRA

Marcos David dos Santos
Marco Antônio Assis de Oliveira
Danylo de Andrade Lima
Marcelo Laédson Morato Ferreira
Hosana dos Santos Lima
Jaciera Isabelle Medeiros de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140711>

CAPÍTULO 12..... 162

ARTEFATOS DE CONCRETO LEVE E PERMEÁVEL COM A UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E POLIESTIRENO EXPANSÍVEL

Mariana Venturini
Gabriel Salvador
Carlos Henrique Costa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140712>

CAPÍTULO 13..... 169

ANÁLISE COMPARATIVA DE MITIGAÇÃO UTILIZANDO OS CIMENTOS CPII – F 32, CPII E-40, CPIV E CPV COM METACAU LIM EM AGREGADOS POTENCIALMENTE REATIVOS

Marina Munaretto Copetti
Cristiane Carine dos Santos
Ana Paula Maran
Silvane Santos da Silva
Régis Luís Wagner Mallmann

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140713>

CAPÍTULO 14..... 189

ANÁLISE PRELIMINAR DO COMPORTAMENTO DE PASTAS E ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND INCORPORADAS COM PÓ À BASE DE CACTO

Gabriella Cavalcante Souza
João Victor de Paiva Rodrigues
Yasmim Medeiros Rocha
Heber Sivini Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140714>

CAPÍTULO 15..... 201

UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS (POLÍMEROS REFORÇADOS POR FIBRAS) NAS PESQUISAS EXPERIMENTAIS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO

Maicon de Freitas Arcine
Nara Villanova Menon

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140715>

CAPÍTULO 16	223
CONCRETO ECOLÓGICO: SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DA AREIA PELO PÓ DE VIDRO	
Rafael Dantas Ribeiro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140716	
CAPÍTULO 17	237
RESÍDUO DESCARTADO PELA SIDERÚRGICA DE CORUMBÁ-MS COMO POTENCIAL PARA REAPROVEITAMENTO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Manoela da Silva Carvalho	
Fábio Kroll de Lima	
Felipe Fernandes de Oliveira	
Robson Fleming Ribeiro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140717	
CAPÍTULO 18	253
REDES NEURAIS ARTIFICIAIS APLICADAS NA MODELAGEM DA DIFUSÃO DE CO ₂ NO CONCRETO	
Emerson Felipe Felix	
Renan do Vale Leonel de Assis	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.02321140718	
SOBRE O ORGANIZADOR	272
ÍNDICE REMISSIVO	273

ESTUDO DO USO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL BRASILEIRA

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 05/05/2021

Marcos David dos Santos

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/0438204551866729>

Marco Antônio Assis de Oliveira

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Caruaru-PE
<http://lattes.cnpq.br/4632705594699517>

Danylo de Andrade Lima

Universidade Federal de Campina Grande -
UFCG
Campina Grande-PB
<http://lattes.cnpq.br/0647347864117778>

Marcelo Laédson Morato Ferreira

Universidade Federal de Campina Grande -
UFCG
Pombal-PB
<http://lattes.cnpq.br/2396476724752361>

Hosana dos Santos Lima

Universidade Federal de Campina Grande -
UFCG
Pombal-PB
<http://lattes.cnpq.br/1285647648016411>

Jaciara Isabelle Medeiros de Oliveira

Universidade Federal de Campina Grande -
UFCG
Pombal-PB
<http://lattes.cnpq.br/6715925912585162>

RESUMO: A construção civil é um dos principais responsáveis pelo desenvolvimento socioeconômico do país, no entanto traz sérios problemas para o meio ambiente, deixando de lado os ideais da sustentabilidade. Problemas como desperdício, extração exacerbada dos recursos naturais, descarte irregular dos entulhos gerados, entre outros, são motivos que justificam a utilização de materiais alternativos como forma de reaproveitamento destes e diminuição do consumo de matérias-primas virgens, por exemplo. O objetivo deste artigo consiste em exemplificar a participação desse setor da economia no desenvolvimento sustentável visando mitigar os transtornos gerados pela fabricação, manejo e descarte dos materiais convencionais, bem como mostrar a importância do uso dos materiais de construção, os entraves que os materiais alternativos encontram para adentrar no mercado, as políticas de incentivo para que essas novas soluções sejam aceitas pelos consumidores ainda receosos e por fim, os tipos de materiais não convencionais, suas características e vantagens que chegam como uma ótima proposta de serventia para os futuros profissionais. A metodologia empregada é de caráter descritivo, assim como qualitativo da produção acadêmica e científica, acerca dos materiais de construção, que compreende desde a retirada do material virgem até o seu descarte final no meio ambiente. A disseminação e utilização de materiais alternativos no canteiro de obras, pode ser visto como um grande avanço para a sustentabilidade no nosso planeta, sendo o mesmo tão viável quanto o emprego dos tradicionais no sentido de conforto, segurança e

durabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia de materiais, edificações sustentáveis, matéria-prima.

STUDY ON THE USE OF ALTERNATIVE MATERIALS IN THE BRAZILIAN CIVIL CONSTRUCTION INDUSTRY

ABSTRACT: Civil construction is one of the main factors responsible for the socioeconomic development of the country, however, it brings serious problems to the environment, leaving aside the ideals of sustainability. Problems such as waste, exacerbated extraction of natural resources, irregular disposal of debris generated, among others, are reasons that justify the use of alternative materials as a way of reusing them and reducing the consumption of virgin raw materials, for example. The objective of this article is to exemplify the participation of this sector of the economy in sustainable development in order to mitigate the disturbances generated by the manufacture, handling, and disposal of conventional materials, as well as to show the importance of the use of construction materials, the obstacles that alternative materials encounter to enter the market, the incentive policies for these new solutions to be accepted by consumers who are still afraid of them, and, finally, the types of non-conventional materials, their characteristics, and the advantages that come as a great proposal of usefulness for future professionals. The methodology used is descriptive, as well as qualitative, of the academic and scientific production about building materials, which includes from the removal of virgin material to its final disposal in the environment. The dissemination and use of alternative materials in the construction site can be seen as a great advance for the sustainability of our planet, being as viable as the use of traditional materials in terms of comfort, safety and durability.

KEYWORDS: Materials engineering, sustainable buildings, raw material.

INTRODUÇÃO

O ramo da construção civil tem um papel fundamental para o desenvolvimento socioeconômico, movimentando o mercado de trabalho com a geração de empregos diretos e indiretos que, atualmente, é responsável por mais de 16% do PIB brasileiro e empregava, até o final de 2015, cerca 3,5 milhões de pessoas no país segundo dados do IBGE. No entanto, ao mesmo tempo em que este setor possui uma enorme relevância para o sistema econômico, é uma das áreas que mais causam impactos ambientais em especial no consumo de recursos naturais e geração elevada de resíduos. Dados do relatório da Fundação Dom Cabral (entidade que atua no desenvolvimento e consultoria de empresas) mostram que 75% de todo recurso natural e 44% da energia produzida no Brasil são consumidos na construção civil.

Diante desse cenário, os órgãos governamentais e privados são obrigados a buscar alternativas sustentáveis de modo que retire o setor da posição de vilão. Dessa forma, a sustentabilidade ganhou relevância no mundo das construções, fazendo com que os profissionais dessa área dediquem mais tempo e recursos para projetos, bem como

pesquisas com a finalidade de minimizar os impactos ambientais causados pelas obras, que começam desde a extração de matérias-primas até a produção e destinação final dos resíduos gerados.

A humanidade esteve em constante processo de descoberta tanto para uso de materiais quanto de ferramentas que contribuam para o funcionamento de suas atividades. A ligação principal dos materiais com a evolução das sociedades se dá devido sua dependência a eles, em particular à sua disponibilidade, assim como seu desenvolvimento. A implementação de materiais alternativos, a exemplo do bambu como substituto da madeira convencional e do ferro, o uso de agregados alternativos no concreto, os tijolos ecológicos fabricados sem necessidade de queima, entre outros materiais, são considerados possibilidades inovadoras, pois diminuem de forma significativa os efeitos negativos promovidos ao meio ambiente e possuem propriedades físico-mecânicas adequadas ao uso na construção civil. Tais iniciativas, entretanto, ainda são tecnologias desconhecidas e conseqüentemente pouco aceitas pela sociedade, além de não ter políticas públicas e normas regulamentadoras que facilitem o progresso e utilização desses substitutos ecológicos.

Este artigo tem como objetivo, exemplificar e apresentar parâmetros, como também conceitos que auxiliem na escolha dos materiais que serão usados nas construções, de modo que as edificações se tornem mais sustentáveis, além de apontar exemplos de materiais alternativos e suas aplicações, bem como as dificuldades encontradas no mercado pelos mesmos.

JUSTIFICATIVA

Apesar da construção civil assumir impacto negativo no desenvolvimento sustentável, ela representa um setor em crescimento constante na medida que alavanca a economia e atende os anseios da sociedade. A construção de infraestrutura de base e saneamento, a execução de estradas e ferrovias ou edifícios seja para fins de moradia, educação, saúde e lazer, ilustram algumas das demandas da atividade. Realizar escolhas conscientes no momento de adquirir os materiais é um modo eficiente de contribuir com a sustentabilidade. A importância do assunto é marcante, uma vez que os materiais de construção são os principais elementos da edificação que causam impactos ambientais desde a extração da matéria-prima nas jazidas, passando pela produção e utilização nas obras até o seu descarte. Outro ponto que vale ser ressaltado é que o consumo contínuo e feroz dos materiais alimentado pela crença equivocada de que os recursos são inesgotáveis não pode se sustentar indefinidamente. Sendo assim, é necessária uma melhor compreensão acerca do tema de modo a contribuir com a construção de um setor mais sustentável, uma sociedade mais consciente e uma economia mais ambientalmente correta.

METODOLOGIA

A metodologia empregada no trabalho é de caráter descritivo, bem como qualitativo da produção acadêmica e científica, acerca dos materiais de construção, desde a extração da matéria-prima até o descarte final do produto no meio ambiente. Assim, para a elaboração do artigo científico foram pesquisadas, além de obras e referências clássicas, as recentes publicações acadêmicas que tratam do assunto e os principais estudos desenvolvidos envolvendo a temática, por meio de monografias, artigos, revistas científicas e afins. Isto porque, este tipo de estudo se produz por meio de um conjunto significativo de pesquisas, visando o estado da arte que, de índole bibliográfica consiste em debater, assim como esquematizar os principais aspectos de uma determinada produção acadêmica em diferentes tempos e contextos.

SUSTENTABILIDADE

O conceito de Desenvolvimento Sustentável foi apresentado pela primeira vez na década de 80 pelo Relatório Brundtland. Este relatório tem por base o princípio de que o ser humano deve gastar os recursos naturais de acordo com a sua capacidade de renovação, para evitar o seu esgotamento (CHAVES, 2016).

Em junho de 1992, houve a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como ECO-92, que ocorreu no Rio de Janeiro. Nela o setor da construção foi incentivado ao desenvolvimento de primeiras metodologias de avaliação ambiental de edifícios, de modo que auxiliassem ao cumprimento das metas ambientais locais estabelecidas pela conferência (AGOPYAN; JOHN, 2011). A principal consequência da ECO-92 foi a criação de documentos, entre eles a Agenda 21.

A Agenda 21 trata-se de um documento consensual firmado entre os países com 27 princípios, onde está presente o direito ao desenvolvimento sustentável, atendendo equitativamente as necessidades de desenvolvimento e de meio ambiente das gerações presentes e futuras. Assim, a Rio-92 marcou um período crucial na história do pensamento ambiental, uma vez que introduziu como foco do desenvolvimento sustentável a concepção do equilíbrio do tripé economia, social e ambiental (MOTTA; AGUILAR, 2009).

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Uma edificação vista em todo o seu ciclo de vida gera resíduos. A cada metro quadro construído de um edifício são consumidos aproximadamente uma tonelada de materiais, exigindo grandes quantidades de insumos direta e indiretamente (GOMES; FAVERO, 2015).

Outro fator a ser considerado é a energia incorporada a cada material, onde o transporte e a vida útil do produto influem. Quanto maior o número de processos pelos quais um material passar, maior será a energia integrada e resíduos produzidos, sendo

preferível a escolha por materiais que estejam mais perto de seu estado natural, como uma janela de madeira a uma janela de alumínio, como ceras e tintas orgânicas ou a base d'água a tintas sintéticas (ROAF, 2006).

MATERIAIS ALTERNATIVOS

A preocupação com a escolha de materiais construtivos, como fator que agrega à sustentabilidade, é algo muito recente e pouco consolidado em muitos países, inclusive no Brasil, tendo em vista as dificuldades encontradas. Vale ressaltar que o consumo contínuo acelerado dos materiais não pode se sustentar indefinidamente (FLORES, 2011).

Uma das maneiras de otimizar o processo da indústria da construção civil é através da incorporação do resíduo de outras indústrias ou proveniente do próprio consumidor, em insumo para compor os materiais de construção. É uma forma de diminuir a demanda sobre os recursos naturais virgens (FLORES, 2011). Dessa forma, a utilização de materiais com conteúdo reciclado reduz o consumo de matéria-prima virgem, assim como os impactos decorrentes da extração, tais como assoreamento de rios, erosão do solo, perda de biodiversidade e a quantidade de resíduos dispostos no meio ambiente.

Para Flores (2011), a energia utilizada no processo de reciclagem para a maioria dos materiais é muito menor do que a energia necessária para a produção original. Exemplifica o caso do alumínio reciclado que utiliza somente de 10% a 20% da energia necessária para transformar o minério bruto em produto final.

Mesmo com ações ainda tímidas as empresas começam a desenvolver produtos e serviços baseados em análises de mercado do novo material a ser desenvolvido, ou se uma nova técnica que empregue um alternativo terá uma boa aceitação. Assim, a geração de um produto, a fim de se tornar um substituto ecológico de um determinado material deve possuir propriedades geométricas, físico-mecânicas e de durabilidade semelhantes, para permitir a reposição dos já aplicados nas construções existentes (VANSAN, 2012).

LIMITAÇÕES NA IMPLEMENTAÇÃO

A elaboração de uma nova tecnologia requer participação de diversos órgãos e setores sejam estatais ou privados. No entanto, para Oliveira (2015), uma das principais dificuldades encontradas por estes novos materiais para adentrar no mercado e conquistar seu espaço é a falta de normas regulamentadoras e/ou políticas públicas que dificultam a criação de soluções sustentáveis, além de uma baixa difusão de importantes ferramentas como Análise do Ciclo de Vida (ACV), que é um método criado com o intuito de analisar os impactos causados pelos produtos no meio ambiente.

Outro fator que contribui para esse entrave é o oligopólio das empresas que investem nos materiais convencionais. O poder persuasivo das mesmas, no qual garantem que os seus materiais são mais duráveis e resistentes, aumentam o receio dos consumidores em

apostar em substitutos ecológicos não usuais e desconhecidos para a população menos informada (JOHN, 2002).

Segundo John (2002), quando se opta por uma construção diferenciada e com materiais alternativos, também se depara com o problema técnico da falta de mão de obra qualificada para este tipo de demanda. Faltam metodologias específicas para orientar a execução, bem como corpo técnico capacitado.

FATORES QUE IMPULSIONAM O USO DE MATERIAIS ALTERNATIVOS

Um dos principais estímulos para o uso de materiais mais sustentáveis em edificações são as certificações ambientais. [...] O interesse do mercado brasileiro da construção civil por certificações ambientais, tem crescido cada vez mais (OLIVEIRA, 2015). Conforme pesquisa realizada pelo GBCI (Green Business Certification Inc.), em 2014 o Brasil passou a ocupar a terceira posição no ranking dos países com o maior número de edifícios em processo da certificação, atrás apenas dos Estados Unidos e China.

LEED

Segundo a GCB Brasil (2014), LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações, utilizado em 143 países, e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obras e operações das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações.

Para a instituição a Certificação internacional LEED possui pré-requisitos e créditos a serem avaliados nas edificações. O nível da certificação é definido, conforme a quantidade de pontos adquiridos, podendo variar de 40 pontos, nível certificado a 80 pontos ou mais, nível platina.

AQUA

Inspirado no selo francês HQE, o AQUA é o primeiro selo de certificação de construções sustentáveis adaptado à realidade brasileira. A avaliação da Qualidade Ambiental do Edifício é feita para cada uma das 14 categorias de preocupação ambiental como eco construção, gestão e conforto classificando-se nos níveis base, boas práticas ou melhores práticas, conforme perfil ambiental definido pelo empreendedor na fase pré-projeto (PORTAL VANZOLINI, 2015).

CBCS

Outro estímulo foi a criação do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS, que conta com a participação de diversos membros representantes da academia e do setor produtivo da indústria da construção. O CBCS é uma associação civil sem fins lucrativos que tem por objetivo social contribuir para a promoção do desenvolvimento

sustentável por meio da geração e disseminação de conhecimento, orientação técnica, capacitação, realização de eventos, articulação e formação de redes mobilizando a cadeia produtiva da construção civil, seus clientes e consumidores (CBCS apud OLIVEIRA, T. Y. M,2015).

IPTU Verde

A redução de impostos vem sendo cada vez mais adotada mundialmente, em locais como Berlim, Medellín, Bogotá, e por 55 cidades brasileiras. No Brasil, temos como exemplo a cidade de Salvador que adota o programa IPTU Verde, que incentiva empreendimentos imobiliários residenciais, comerciais, mistos ou institucionais a realizarem e contemplarem ações e práticas de sustentabilidade em suas construções. Para isso, oferece descontos diretamente no IPTU, de acordo com suas realizações a sua pontuação no Programa de Certificação Sustentável. Para receber o desconto, o imóvel precisa ter um certificado. São três etapas de certificação: bronze, para aqueles que atingirem no mínimo 50 pontos, prata, para os que alcançarem 70 pontos e ouro, para os que chegarem até 100 pontos. É possível alcançar até 200 pontos, mas com 100 já é garantido 10% de desconto no IPTU (PREFEITURA DE SALVADOR, 2015).

EXEMPLOS DE MATERIAIS ALTERNATIVOS

Ao longo desta seção são apresentados exemplos de materiais sustentáveis. A lista possui materiais que além dos benefícios ecológicos traz novas alternativas para engenheiros e profissionais da área. É importante ressaltar que não existe edificação e nem material totalmente sustentável, uma vez que, será sua aplicação que decidirá o quão positivo ou negativo é o seu impacto.

Tijolo ecológico

Há algum tempo, o bagaço da cana-de-açúcar vem sendo empregado como finalidade de geração de energia elétrica. No entanto, como resultado da queima, geram-se cinzas do bagaço, um material de difícil degradação. Assim, o desenvolvimento de tijolos ecológicos mais resistentes do que os tradicionais, produzido a partir da mistura das cinzas do bagaço com areia e argila veio a calhar. Este material que contém apenas 7% de cimento na fórmula, possui um preparo simples, pois depois de prensados os tijolos não precisam ser queimados (G1, 2013).

Outra alternativa de tijolo ecológico muito difundida é o solo-cimento. O tijolo ecológico ou de solo-cimento é feito de uma mistura de solo e cimento, que depois são prensados. A cada quantidade de terra é preciso usar 5% cimento e misturar com água. Seu processo de fabricação não exige queima, o que evita desmatamentos e emissões de gases nocivos à atmosfera, pois não lança resíduos tóxicos no meio ambiente (SALA,

2006).

Além do benefício ambiental por não ter o processo de queima, esse tipo de bloco de tijolo ecológico é autotravado, ou seja, dispensa a argamassa, necessitando apenas de cola, reduzindo em até 50% o tempo de execução. Além disso, possui resistência à compressão semelhante à do tijolo tradicional, porém a qualidade final é superior com dimensões regulares e faces planas.

Bambu

O bambu considerado por muitos como a madeira do futuro ou o aço vegetal é um material sem muito valor econômico, social ou cultural em nosso país, porém em outros é motivo de orgulho e pesquisas por seu potencial em diversas e comprovadas áreas de atuação (MARÇAL, 2008). Seu “caule”, que tem aparência cilíndrica e alongada, esconde características que poucas plantas possuem. Um sistema de feixes de fibras longitudinais que são praticamente paralelos da base ao topo dessa gramínea que chega a ter mais de trinta metros de altura.

Segundo Marçal (2008), algumas vantagens do uso do bambu são pouca emissão de carbono, redução do tempo de execução da obra, economia nos custos da estrutura do prédio, além de substituir 70% do cimento e aço usado na estrutura com mesma intensidade e durabilidade.

Uma desvantagem é com relação ao custo. Apesar de o bambu ter um preço mais baixo que outros materiais, o valor final ainda não pode ser considerado muito inferior a obras convencionais. Isto se deve ao fato de não existirem fornecedores de grande porte que garantam a qualidade do tratamento químico e secagem das varas de bambu e do custo da mão de obra ainda ser elevada devido à falta de pessoal capacitado em construção com bambu (MARÇAL, 2008).

Cimento ecológico

A fabricação do cimento envolve um elevado consumo de energia e grandes emissões, tornando-se um material de alto custo e poluente. A indústria do cimento, a nível mundial, tem 2% do consumo global de energia e 5% do consumo de energia industrial global (OLIVEIRA, 2015).

De acordo com o Pensamento Verde (2013), graças aos resíduos proveniente de indústrias – siderúrgica, fundição, termelétrica e carvão vegetal, foi desenvolvido o cimento ecológico. A substituição do clínquer (material de argila e calcário utilizado na produção de cimento convencional) por estes materiais, proporciona uma redução em 95% as emissões de carbono e em 80% o gasto de energia em relação ao processo de produção tradicional.

Essa alternativa verde é fundamental para garantir a sustentabilidade do mercado de construção civil no médio e longo prazo, uma vez que, conforme projeções da indústria, a demanda pelo material deve mais do que dobrar até 2050 (PENSAMENTO VERDE, 2013).

Lã de pet

Com a necessidade crescente de preservar os recursos naturais está crescendo a busca por Lã de Pet. Segundo Trisoft (2014), essa lã é feita de 100% poliéster, material que é proveniente da reciclagem de garrafas pet. Além de ser ecologicamente correto, é também hipoalergênico, ou seja, não causa nenhum mal à saúde do instalador, além disso elimina a utilização de equipamentos de proteção, como macacões de manga longa, luvas, máscaras e não precisa ser ensacada.

A Lã de Pet é feita com fibras muito leves que passam por um processo de compactação a baixa temperatura (160°C a 180°C) e pressão. Não é utilizada água e nenhum tipo de resina ou qualquer componente volátil, o que garante uma estabilidade muito maior e mantém o comportamento acústico e térmico por tempo indeterminado, além de ser ecologicamente correta e sustentável (TRISOFT, 2014). Uma de suas aplicações é a sua utilização como recheio do drywall, definido conforme Casa Abril (2016), como chapas com miolo de gesso e face de papel-cartão fixadas em estruturas de aço que substituem as vedações internas convencionais, apresentando bons resultados mesmo quando comparados com os enchimentos tradicionais como a lã de rocha, contribuindo no isolamento e no condicionamento acústico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por inovações construtivas que reduzam os impactos ambientais e tragam conforto, além de economia para o usuário são desafios de extrema importância visando à prevenção de consequências posteriores, bem como romper a visão que se tem desta área, que hoje é uma das que mais extraem matérias-primas da natureza e poluem com o descarte inadequado de resíduos.

No entanto, essas ideias estão sendo cada vez mais difundidas no nosso país por meio das certificações (governamentais ou não) para construções sustentáveis, mesmo que ainda existam muitos entraves devido os receios dos consumidores ou das empresas que adotam os materiais convencionais. Projetos como o IPTU Verde, são caminhos alternativos que elucidam e estimulam práticas sustentáveis, restando o trabalho de firmá-los como política nacional.

Por fim, a importância da utilização de meios que promovam a diminuição da extração dos recursos naturais, bem como reduzam o desperdício através de um manejo e reaproveitamento inteligente torna-se inevitável. A divulgação e utilização de materiais alternativos podem ser considerado como um grande avanço para a sustentabilidade no nosso planeta, sendo o mesmo tão viável quanto o uso dos tradicionais no sentido de conforto, segurança e durabilidade, ideia esta que deve ser implantada na sociedade a fim de buscar aprovações da população em geral que desconhecem esses métodos ecológicos por serem pouco transmitidos e por terem poucas ferramentas de estudo, assim como

pesquisas sobre os mesmos no país.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley Moacyr. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo, 2011.

CASA ABRIL. **Drywall: Entenda como funciona esse sistema de construção**. 2016. Disponível em: <<http://casa.abril.com.br/materiais-construcao/drywall-entenda-como-funciona-esse-sistema-de-construcao/>>. Acesso em: 05 out. 2020.

CBCS. **Quem Somos**. 2007. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/institucional/show.asp?ppgCode=09804C7D-A825-42C4-AE3B-D7834C71E1ED>>. Acesso em: 15 out. 2020.

CHAVES, Vinicius Figueiredo. **Governança da sustentabilidade: o papel do direito**. Revista Argumentum. São Paulo, v. 17, p. 111-133, jan./dez. 2016.

FLORES, C. Z. **Procedimento para especificação e compra de materiais da construção civil de menor impacto ambiental**. Dissertação. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), 2011.

G1 (Alagoas). **Jovens alagoanas criam tijolo com cinzas do bagaço da cana-de-açúcar**. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2013/12/jovens-alagoanas-criam-tijolo-com-cinzas-do-bagaco-da-cana-de-acucar.html>>. Acesso em: 15 out. 2020.

GCB BRASIL. **Certificação LEED**. 2014. Disponível em: <<https://www.gbcbrazil.org.br/>>. Acesso em: 15 out. 2020.

GOMES, Kauana; FAVERO, Marina. **Transformando entulhos da construção civil em novos produtos**. 2015. Disponível em: <<https://jornalismo3periodo.wordpress.com/2015/06/28/transformando-entulhos-da-construcao-civil-em-novos-produtos/>>. Acesso em: 15 out. 2020.

JOHN, Vanderley Moacyr. **Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar**. Universidade de São Paulo (USP), 2002.

MARÇAL, V. H. S. **Uso do bambu na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de Brasília (UnB), 2008.

MOTTA, S. F. R.; AGUILAR, M. T. P. **Sustentabilidade e processos de projetos de edificações**. Gestão e Tecnologia de Projetos. v. 4, n. 1, p. 88-123, 2009. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50953>>. Acesso em: 05 nov. 2020.

OLIVEIRA, T. Y. M. **Estudo sobre o uso de materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2015.

PENSAMENTO VERDE. **Cimento ecológico: uma alternativa verde para a construção civil**. 2013. Disponível em: <<http://www.pensamentoverde.com.br/arquitetura-verde/cimento-ecologico-alternativa-verde-construcao-civil/>>. Acesso em: 30 out. 2020.

PORTAL VANZOLINI (São Paulo). **Certificação AQUA-HQE em detalhes**. 2015. Disponível em: <<http://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-em-detalhes/>>. Acesso em: 30 out. 2020.

PREFEITURA DE SALVADOR (Salvador). **IPTU Verde: Ações sustentáveis valem desconto no IPTU**. 2015. Disponível em: <<http://iptuverde.salvador.ba.gov.br/>>. Acesso em: 05 nov. 2020.

ROAF, Susan. **Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável**. Bookman. Porto Alegre, 2006.

SALA, L. G. **Proposta de habitação sustentável para estudantes universitários**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2006.

TRISOFT. **Isolamento térmico acústico**. 2014. Disponível em: <<http://www.VANSAN.com.br/blog/la-de-pet-substitui-la-de-rocha-vidro-isolamento-termico-acustico/>>. Acesso em: 05 nov. 2020.

VANSAN, A. R. **Estratégias para utilização de materiais alternativos na construção civil**. Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

SOBRE O ORGANIZADOR

CARLOS AUGUSTO ZILLI - Possui graduação em Engenharia Civil e Matemática pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL (2015 e 2005). É doutorando em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC (2021) e mestre em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC (2020). Possui especialização em Avaliação de Imóveis e Perícias de Engenharia pelo Instituto de Pós-Graduação - FAPAN (2018), em Gestão de Obras e Projetos pela Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL (2017), e em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário de Capivari - FUCAP (2016). É docente no Instituto Federal de Educação de Santa Catarina (IFSC) - Campus São Carlos. Possui experiência na área de Matemática, com ênfase em Educação Matemática e em Engenharia de Avaliações e Perícias, com ênfase em Inferência Estatística. Tem interesse em temas relacionados à Ciência de Dados, Engenharia de Avaliações e Planta de Valores Genéricos.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Adições minerais 123, 124, 169, 171, 173, 174, 175, 184, 185, 187
Aditivo natural 189, 191
Agregado miúdo 109, 117, 118, 119, 137, 138, 142, 149, 170, 223, 224, 225, 226, 227, 233, 234, 235, 236, 237, 239, 240, 251
Agregado reativo 169, 173, 185
Algoritmo genético 1, 5
Análise estrutural avançada 43, 44, 45, 48, 49, 60
Argamassa ecológica 237

C

Cinzas de olaria 138
Cisalhamento 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 40, 41, 42, 92, 150, 201, 202, 203, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 221, 233
Concreto 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 41, 42, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77, 78, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 130, 131, 132, 133, 136, 138, 139, 140, 143, 146, 147, 148, 149, 153, 162, 163, 164, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 180, 184, 185, 186, 187, 190, 194, 199, 200, 201, 202, 203, 206, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 215, 216, 217, 218, 220, 221, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 251, 253, 254, 255, 256, 257, 260, 262, 266, 267, 268, 269, 270, 271
Concreto armado 1, 3, 6, 7, 8, 14, 15, 16, 17, 18, 26, 27, 28, 29, 31, 34, 41, 42, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 74, 75, 77, 78, 88, 170, 201, 202, 203, 206, 209, 210, 212, 213, 216, 217, 218, 220, 221, 253, 254, 268, 270, 271
Concreto leve 162, 163
Concreto permeável 162
Confiabilidade estrutural 43, 44, 45, 51, 52, 53, 56, 57, 59, 61, 62, 63, 270
Construção civil 1, 3, 67, 107, 109, 125, 126, 127, 136, 137, 138, 139, 140, 149, 151, 152, 153, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163, 167, 170, 189, 191, 202, 205, 223, 224, 225, 226, 234, 235, 237, 239, 244, 251, 252, 254

D

Dimensionamento 1, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 23, 26, 27, 28, 29, 33, 34, 36, 41, 64, 65, 69, 74, 77, 78, 210, 211

E

Edificações sustentáveis 152

Engenharia de materiais 137, 152, 189, 235

Engenharia estrutural 2, 79, 80, 82, 83, 91, 92

F

Filler 138, 139, 142

I

Incêndio 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 27, 130, 133, 136

Inteligência artificial 253, 268

L

Lajes 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 18, 25, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 40, 41, 42, 65, 67, 84, 87, 93, 206, 244, 245

Lajes lisas 28, 29, 30, 31, 40, 41, 42

Lajes nervuradas 1, 3, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 65

Ligações semirrígidas 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62

M

Materiais de construção civil 137, 237

Material compósito 201, 203, 204, 215

Matéria-prima 152, 153, 154, 155, 162, 190, 224, 225, 238, 239

Método de Hertz 16, 18, 19

O

Opuntia ficus-indica 189, 190, 191

Otimização 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 46, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 71, 75, 76, 77, 189

Otimização estrutural 1, 5

Otimização por enxame de partículas 64, 65, 66, 70, 77

P

Patologia 93, 109, 169, 170, 268

Piso misto de pequena altura 79, 80, 83, 89, 90, 92

Pó de balão 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252

Polímero 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 136, 194, 195, 209, 217, 221

Polistireno expansível 162

Pórticos planos 43, 48, 49, 61

Pós-tensionado 93

Propriedades mecânicas e físicas 125, 127, 136

Punção 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 40, 41, 42

R

RAA 108, 109, 110, 119, 123, 169, 171, 172, 173, 175, 176, 184, 185, 187

Reciclagem 137, 155, 159, 160, 163, 223, 224, 225, 234, 235, 236, 251

Reforço 86, 93, 123, 131, 167, 187, 201, 202, 203, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 220, 221

Resíduos da siderurgia 237

Resíduos sólidos 126, 137, 162, 163, 224, 238

Resina poliuretana vegetal 125, 127, 135

S

Simulação numérica 79, 80, 81, 83, 85, 87, 91, 92

Spray drying 189, 190, 191

Sustentabilidade 125, 126, 127, 137, 139, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 162, 224, 235, 252

V

Vidro 161, 201, 209, 213, 223, 224, 225, 226, 227, 229, 231, 232, 233, 234, 235, 236

Vigas de concreto armado 15, 16, 26, 64, 65, 66, 74, 78, 201, 206, 216, 218, 221

Vigas T 64, 210

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL



 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 @atenaeditora

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

 **Atena**
Editora

Ano 2021

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL



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