

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 4



FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)

Atena
Editora
Ano 2021

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 4



**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO
(ORGANIZADORA)**

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
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª 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^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª 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
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª 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 Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

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

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

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

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª 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
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Alexandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª 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
Prof^ª 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. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
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
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/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Lilians Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª 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^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª 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
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª 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

Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil 4

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Flávia Roberta Barão
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Franciele Braga Machado Tullio

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F697 Força, crescimento e qualidade da engenharia civil no Brasil
4 / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. –
Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-981-3

DOI 10.22533/at.ed.813210904

1. Engenharia civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado
(Organizadora). II. Título.

CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

APRESENTAÇÃO

A obra “Força, Crescimento e Qualidade na Engenharia Civil no Brasil 3” contempla trinta e um capítulos com pesquisas sobre temas gerais da engenharia civil.

A engenharia civil é uma importante ferramenta social, pois através dela é possível apresentar propostas de edificações com fins sociais, bem como levar saneamento básico para comunidades vulneráveis.

Muitos estudos buscam trazer soluções sustentáveis através da engenharia civil. A aplicação de diversos tipos de resíduos pode gerar novos produtos aplicados na construção civil e pavimentação.

Conhecer o comportamento de materiais de construção, bem como o desenvolvimento de novos produtos, bem como a análise do comportamento de estruturas em diversos métodos construtivos auxilia os profissionais e estudantes a avaliar suas escolhas.

Por fim, apresentamos um estudo sobre o, ainda presente, preconceito que a mulher sofre na área de engenharia civil.

Desejo que esta obra proporcione uma agradável leitura e fomenta novas pesquisas, contribuindo para a força, o crescimento e a qualidade da engenharia civil no Brasil.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL DE EDIFÍCIOS MULTIPAVIMENTOS – COMPARATIVO ENTRE MODELOS	
Juliane Miranda dos Santos Pollyana Bittencourt Fraga Leitão María Fernanda Quintana Ytza	
DOI 10.22533/at.ed.8132109041	
CAPÍTULO 2	24
ANÁLISE NUMÉRICA DA DISTRIBUIÇÃO DE CARGA EM PONTES DE MADEIRA LAMINADA COLADA	
Felipe Batista Irikura Jorge Luís Nunes de Góes	
DOI 10.22533/at.ed.8132109042	
CAPÍTULO 3	44
ERROS DE CÁLCULO NA ENGENHARIA	
Giovanna de Souza Florenzano Júlio César Brasil Júnior Hugo Nascimento Barroso Mariana Mattos dos Reis Ylthar Ramos	
DOI 10.22533/at.ed.8132109043	
CAPÍTULO 4	50
PERCEPCIÓN DE LOS ALUMNOS SOBRE LA UTILIZACIÓN DE REALIDAD AUMENTADA EN LA ASIGNATURA DE DISEÑO DE HORMIGÓN REFORZADO	
Gláucia Nolasco de Almeida Mello	
DOI 10.22533/at.ed.8132109044	
CAPÍTULO 5	61
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE COLMOS DE BAMBU DAS ESPÉCIES <i>BAMBUSA TULDOIDES</i> E <i>PHYLLOSTACHYS AUREA</i>	
Ana Claudia Dal Prá Vasata Leonardo Müller Portes Alana Karolyne Dametto dos Santos Ana Caroline Cadorin Leonardo Pirola dos Santos Paôla Regina Dalcanal Paulo Rogerio Novak Fabiano Ostapiv	
DOI 10.22533/at.ed.8132109045	
CAPÍTULO 6	72
PEAD REFORÇADO COM FIBRA DE BAMBU	
Franciele Matos Silva	

Danilo Belchior Costa Silva
Luiz Felipe Alves Barcelo
Edson Alves Figueira Júnior
DOI 10.22533/at.ed.8132109046

CAPÍTULO 7..... 82

PRECONCEITO COM A MULHER NA ENGENHARIA CIVIL

Jaqueline de Souza
Raiany Ribeiro Teixeira
Bárbara Pegher Dala Costa
Sandro Roberto Mazurechen

DOI 10.22533/at.ed.8132109047

CAPÍTULO 8..... 87

INFRAESTRUTURA SUSTENTÁVEL: VIABILIDADE DE SISTEMA INTERLIGADO DE TELHADO VERDE, FILTRO ANAERÓBIO E DE AREIA

Thauan Ribeiro Sarmento
Lucas Tavares de Freitas
Daniel Cosmo Oliveira
David dos Santos Dias
Francisco Edmilson dos Passos Junior

DOI 10.22533/at.ed.8132109048

CAPÍTULO 9..... 98

CONFORTO TÉRMICO EM REFORMAS COM FINALIDADE SOCIAL

Barbara Correia do Nascimento
Gabriela Leite Lucio
Luiz Fernando Antunes de Souza
Taynah Thara Ferreira Bandeira
Maria Fernanda Quintana Ytza

DOI 10.22533/at.ed.8132109049

CAPÍTULO 10..... 110

ABRIGOS TEMPORÁRIOS EM ESTRUTURAS DE MADEIRA

Amanda Nascimento Mesquita
Beatriz Staff
Derlan Cruz Gonçalves
Victor Gitti Alves
Vinicius Gabriel Xavier Tomaz
Maria Fernanda Ytza Quintana

DOI 10.22533/at.ed.81321090410

CAPÍTULO 11..... 124

ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DE RISCOS EM SEGURANÇA DO TRABALHO PELOS INTERVENIENTES NA CONSTRUÇÃO DE EDIFICAÇÕES VERTICAIS

Vinicius Borges de Lacerda Stecanella
Beatriz de Souza Correia

Hugo Sefrian Peinado

DOI 10.22533/at.ed.81321090411

CAPÍTULO 12..... 135

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA E CRONOLÓGICA DO *TILT-UP* EM OBRAS SOCIAIS

Alberto Naddeo Neto

Julia Vinha Cirqueira Santos

Juliana Novaes Frutuoso Faria

Mateus Vicente da Costa

Nayara Cavichioli Monteiro

Wallace Fornos

Maria Fernanda Quintana Ytza

DOI 10.22533/at.ed.81321090412

CAPÍTULO 13..... 148

COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS: ALVENARIA ESTRUTURAL E PAREDE DE CONCRETO

Bruna Pedrosa Miguel Silva

Bryam Isac Cardoso

Camila de Paula Silva

Erik Ricardo Monteiro Moura

Fernando Pereira da Silva Melo

Geovanna Santos Fernandes

Layse de Ataíde Araújo

Maria Fernanda Quintana Ytza

DOI 10.22533/at.ed.81321090413

CAPÍTULO 14..... 163

ESTUDO DE VIABILIDADE DE UMA ESTRUTURA METÁLICA COMO ALTERNATIVA PARA CONSTRUÇÕES: ESTUDO DE CASO EM GALPÃO INDUSTRIAL FEITO EM CONCRETO ARMADO PRÉ-FABRICADO

Enrique Santana dos Santos

Fábio Rodrigo Mandello Rodrigues

DOI 10.22533/at.ed.81321090414

CAPÍTULO 15..... 169

ANÁLISE, DIAGNÓSTICO E METODOLOGIA DE REPARO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS: ESTUDO DE CASO EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL NA CIDADE DE GUARUJÁ-SP

Guilherme Gonzaga Pereira

Camilla Diniz Ribeiro

DOI 10.22533/at.ed.81321090415

CAPÍTULO 16..... 186

***SOFTWARE ON-LINE* PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS E INSUMOS DE EDIFICAÇÕES: ALVENARIA, REVESTIMENTO E ACABAMENTO**

Ana Beatriz Laluze Vaz

Gustavo Cabrelli Nirschl

DOI 10.22533/at.ed.81321090416

SOBRE A ORGANIZADORA.....	200
ÍNDICE REMISSIVO.....	201

ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL DE EDIFÍCIOS MULTIPAVIMENTOS – COMPARATIVO ENTRE MODELOS

Data de aceite: 01/04/2021

Juliane Miranda dos Santos

Universidade Anhembi Morumbi

Pollyana Bittencourt Fraga Leitão

Universidade Anhembi Morumbi

María Fernanda Quintana Ytza

Universidade Anhembi Morumbi
São Paulo - SP

RESUMO: A análise da estabilidade global é um quesito essencial na verificação de uma estrutura, principalmente quando se trata da concepção de edifícios com altura e esbeltez acentuadas. Durante a análise é considerado tanto os esforços provocados pela estrutura quanto os esforços horizontais causados pela ação do vento. Dessa forma, é possível prevenir problemas que afetam a funcionalidade e a segurança da edificação. Este estudo relaciona os valores dos parâmetros de instabilidade α e Gama Z (γ_z) com o consumo de concreto referente a modelagem de quatro soluções estruturais, que se diferenciam pela tipologia e quantidade de pilares. Os modelos foram analisados como um pórtico espacial no software CAD/TQS.

PALAVRA-CHAVE: Análise; estabilidade; estrutura; TQS.

ABSTRACT: The analysis of global stability is an essential requirement when verifying structures, especially when it comes to the design of tall and slender buildings. During the analysis, it

is considered both the stresses caused by the structure and the horizontal stresses caused by the action of the wind. This way, it is possible to prevent problems that affect the functionality and safety of the building. This study compares the values of the Alfa (α) and Gamma Z (γ_z) instability parameters with the concrete consumption regarding the model of four structural solutions, which differ by the type and number of columns. The models were analyzed as a spatial portico in the CAD / TQS software.

KEYWORDS: Analysis; stability; structure; TQS.

1 | INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional, a verticalização urbana tornou-se o caminho para atender esta grande demanda, assim, modelos de construção de edifícios cada vez mais altos e esbeltos é a solução adequada. Para acompanhar esses avanços houve a evolução da Teoria das Estruturas e a preocupação de profissionais da área em garantir o equilíbrio de um edifício. A fim de que não ocorra a inviabilidade do seu uso, é indispensável a análise da estabilidade global desse tipo de estrutura, que sofre sob influência de forças horizontais e verticais.

No projeto estrutural de edifícios, a ação do vento deve ser levada em consideração para um modelo ideal de dimensionamento. Para isso, é necessária uma análise de primeira ordem na qual ações verticais e horizontais, quando solicitadas, causam deslocamento na

estrutura e à medida que são expressivas, provocam o surgimento de esforços adicionais, conhecido como efeitos de segunda ordem, ou seja, os deslocamentos dos nós devido as cargas atuantes são obtidos em cada pavimento e as forças horizontais são recalculadas para considerações de uma nova análise (BUENO, 2009). Esses efeitos adicionados ao carregamento original da estrutura podem impedir sua utilização, já que sua estabilidade estará comprometida.

A esbeltez e flexibilidade das edificações podem submetê-las a um comportamento dinâmico, quando expostas ao vento (NBR 6123:1998). Desta forma, é importante elaborar modelos estruturais com maior rigidez, considerando esforços horizontais devido a ação do vento para promover um menor deslocamento.

Negligenciar a análise de estabilidade global de Edifícios pode resultar em casos como do Edifício Millennium Palace, em Balneário Camboriú (SC), onde houve um deslocamento horizontal expressivo do prédio durante uma forte chuva com rajadas de vento a 90km/h (G1, 2018), como também o colapso do edifício residencial Real Class, no Belém (PA), que ocorreu sob uma tempestade tropical com rajadas de vento de 39,4 m/s (IMBRACON,2018).

Desta forma, como exemplificado acima, a proposta deste artigo é analisar o equilíbrio de uma estrutura como um conjunto, avaliando a estabilidade global através do parâmetro Alfa e verificando a existência dos efeitos de 2º ordem (globais e locais) por meio do coeficiente Gama Z.

2 I ESTUDO DE CASO

A estrutura do edifício foi analisada a partir de sua modelagem no software CAD/TQS. A análise da estabilidade global do modelo estrutural baseou-se nas exigências referidas na NBR 6118:2014. Através dos parâmetros pré-estabelecidos descritos no tópico 2.2 de características gerais, foram elaborados 4 modelos estruturais.

A realização das modificações na estrutura durante a modelagem baseou-se na mudança de seção e tipologia dos pilares, criando hipóteses para uma edificação sendo composta por pilares regulares, pilares regulares com pilares parede de seção retangular, pilares regulares com pilares parede de seção L ou pilares parede de seção retangular, U e L. Tendo em vista que a estabilidade global é beneficiada pelo núcleo central rígido, a elaboração das estruturas de pórticos tem embasamento na modificação dos pilares centrais, porém, de antemão, foi estudado todos os elementos estruturais para verificar a possibilidade de incrementar alternativas que assegurem um melhor comparativo entre os modelos.

2.1 Descrição do modelo

Trata-se do estudo de uma edificação residencial onde a análise ocorre no Anteprojeto, ou seja, quando a arquitetura não está totalmente definida, portanto, considerou-se apenas

a modelagem de um pavimento tipo multiplicado 25 vezes mais cobertura, tendo a fundação engastada no solo e sem consideração das vagas de garagem para o estudo estrutural.

2.2 Características gerais

O Edifício foi projetado no software CAD/TQS com os seguintes critérios para dimensionamento:

- Modelo IV – Modelo integrado de pórtico espacial;
- Processo Gama Z para análise de 2ª ordem;
- Coeficientes de não-linearidade física para pilares e vigas iguais quando $\gamma_z \leq 1,30$;
- Coeficiente de majoração dos esforços horizontais e verticais (γ_f / γ_{f3}) = 1,27;
- Correção do γ_z para transferências de esforços quando $\gamma_z \leq 1,30$;
- Consideração do valor de referência $\gamma_z > 1,10$ para uma estrutura deslocável;
- Consideração do valor de referência $\alpha > 0,6$ para uma estrutura de nós móveis;
- Análise plástica para verificação da resistência da estrutura no ELU (Estado Limite Último);
- Análise linear para verificação da funcionalidade da estrutura nos ELS (Estado Limites de Serviço);
- Os limites para deslocamentos obedecem aos valores estabelecidos pela norma, conforme o item 13.3, tabela 13.2 da NBR 6118:2014.

Foram utilizados modelos específicos para o cálculo dos elementos estruturais, sendo para:

- Pilares: Dimensionamento por modelo de pórtico espacial, que possibilita a avaliação do comportamento global da estrutura, perante a atuação de ações verticais e horizontais. O modelo de pórtico espacial permite verificação da estabilidade global do edifício;
- Vigas: Cálculo dos esforços atuantes nas vigas por modelo de pórtico espacial;
- Lajes: Cálculo por um modelo de grelhas de lajes planas, que é composto por barras que representam todo o conjunto de vigas e lajes que formam a estrutura do pavimento. Esse modelo permite uma análise do comportamento da estrutura muito aproximado do real.

Sendo uma estrutura de concreto armado com:

- Concreto C40;
- Módulo de elasticidade de 31000 tf/m² (Ecs) e 35000 tf/m² (Eci);

A localização da edificação foi definida em região costeira, na cidade do Rio de Janeiro. Dessa forma, a obra é classificada na Classe de agressividade ambiental III, com agressividade forte, risco de deterioração grande e com exposição da estrutura em ambiente marinho, conforme estabelecido na Tabela 6.1 da NBR 6118:2014.

Em função da classe de agressividade ambiental – Classe III – serão considerados os valores de cobrimento estabelecidos na Tabela 7.2 da NBR 6118:2014.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	30		40	50
Concreto protendido ^a	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

^a Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

^b Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

^c Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Figura 1 - Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal par $\Delta c = 10$ mm (NBR 6118:2014)

2.2.1 Cargas Consideradas

A determinação dos esforços nos elementos estruturais apresentados a seguir estão de acordo com os valores das cargas estabelecidos na NBR 6120:1980.

2.2.1.1. Peso próprio e cargas permanentes

Os materiais utilizados para a determinação do peso próprio da estrutura e de todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes são:

Materiais	kN/m³	kg/m³	tf/m³
Tijolos furados	13,0	1300	1,30
Argamassa de cal, cimento e areia	19,0	1900	1,90
Argamassa de cimento e areia	21,0	2100	2,10
Argamassa de gesso	12,5	1250	1,25
Concreto armado	25,0	2500	2,50

Tabela 1 - Peso específico dos materiais (Autores)

Materiais	kN/m²	kg/m²	tf/m²
Revestimento de pisos	1,0	100	0,1
Escadas e corredores com acesso à público	0,50	50	0,050

Tabela 2 - Cargas por unidade de área (Autores)

2.2.1.2. Cargas acidentais

Para a determinação das cargas acidentais atuantes na edificação, foram adotados os valores a seguir de acordo com a tabela 2 da NBR 6120:1980, caracterizados em função do uso da edificação:

Locais	kN/m²	kg/m²	tf/m²
Dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro	1,5	150	0,150
Despensa, área de serviço e lavanderia	2,0	200	0,200
Corredores com acesso ao público	3,0	300	0,300
Escadas com acesso ao público	3,0	300	0,300

Tabela 3 - Cargas por unidade de área (Autores)

2.2.1.3. Sobrecarga do vento

De acordo com a NBR 6123:1988, as cargas devidas à ação do vento foram determinadas de acordo com os seguintes parâmetros:

Parâmetros	Valores
Velocidade básica do vento (V_0) para uma rajada de 3s, excedida na média uma vez em 50 anos, a 10m acima do terreno, em campo aberto e plano, de acordo com a Figura 1 – Isopletras da NBR 6123:1988, para a cidade do Rio de Janeiro	$V_0=34$ m/s
Fator topográfico (S_1) para terreno plano ou fracamente acidentado, classificado no item 5.2 da NBR 6123:1988	$S_1=1,0$
Fator (S_2) que considera a influência da rugosidade do terreno, das dimensões da edificação e da sua altura sobre o terreno: <ul style="list-style-type: none"> Rugosidade do terreno – categoria II – considerando terrenos abertos em nível ou aproximadamente em nível, com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas (zonas costeiras e planas) Dimensões da edificação – Classe C, estabelecido para toda edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda a 50m. 	$b=1,00$ $F_f=0,95$ $p=0,10$
Fator (S_3) baseado em conceitos probabilísticos para edifícios residenciais	$S_3=1,0$

Tabela 4 - Parâmetros para determinação das cargas do vento (Autores)

2.3 Modelos

Para a elaboração do comparativo dos parâmetros de instabilidade, foram elaborados 4 modelos estruturais que se diferenciam pela tipologia dos respectivos pilares.

- Modelo 1:** caracteriza-se por apresentar pilares regulares, principalmente em seu núcleo estrutural. Esses elementos estruturais foram pré-dimensionados para serem considerados pilares retangulares padrão e, diante disso, avaliar o pórtico espacial em termos de instabilidades e deformações.

Na construção deste modelo, foram distribuídos pilares cuja maior dimensão da seção transversal não ultrapassa cinco vezes a menor dimensão, para atender as especificações de pilares regulares, segundo a NBR6118:2014.

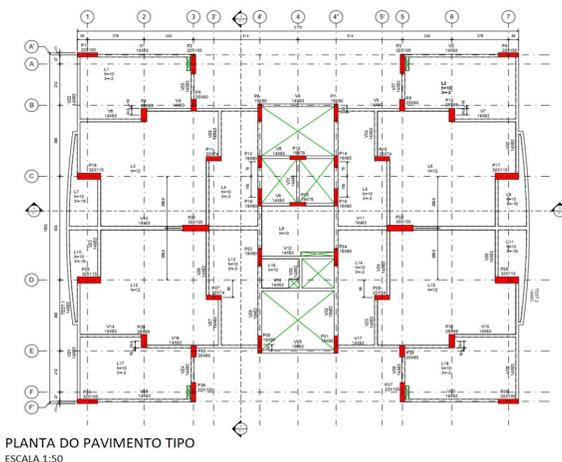


Figura 2 – Modelo 1 - Planta do pavimento tipo (Autores)

- Modelo 2:** tendo como base o modelo 1, este modelo é constituído por pilares parede em determinados pontos, principalmente em seu núcleo e nas extremidades. Segundo WIGHT e MACGREGOR (2009), os pilares-parede ou “Shear walls” são estruturas de superfícies planas capazes de resistir a carregamentos laterais, provenientes de vento ou ações sísmicas, bem como os carregamentos gravitacionais.

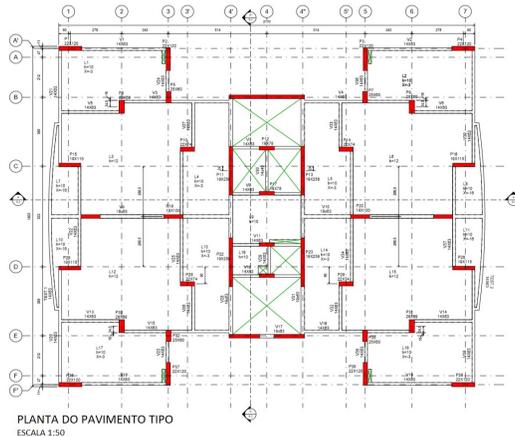


Figura 3 - Modelo 2 - Planta do pavimento tipo (Autores)

- Modelo 3:** caracteriza-se por apresentar pilares parede de seção L, principalmente em seu núcleo e extremidades, com o objetivo de aumentar a rigidez da estrutura. Ressalta-se que foi utilizado o modelo 1 como base, ou seja, além dos pilares parede de seção L, há pilares regulares.

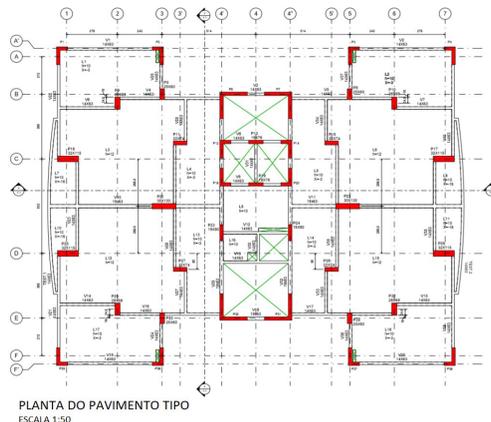


Figura 4 - Modelo 3 - Planta do pavimento tipo (Autores)

- Modelo 4: na construção deste modelo, foi utilizado como base a planta de formas do Modelo 3, sendo modificadas as dimensões de determinados pilares parede de seção L e acrescentados pilares parede em U.

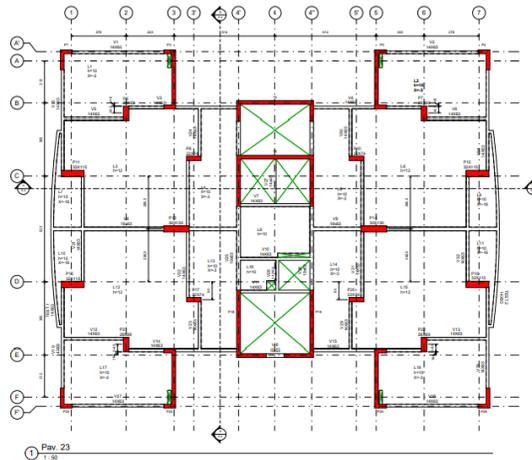


Figura 5 - Modelo 4 - Planta do pavimento tipo (Autores)

3 | ANÁLISE DOS MODELOS

3.1 ELU – Estabilidade Global

Foram consideradas as combinações mais desfavoráveis do CAD/TQS com os seguintes casos de carregamento horizontal:

Caso	Direção do vento	Coefficiente de arrasto	Pressão (tf/m ²)
1	Vento 90°	1,38	0,085
2	Vento 270°	1,38	0,085
3	Vento 0°	1,28	0,079
4	Vento 180°	1,28	0,079

Tabela 5 - Caso de carregamento horizontal (Autores)

Os valores máximos de cada modelo estrutural elaborado relacionado com os parâmetros de instabilidade foram obtidos através das combinações das ações feitas pelo CAD/TQS, sendo eles:

Modelo	Parâmetro Gama z	Parâmetro α
1	1,18	0,88
2	1,10	0,71
3	1,08	0,67
4	1,06	0,57

Tabela 6 – Valores máximos dos parâmetros de instabilidade (Autores)

3.1.1 Parâmetro de instabilidade Gama z

Segundo KIMURA (2008), a estabilidade global de uma estrutura está relacionada com a sua capacidade de gerar menos efeitos de segunda ordem, ou seja, quanto mais estável for a estrutura, menor será o valor do coeficiente gama z. Portanto, ele considera ideal projetar estruturas com um Υz menor que 1,20. Sendo assim, nenhum dos modelos estão com a estabilidade global comprometida.

Uma estrutura submetida a ação de cargas horizontais e verticais sofre deslocamentos horizontais em seus nós e o nível desta deslocabilidade determina a sua classificação, sendo de nós fixos ou nós móveis.

Uma estrutura classificada como nós fixos é analisada através dos efeitos de primeira ordem onde a mesma é considerada em sua posição não-deformada e cada elemento comprimido é verificado de forma isolada. Nesse caso os efeitos globais de segunda ordem podem ser desconsiderados, pois para uma edificação ser definida como nós fixos, é necessário que a magnitude do deslocamento dos nós não ultrapasse 10% dos valores obtidos em relação os esforços de primeira ordem na estrutura.

Segundo a NBR 6118:2014 item 15.4.2, as estruturas de nós móveis são aquelas onde os deslocamentos horizontais não são pequenos e, em decorrência, os efeitos globais de 2ª ordem são importantes, superiores a 10 % dos respectivos esforços de 1ª ordem (ABNT, 2014, p. 103). Na análise de estruturas classificadas como nós móveis, é indispensável considerar os efeitos da não linearidade física e geométrica e os efeitos globais e locais de segunda ordem.

A NBR6118:2014 também determina que a estrutura é considerada de nós fixos quando obedecida a condição: $\Upsilon z < 1,10$. Quando o coeficiente Υz é igual ou superior a 1,10, a estrutura é considerada de nós móveis. Sendo assim, pelo parâmetro Υz , os modelos 1 e 2 são considerados de nós moveis e os modelos 3 e 4 de nós fixos.

Na tabela abaixo, foram relacionados os valores do parâmetro Υz dos quatro casos simples de vento prescritos na Tabela 5, para análise da consideração dos efeitos globais de 2ª ordem:

Modelo	Caso	Direção do vento	Υ_z	Considerar efeito global de 2ª ordem
1	1	Vento 90°	1,10	Sim
	2	Vento 270°	1,10	Sim
	3	Vento 0°	1,18	Sim
	4	Vento 180°	1,18	Sim
2	1	Vento 90°	1,07	Sim
	2	Vento 270°	1,07	Sim
	3	Vento 0°	1,10	Sim
	4	Vento 180°	1,10	Sim
3	1	Vento 90°	1,06	Não
	2	Vento 270°	1,06	Não
	3	Vento 0°	1,08	Não
	4	Vento 180°	1,08	Não
4	1	Vento 90°	1,05	Não
	2	Vento 270°	1,05	Não
	3	Vento 0°	1,06	Não
	4	Vento 180°	1,06	Não

Tabela 7 - Conferência de estabilidade global (Dados extraídos do CAD/TQS)

Os valores foram analisados através do gráfico conforme abaixo para cada modelo, no qual apresenta os carregamentos simples de vento nas duas direções (0°-180° e 90°-270°), ou seja, o eixo das abcissas está composto pelos casos 3 e 4 de Vento 0° e Vento 180°, enquanto o eixo das ordenadas possui valores correspondentes aos casos 1 e 2 de Vento 90° e Vento 270°. Observa-se que foi estabelecido um raio de 1,10 para identificar o valor limite de uma estrutura de nós fixos, e um raio de 1,30 para alertar ao elevado nível de estabilidade da estrutura e os valores calculados do CAD/TQS afim de comparar os resultados com os valores limites e, dessa forma, obter uma análise geral do parâmetro Υ_z .

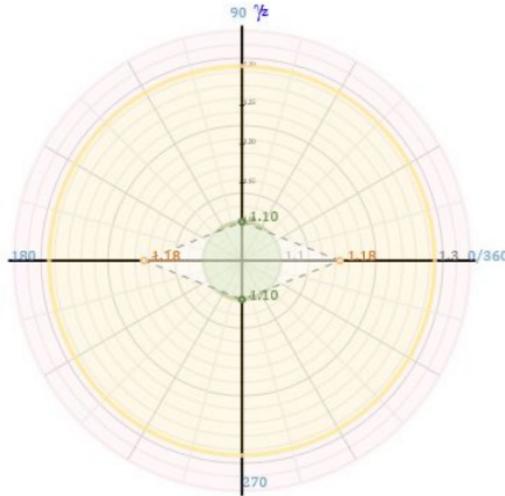


Figura 6 - Valores Gama Z – Modelo 1 (Dados extraídos do CAD/TQS)

3.1.2 Parâmetro de instabilidade α

Segundo a NBR 6118:2014 item 15.5.2, esse parâmetro também tem como objetivo a verificação da instabilidade da estrutura, realizando a identificação dos nós fixos e nós móveis. Para identificar os nós é preciso fazer a comparação dos parâmetros α e α_1 , onde: $\alpha < \alpha_1$ considera-se nós fixos e $\alpha > \alpha_1$ considera-se nós móveis. Sendo, $\alpha_1 = 0,6$ se o número de pavimentos for maior ou igual a 4, que é o caso dos modelos em estudo.

Pode-se observar o parâmetro de instabilidade α através tabela abaixo, sendo para os carregamentos simples de vento nas duas direções (0° - 180° e 90° - 270°) prescritos na Tabela 5.

Modelo	Caso	Direção do vento	α	Classificação da estrutura
1	1	Vento 90°	0,88	Nós móveis
	2	Vento 270°	0,88	Nós móveis
	3	Vento 0°	0,71	Nós móveis
	4	Vento 180°	0,71	Nós móveis
2	1	Vento 90°	0,62	Nós móveis
	2	Vento 270°	0,62	Nós móveis
	3	Vento 0°	0,70	Nós móveis
	4	Vento 180°	0,70	Nós móveis

3	1	Vento 90°	0,55	Nós fixos
	2	Vento 270°	0,55	Nós fixos
	3	Vento 0°	0,67	Nós móveis
	4	Vento 180°	0,67	Nós móveis
4	1	Vento 90°	0,55	Nós fixos
	2	Vento 270°	0,55	Nós fixos
	3	Vento 0°	0,57	Nós fixos
	4	Vento 180°	0,57	Nós fixos

Tabela 8 - Classificação da estrutura (Dados extraídos do CAD/TQS)

Os dados foram analisados através do gráfico conforme abaixo para cada modelo, que representa os valores de instabilidade α para os 4 casos de carregamentos simples de vento da Tabela 5, tendo α_1 igual a 0,60 conforme estabelecido na NBR 6118:2014 para edifícios a partir do quarto piso.

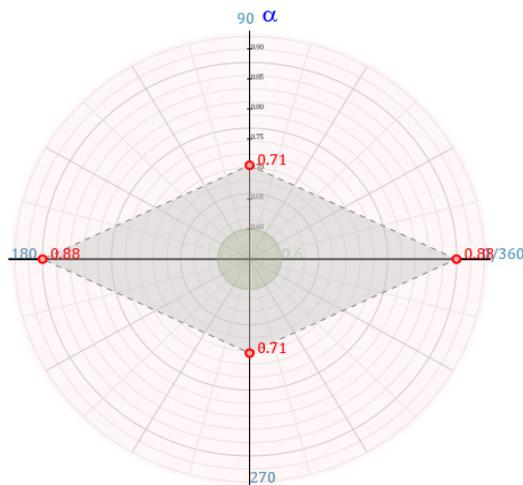


Figura 7 - Valores de α – Modelo 1 (Dados extraídos do CAD/TQS)

Verifica-se no gráfico que os valores de α são superiores a 0,60 (α_1), justificando a classificação do Modelo 1 através do parâmetro α , uma estrutura de nós móveis.

3.2 ELS – Deslocamentos Horizontais

Para a análise ELS no CAD/TQS, foi considerado 30% do carregamento dos casos citados na Tabela 5 – Caso de carregamento horizontal, para definir o deslocamento

horizontal em cada direção. Dessa forma, os deslocamentos máximos da estrutura com altura de 74,88 metros são:

Modelo	Caso de carregamento	Direção do vento	Deslocamento horizontal (cm)
1	0,3 (1)	Vento 90°	2,14
	0,3 (2)	Vento 270°	2,14
	0,3 (3)	Vento 0°	2,49
	0,3 (4)	Vento 180°	2,49
2	0,3 (1)	Vento 90°	1,78
	0,3 (2)	Vento 270°	1,78
	0,3 (3)	Vento 0°	1,51
	0,3 (4)	Vento 180°	1,51
3	0,3 (1)	Vento 90°	1,23
	0,3 (2)	Vento 270°	1,23
	0,3 (3)	Vento 0°	1,36
	0,3 (4)	Vento 180°	1,36
4	0,3 (1)	Vento 90°	1,11
	0,3 (2)	Vento 270°	1,11
	0,3 (3)	Vento 0°	0,91
	0,3 (4)	Vento 180°	0,91

Tabela 9 - Deslocamentos máximos (Autores)

O deslocamento horizontal da edificação dos 4 modelos está dentro do limite, ou seja, não ultrapassaram o valor calculado equivalente a $7488 / 1700 = 4,40$ cm conforme a NBR 6118:2014 tabela 13.2, que determina o cálculo do deslocamento máximo pela equação a seguir (H é igual a altura da edificação).

$$\frac{H}{1700} \quad \text{(Equação 1)}$$

Os dados foram analisados através do gráfico abaixo para cada modelo, que representa os valores dos deslocamentos horizontais para os 4 casos de carregamentos simples de vento.

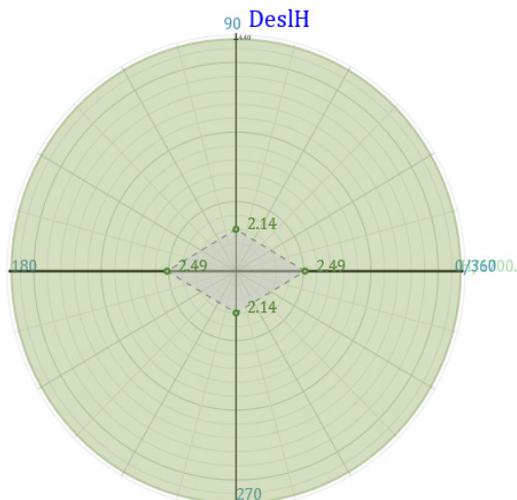


Figura 8 - Deslocamentos máximos – Modelo 1 (Dados extraídos do CAD/TQS)

É possível observar no gráfico acima que os valores dos deslocamentos horizontais são menores que 4,40 cm, determinando que não há deslocamentos excessivos e não será necessário considerar os efeitos globais de segunda ordem na verificação.

3.3 Verificação Manual dos Resultados Obtidos

A conferência de forma manual pode resultar em valores aproximados aos extraídos pelo Sistema CAD/TQS. Para a validação dos resultados, foram extraídas as cargas e deslocamentos do software para aplicação das fórmulas e conferência dos parâmetros de instabilidade.

3.3.1 Cálculo dos coeficientes para análise da estabilidade global

Para a validar os resultados dos coeficientes Gama Z e de instabilidade α obtidos no software, de forma geral, deve-se calcular os momentos totais de primeira ordem e de segunda ordem, tendo bem definida a correção de rigidez em pilares e vigas para simular a não-linearidade física (NLF) de forma aproximada.

Após a definição dos critérios e o processamento global da estrutura pelo CAD/TQS, foram feitas as somatórias das cargas horizontais aplicadas para o caso de Vento 3 (0°):

Piso	Somatória das cargas aplicadas (tf)	Piso	Somatória das cargas aplicadas (tf)
1	3,033	14	4,447
2	2,62	15	4,361
3	2,933	16	4,625
4	3,696	17	4,696
5	3,376	18	4,773
6	3,545	19	4,837
7	3,693	20	4,904
8	3,731	21	4,977
9	3,936	22	5,037
10	4,062	23	5,1
11	4,174	24	5,158
12	4,279	25	5,207
13	4,366	26	2,616

Tabela 10 - Somatória das cargas horizontais aplicadas por piso (Autores)

Considerando a distância entre pisos de 2,88 m, calcula-se o momento total de primeira ordem pela somatória do produto entre as cargas horizontais (Fhd) por piso e as respectivas distâncias até a base da edificação.

Piso	Distância em y (m)	Fhd (m)	Mpiso (tf.m)
1	2,88	4,246	12,23
2	5,76	3,668	21,13
3	8,64	4,106	35,48
4	11,52	5,174	59,61
5	14,4	4,726	68,06
6	17,28	4,963	85,76
7	20,16	5,170	104,23
8	23,04	5,223	120,35
9	25,92	5,510	142,83
10	28,8	5,687	163,78
11	31,68	5,844	185,13
12	34,56	5,991	207,04
13	37,44	6,112	228,85

14	40,32	6,226	251,02
15	43,2	6,105	263,75
16	46,08	6,475	298,37
17	48,96	6,574	321,88
18	51,84	6,682	346,41
19	54,72	6,772	370,55
20	57,6	6,866	395,46
21	60,48	6,968	421,41
22	63,36	7,052	446,80
23	66,24	7,140	472,95
24	69,12	7,221	499,13
25	72	7,290	524,87
26	74,88	3,662	274,24
M1d (tf.m)			6321,31

Tabela 11 - Momento total de primeira ordem - M1d (Autores)

Para o cálculo do momento total de segunda ordem, é necessário obter os valores das cargas verticais totais por pavimento. Tendo em vista que o modelo possui o pavimento “Tipo” e o pavimento “Cobertura”, foram encontrados os seguintes resultados:

Pavimento	Carga aplicada	Peso-próprio dos pilares	Total
Cobertura	230,2	57,1	287,3
Tipo (x25)	326,6	57,1	383,7

Tabela 12 - Cargas verticais totais (Autores)

O somatório do produto entre as cargas verticais (Fvd) por piso e os respectivos deslocamentos horizontais resulta no momento total de segunda ordem. Para fins de simplificação de cálculo, foram considerados os deslocamentos máximos por piso, e foram divididos por 0,7 para contemplar os critérios estabelecidos para não-linearidade física.

Piso	Deslocamento/0,7 (m)	Fvd (tf)	Mpiso (tf.m)
1	0,00248	536,9	1,33
2	0,00852	536,9	4,57
3	0,01634	536,9	8,77
4	0,0251	536,9	13,48
5	0,03428	536,9	18,40
6	0,0436	536,9	23,41
7	0,0529	536,9	28,40
8	0,06206	536,9	33,32
9	0,07102	536,9	38,13
10	0,0797	536,9	42,79
11	0,0881	536,9	47,30
12	0,09616	536,9	51,63
13	0,10386	536,9	55,76
14	0,11118	536,9	59,69
15	0,11812	536,9	63,42
16	0,12464	536,9	66,92
17	0,13072	536,9	70,18
18	0,13636	536,9	73,21
19	0,14156	536,9	76,00
20	0,1463	536,9	78,55
21	0,15058	536,9	80,85
22	0,1544	536,9	82,90
23	0,15778	536,9	84,71
24	0,16074	536,9	86,30
25	0,16334	536,9	87,70
26	0,16572	418,18	69,30
		M2d (tf.m)	1347,04

Tabela 13 - Momento total de segunda ordem - M2d (Autores)

Segunda a NBR 6118:2014, item 15.3.1 – Relações momento-curvatura, pode-se considerar a relação γ_f / γ_{f3} para majoração dos esforços horizontais, sendo $\gamma_f = 1,40$ e $\gamma_{f3} = 1,10$. Ressalta-se que o γ_{f3} é um coeficiente de aproximação de projeto no qual diminui o valor dos efeitos de segunda ordem calculados. Dessa forma, com os valores dos momentos totais de primeira ordem e de segunda ordem, é possível aplicar a equação do coeficiente γ_z (NBR 6118:2014, item 15.5.3) com a complementação do γ_{f3} conforme a seguir:

$$V_x = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{L,tot,d} \times \left(\frac{V_f}{V_{f3}}\right)} \times \frac{1}{V_{f3}}} = \frac{1}{1 - \frac{1347,04}{6321,31 \times \left(\frac{1,4}{1,1}\right)} \times \frac{1}{1,1}} = 1,18 \quad (\text{Equação 2})$$

Nota-se que o valor calculado é igual ao obtido pelo Software CAD/TQS.

Para seguir com as verificações, deve-se calcular o coeficiente de instabilidade α (equação apresentada na NBR 6118:2014, item 15.5.2). Portanto, sabendo a carga total característica e a altura de 74,88 m da edificação, obtém-se:

$$N_k = (287,3 + 383,6) \times 25 = 9879,8 \text{ tf} \quad (\text{Equação 3})$$

Para calcular a rigidez (EI), deve-se usar a fórmula que relaciona o deslocamento horizontal do topo com a força horizontal por piso. Segundo Alio Kimura (2007), utiliza-se a seguinte fórmula para calcular a rigidez $E_{cs} I_c$:

$$E_{cs} I_c = \frac{F_{kk} \cdot x^2 \cdot \left(l - \frac{x}{3}\right)}{2d} \quad (\text{Equação 4})$$

Sendo:

d: deslocamento horizontal do topo da estrutura;

l: altura total da estrutura;

x: distância da força horizontal de um ponto até a base da estrutura.

		$\Sigma EI \text{ (tf.m}^2\text{)}$	
		78927162	
Piso	EI (tf.m ²)	Piso	EI (tf.m ²)
1	11221,33	14	2680306,49
2	38269,80	15	2970232,45
3	95125,54	16	3527156,06
4	210264,01	17	3977746,02
5	296037,41	18	4458296,82
6	441501,84	19	4950129,78
7	617326,64	20	5466630,63
8	803127,59	21	6011216,50
9	1056989,04	22	6559739,96
10	1327180,88	23	7129676,45
11	1625900,26	24	7708659,54
12	1954024,47	25	8287523,04
13	2304438,26	26	4418441,03
Deslocamento horizontal do topo =			
0,08286 m			

Tabela 14 - Rigidez – EI (Autores)

Aplicando os valores calculados, o coeficiente α resulta em:

$$\alpha = 74,88 \sqrt{\frac{9886,2}{78927162}} = 0,84 \quad (\text{Equação 5})$$

O valor encontrado do coeficiente α é bem próximo do resultado obtido pelo sistema computacional, tendo uma diferença de 4,5% para menos sem mudar a classificação da estrutura.

A verificação manual dos resultados obtidos no sistema computacional tem como objetivo confirmar a veracidade dos valores encontrados e servir como base para validar as análises dos demais modelos estruturais. A verificação foi realizada apenas para o Modelo 1, pois o conceito de cálculo é o mesmo para os demais modelos.

4 | COMPARATIVOS ENTRE OS QUATRO MODELOS

Foi elaborado um comparativo para análise final, relacionando todos os parâmetros de análise da estabilidade global e o consumo de concreto dos elementos estruturais (pilares, lajes e vigas). A tabela abaixo apresenta os valores gerais obtidos no CAD/TQS dos 4 modelos estruturais.

Modelo	Υz	A	DesIH (cm)	Consumo de concreto (m ³)
1	1,18	0,88	2,49	1877
2	1,10	0,71	1,78	1975,2
3	1,08	0,67	1,36	2017,1
4	1,06	0,59	1,11	2129,8

Tabela 27 - Comparativo geral entre Υz , α , DesIH e consumo de concreto (Autores)

Pode-se observar que houve uma diminuição progressiva dos valores do Υz , do α e do deslocamento horizontal na medida que foi acrescentando pilares paredes com seções mais rígidas. Em contrapartida, houve um aumento progressivo significativo relacionado ao consumo de concreto.

4.1 Comparativo entre os parâmetros Υz , α e DesIH

O gráfico abaixo apresenta um comparativo entre os valores de Υz , α e DesIH. Estes dados estão representados em porcentagem através da relação entre os valores calculados e os valores limites de cada parâmetro, sendo os limites:

- $\Upsilon z = 1,20$ (valor máximo para um dimensionamento ideal da estrutura);
- $\alpha = 0,60$ (valor máximo para considerar a estrutura de nós móveis);

- DeslH = 4,40 cm (valor máximo de deslocamento da estrutura).

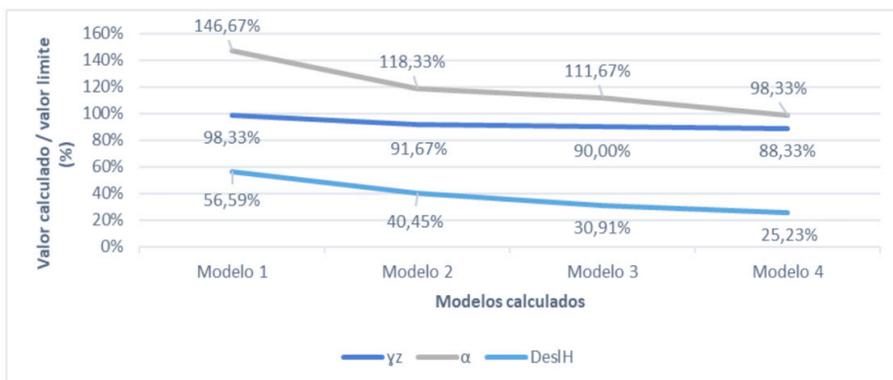


Gráfico 1 – Comparativo geral (Autores)

Nota-se que todos os valores de γ_z ficaram abaixo do limite máximo (1,20), sendo que o maior valor foi obtido no Modelo 1 e o menor valor foi obtido no modelo 4, chegando a 98,33% e 88,33% do limite máximo, respectivamente.

Em relação ao coeficiente α , o único modelo que ficou abaixo do limite mínimo (0,60), ou seja, que foi considerado pelo parâmetro como uma estrutura de nós fixos, foi o Modelo 4, chegando a 98,33%. O Modelo 1 ultrapassou 46,67%, sendo o a estrutura considerada por essa análise a mais deslocável entre as quatro estruturas modeladas.

O DeslH manteve-se abaixo do valor máximo de deslocamento nos quatro modelos, sendo o maior valor obtido no Modelo 1, chegando a 56,59%.

4.2 Comparativo entre a estabilidade global e o consumo de concreto

Para a visualização dos gastos relativos ao consumo de concreto foi utilizado o custo por m^3 do Concreto usinado, $F_{ck} = 40\text{MPa}$ igual a R\$313,82, tabelado pela Companhia Paulista de Obras e Serviço (CPOS). A tabela de serviços utilizada foi de 2019 – Versão 176, sem BDI e desonerado.

Quando se relaciona o nível de estabilidade com o consumo de concreto, observa-se que o aumento do custo com o material é proporcional ao aumento da estabilidade da estrutura, conforme demonstrado na tabela abaixo:

Modelos em ordem crescente de estabilidade global	Consumo de concreto total (m ³)	Custo por m ³ total
Modelo 1	1877	R\$ 589.040,14
Modelo 2	1975,2	R\$ 619.857,26
Modelo 3	2017,1	R\$ 633.006,32
Modelo 4	2129,8	R\$ 668.373,84

Tabela 28 - Comparativo do consumo de concreto com a estabilidade global (Autores)

Para a visualização dos resultados da Tabela 28, foi elaborado um gráfico o gráfico abaixo:

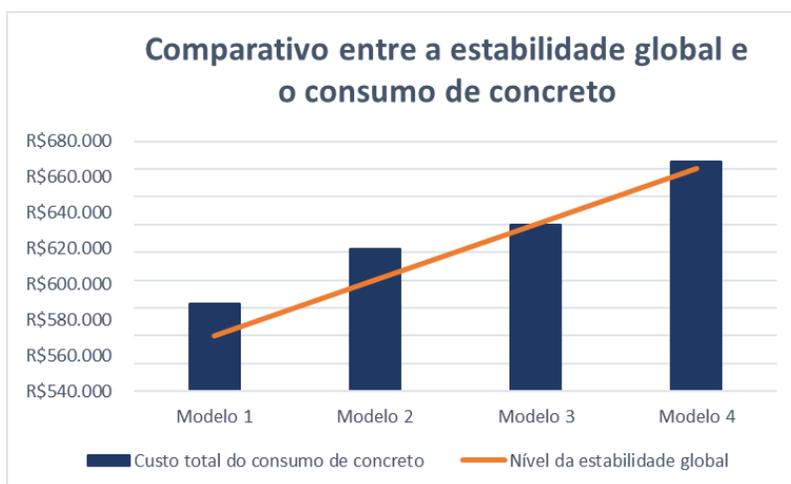


Gráfico 2 - Gráfico de comparativo entre a estabilidade global e o consumo de concreto (Autores)

5 | CONCLUSÕES

O presente trabalho relacionou o nível de estabilidade global dos quatro modelos estruturais com o seu consumo de concreto e, dessa forma, obteve-se valores dos parâmetros de estabilidade global que variavam positivamente conforme aumentava-se as seções dos pilares, ou seja, a medida que houve um crescimento da estabilidade, o consumo de concreto sofreu um acréscimo significativo.

Todos os modelos foram considerados estáveis segundo o parâmetro γ e devido a modelagem de diferentes seções de pilares nas quatro estruturas, houve variações referente a classificação estrutural, sendo o modelo 4 o único classificado de nós fixos pelos parâmetros γ e α , pois apresentava um núcleo rígido e pilares parede com seção

em L que elevaram a rigidez à torção da estrutura.

Em geral, o modelo 1 foi o pior dos casos relacionado a estabilidade global, ficando 89,83% do valor do γ_z referente ao modelo 4 (melhor caso) e ultrapassando o valor limite do coeficiente α prescrito na NBR 6118:2014. No modelo 2 obteve-se valores razoavelmente menores, porém manteve-se a mesma classificação do modelo 1. Todavia, nos modelos 3 e 4 os valores do γ_z ficaram abaixo de 1,10, classificando-os por este coeficiente como estruturas de nós fixos, enquanto pelo parâmetro α , o modelo 3 ultrapassou 11,67% do limite no eixo X e o modelo 4 manteve-se com a mesma classificação estabelecida pelo γ_z .

Os deslocamentos horizontais de todos os modelos não atingiram o valor máximo de deslocamento no topo igual a 4,40 cm, sendo assim, não há deformações excessivas nas estruturas.

O consumo de concreto do modelo mais estável ultrapassou 13% do menos estável, deixando o projeto com um gasto maior deste material. Pode-se concluir que esse acréscimo se deve a dois fatores: a inserção e o aumento das seções de pilares e a desconsideração de modificações nas dimensões das vigas, pois o objetivo era analisar o comportamento das estruturas mediante as diferentes tipologias de pilares.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, RJ. 2014.

TQS INFORMÁTICA LTDA. **CAD/TQS - Manual III – Análise Estrutural**. São Paulo, SP. Disponível em: <http://www.tqs.com.br/recursos-do-site/downloads/doc_view/93-03-analise-estrutural?tmpl=component&format=raw>, Acesso em: 27/05/2019.

TQS INFORMÁTICA LTDA. **Efeitos de 2ª ordem em edifícios de poucos pavimentos**. São Paulo, SP. Disponível em: <<http://www.tqs.com.br/suporte-e-servicos/biblioteca-digital-tqs/54-analise-estrutural/179-efeitos-de-2o-ordem-em-edificios-de-poucos-pavimentos>>. Acesso em: 23/05/2019.

ARAUJO, Silas Oliveira. **Análise da estabilidade global de estruturas de concreto armado da cidade de Goiânia**. 2016. 59 p. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO. 2016. Disponível em: <https://www.eec.ufg.br/up/140/o/AN%C3%81LISE_DA_ESTABILIDADE_GLOBAL_DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DA CIDADE DE GOI%C3%82NIA.pdf>. Acesso em: 23/05/2019.

FREITAS, Felipe C. **Análise da estabilidade global das estruturas e ações de controle dos seus efeitos**. Revista Ibracon de Estruturas e Materiais, São Paulo, v.9, n.2, p. 192 – 213, mar. – abr. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/riem/v9n2/pt_1983-4195-riem-9-02-00192.pdf>. Acesso em: 23/05/2019.

CAVALHEIRO, Rafael. **Análise da Estabilidade Global de Edifício em Concreto Armado com os parâmetros γ_z e FAVt**. 2016. 98 p. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, PR. 2016. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7804/1/PB_COECI_2016_2_25.pdf>. Acesso em: 23/05/2019.

MONCAYO, Wiston Junior Zumaeta. **Análise de segunda ordem global em edifícios com estrutura de concreto armado**. 2011. 221 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 2011. Disponível em: <<http://goo.gl/vi1k2A>>. Acesso em: 23/05/2019.

COMPANHIA PAULISTA DE OBRAS E SERVIÇO. **Tabela de serviços**. 2019, versão 176, sem BDI e desonerado. <<http://www.cpos.sp.gov.br/>>. Acesso em: 28/10/2019.

KIMURA, Alio Ernesto. **Informática Aplicada em Estruturas de Concreto Armado: cálculos de edifícios com uso de sistemas computacionais**. 1. ed. Editora PINI, 632 p. São Paulo, 2008.

PINTO, Rivelli da Silva. **Não-Linearidade Física e Geométrica no Projeto de Edifícios Usuais de Concreto Armado**. Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, n. 19, p. 171-206, 2002.

CARMO, Regina Maria dos Santos. **Efeitos de Segunda Ordem em Edifícios Usuais de Concreto Armado**. 1995. 112 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 1995.

OLIVEIRA, Danielle Meireles de. **Estudo dos Processos Aproximados Utilizados para a Consideração das Não-Linearidades Físicas e Geométricas na Análise Global das Estruturas de Concreto Armado**. 2007. 297 p. Tese - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG. 2007. Disponível em: <<http://www.pos.dees.ufmg.br/defesas/119D.PDF>>. Acesso em: 23/05/2019.

GOMES, Bárbara Cardoso. **Estudo dos Fatores de Redução de Rigidez da NBR 6118:2014 para Análise Aproximada de Não Linearidade Física**. 2017. 114 p. Projeto de conclusão de curso - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2017. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10019555.pdf>>. Acesso em: 23/05/2019.

SARAIVA, Pablo Pol. **Análise da influência de ligações viga-pilar semirrígidas em estrutura monolítica de concreto armado**. Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, v. 5, n. 1, p. 102-120, jan.- jun. 2018. Disponível em: <<https://seer.imed.edu.br/index.php/revistaec/article/view/2304/1892>>, Acesso em: 03/04/2019.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Abrigo 110, 111

Acidentes 44, 46, 112, 124, 125, 126, 127, 131, 132, 133, 136

AHP 124, 125, 127

Alvenaria estrutural 135, 137, 138, 139, 142, 143, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161

Análise 1, 2, 3, 8, 9, 10, 12, 14, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 33, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 63, 71, 74, 80, 83, 84, 93, 96, 98, 99, 102, 103, 106, 108, 111, 117, 119, 124, 127, 130, 133, 134, 137, 138, 139, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 154, 157, 159, 169, 170, 174, 180, 181, 184, 187

C

Canteiro de obras 124, 134

Casa ecológica 87

Casa inteligente 87

Conforto térmico 89, 98, 99, 100, 101, 103, 104, 105, 108, 113, 145

Construção civil 25, 44, 61, 62, 63, 71, 72, 74, 76, 81, 82, 84, 88, 104, 105, 108, 111, 112, 125, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 144, 148, 185, 186, 198

Custo 20, 21, 74, 87, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 102, 135, 137, 139, 140, 141, 144, 145, 146, 149, 152, 159, 160, 163, 164, 186, 187, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 199

D

Distribuição transversal 24, 28, 35, 36, 37, 41

E

Engenharia 23, 42, 43, 44, 45, 46, 49, 63, 71, 72, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 91, 96, 100, 108, 111, 134, 136, 138, 140, 144, 146, 147, 151, 161, 162, 185, 186, 200

Engenharia civil 23, 42, 43, 44, 63, 71, 72, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 111, 134, 136, 140, 144, 146, 147, 185, 186

Engesser-Courbon 24, 26, 27, 31, 35, 40, 42, 43

EPS 98, 100, 105, 106, 107, 109

Erros de cálculo 44, 45

Esforços estruturais 110, 118, 122

Estabilidade 1, 2, 3, 8, 9, 10, 14, 19, 20, 21, 22, 24, 26, 91, 111, 167

Estimativa 135, 137, 139, 141, 186, 187, 188

Estrutura 1, 2, 3, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 28, 31, 32, 38, 39, 46, 48, 72, 75, 90, 93, 98, 110, 111, 113, 115, 116, 117, 118, 119, 123, 124, 127, 130, 131,

133, 141, 143, 144, 150, 151, 152, 154, 155, 158, 159, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 175, 182, 183, 184, 187, 198

Estruturas de concreto 22, 23, 161, 163, 170, 184, 185

Estruturas metálicas 47, 163, 165, 167

F

Familiares 82, 136

Fibra de bambu 72, 74, 75, 76, 79, 80

Filtro anaeróbio 87, 91, 92, 93, 94, 95, 96

Filtro de areia 87, 92, 93, 94, 95, 96

G

Galpão industrial 146, 163, 164

H

Habitação de interesse social 148

Habitações populares 108, 135, 138, 139, 140, 146, 147

L

Leonhardt 24, 25, 26, 27, 31, 32, 35, 40, 41, 42

M

Madeira 24, 25, 42, 43, 47, 63, 75, 103, 104, 105, 106, 107, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 121, 122, 123, 138, 152, 155, 156, 159, 161, 166

MEF 24, 26, 41

Método CLT 110, 115, 117

Método construtivo 135, 136, 137, 138, 140, 142, 144, 146, 149, 152, 160

Módulo de elasticidade 3, 31, 62, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 159

Mulheres 82, 83, 84, 85, 86

O

Obras sociais 98, 135, 136, 144

P

Parede de concreto 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161

PEAD 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81

Pintura externa das telhas 98

Preconceito 82, 83, 84, 85, 86

Produtividade na construção civil 135

Profissionais 1, 82, 83, 84, 86, 88, 124, 125, 128, 129, 131, 133, 145, 152, 187, 198

R

Reforma de cobertura 98

Resistência à compressão 61, 62, 70, 71, 72, 75, 117, 167

Resistência à tração 62, 70, 73, 74, 76

S

Segurança do trabalho 124, 125, 133, 134, 200

Sistemas construtivos 90, 108, 138, 141, 147, 148, 149, 150, 152, 160

Software 1, 2, 3, 14, 18, 26, 30, 31, 33, 40, 48, 49, 60, 119, 135, 139, 142, 165, 166, 186, 187, 189, 190, 194, 196, 197, 198

Sustentabilidade 87, 110

Sustentável 71, 72, 73, 80, 87, 88, 89, 94, 134

T

Telhado verde 87, 89, 92, 93, 94, 95, 96

Tetra Pak 98, 107, 108

Tilt-up 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147

TQS 1, 2, 3, 8, 10, 11, 12, 14, 18, 19, 22

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 4



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021

FORÇA, CRESCIMENTO E QUALIDADE DA ENGENHARIA CIVIL NO BRASIL 4



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

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

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021