



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

3


Ano 2020



Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado
(Organizadores)

A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil

3


Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação: Camila Alves de Cremo

Edição de Arte: Lorena Prestes

Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. 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.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof^a Dr^a Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Prof^a Dr^a Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

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^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Prof^a Dr^a Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

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. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Prof^a Dr^a Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

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 – Universidade Federal do Maranhão

Prof^a Dr^a Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

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^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

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. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. 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
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
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
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
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 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
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

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

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Prof^a Dr^a Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
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^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. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
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
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
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 Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 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. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
A642	<p>A aplicação do conhecimento científico na engenharia civil 3 [recurso eletrônico] / Organizadores Franciele Braga Machado Tullio, Lucio Mauro Braga Machado. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-169-5 DOI 10.22533/at.ed.695200907</p> <p>1. Engenharia civil – Pesquisa – Brasil. 2. Construção civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado. II. Machado, Lucio Mauro Braga.</p> <p style="text-align: right;">CDD 338.4769</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Em “A Aplicação do Conhecimento Científico na Engenharia Civil 3” trazemos vinte e um capítulos que trazem estudos com boas contribuições para a Engenharia Civil.

Temos vários estudos a respeito da utilização da simulação numérica e computacional na resolução de problemas no projeto e execução de estruturas.

O estudo sobre o comportamento de estruturas utilizando determinados materiais proporciona sua validação como alternativa construtiva. Trazemos também análises a respeito de estruturas submetidas a calor intenso, o que permite otimizar os projetos, considerando situações de incêndio.

Tendo em vista a crescente preocupação com o meio ambiente e a escassez de recursos naturais, torna-se imprescindível os estudos que visem soluções ligadas a otimização na utilização de materiais e desenvolvimento de materiais sustentáveis.

A análise de ferramentas computacionais para o desenvolvimento de projetos de engenharia permite realizar comparativos com a finalidade de subsidiar o projetista a optar por ferramentas mais adequadas e seguras, proporcionando uma melhor qualidade em projetos.

Esperamos que esta coletânea seja útil aos seus estudos. Boa leitura!

Franciele Braga Machado Tullio
Lucio Mauro Braga Machado

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO MECÂNICO DO CONCRETO COM SUBSTITUIÇÃO DO AGREGADO MIÚDO POR RESÍDUO DA SCHEELITA PARA PAVIMENTOS RÍGIDOS	
Manoel Domiciano Dantas Filho Dandara Pereira Moura de Assis Hérculys Guimarães Carvalho Larissa Santana Batista Damião Araújo dos Santos Júnior Jéniffer Paloma da Cruz Leal Nayla Kelly Antunes de Oliveira Adriano Lopes Gualberto Filho Wily Santos Machado Carlos Alexandre da Silva Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.6952009071	
CAPÍTULO 2	15
ANÁLISE COMPARATIVA DA ESTABILIDADE GLOBAL DE EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO	
Maurel Dreyer Roberto Domingos Rios	
DOI 10.22533/at.ed.6952009072	
CAPÍTULO 3	32
ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO COM ESTRUTURAS DE LAJES PLANAS	
Camila de Melo Tavares André Felipe de Oliveira Lopes Hildo Augusto Santiago Filho Giuliana Furtado Franca Bono Gustavo Bono	
DOI 10.22533/at.ed.6952009073	
CAPÍTULO 4	48
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA SÍLICA ATIVA NO DESEMPENHO DO CONCRETO EM SIMULAÇÃO DA AGRESSIVIDADE MARINHA	
André Luiz Louzeiro Carvalho Luciano Carneiro Reis Leandro Almeida Santos Mauricio Cavalcante Cutrim Fonseca Wesley da Cruz Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.6952009074	
CAPÍTULO 5	60
ANÁLISE DE MODELOS DE CÁLCULO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO REFORÇADAS AO CISALHAMENTO COM PRFC	
Daniel Marlon Rodrigues Guedes Ailín Fernández Pérez Paulo Fernando Matos de Santana Luiz Gustavo Dantas Gonçalves Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo Marcos Honorato de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.6952009075	

CAPÍTULO 6	77
ANÁLISE DINÂMICA NA FLAMBAGEM DE UMA COLUNA ESBELTA DE CONCRETO ARMADO COM CRITÉRIOS DA NBR 6118/14	
Alexandre de Macêdo Wahrhaftig Kaique Moreira Matos Magalhães	
DOI 10.22533/at.ed.6952009076	
CAPÍTULO 7	90
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO À FLEXÃO DE COMPÓSITOS CIMENTÍCIOS REFORÇADOS COM TECIDOS ESTRUTURAIS DE FIBRAS DE SISAL	
Sande dos Santos Batista Mariana Santos Nunes Adilson Brito de Arruda Filho Paulo Roberto Lopes Lima Ricardo Fernandes Carvalho José Humberto Teixeira dos Santos Sandro Fábio César	
DOI 10.22533/at.ed.6952009077	
CAPÍTULO 8	99
ANÁLISE ESTRUTURAL E CONSTRUTIVA DA PONTE ESTAIADA DA RODOVIA DO PARQUE – (BR-448)	
Rafael Cariolato Dorneles Paula Manica Lazzari	
DOI 10.22533/at.ed.6952009078	
CAPÍTULO 9	113
ANÁLISE LINEAR E NÃO LINEAR DE UM EDIFÍCIO DE VINTE PAVIMENTOS EM CONCRETO ARMADO	
Fernanda Fonseca Lima Gabriel Rodrigues Gomes Denilda Silva Costa Leonardo Moreira Santana Jaciera Santos Brandão Marcelo Rassy Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.6952009079	
CAPÍTULO 10	125
ANÁLISE LINEAR ELÁSTICA E ANÁLISE NÃO LINEAR FÍSICA DA ESTRUTURA DO EDIFÍCIO DESTINADO À INSTALAÇÃO DE DUAS SEDES ADMINISTRATIVAS DA PREFEITURA DE PARAUAPEBAS APÓS A UTILIZAÇÃO DE REFORÇO PARA REVITALIZAÇÃO DO PRÉDIO	
Denilda Silva Costa Jaciera Santos Brandão Allyson Corrêa Dias Fernanda Fonseca Lima	
DOI 10.22533/at.ed.69520090710	
CAPÍTULO 11	138
ANÁLISE NUMÉRICA COMPARATIVA DE MODELOS APLICÁVEIS AO PROJETO DE LAJES DE CONCRETO	
Edmilson Lira Madureira Eduardo Morais de Medeiros Arthur Leandro de Azevedo Silva Gabriel de Bessa Spinola	
DOI 10.22533/at.ed.69520090711	

CAPÍTULO 12 151

ANÁLISE NUMÉRICA DO COMPORTAMENTO TERMOMECAÂNICO DE LAJES DE CONCRETO ARMADO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

Andreia Romero Fanton
Luiz Carlos de Almeida
Leandro Mouta Trautwein

DOI 10.22533/at.ed.69520090712

CAPÍTULO 13 164

COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS APROXIMADOS E MÉTODO GERAL DE CÁLCULO DO EFEITO LOCAL DE SEGUNDA ORDEM EM PILARES DE CONCRETO

Wesley de Vasconcelos Rodrigues da Silva
Maria de Lourdes Teixeira Moreira

DOI 10.22533/at.ed.69520090713

CAPÍTULO 14 178

COMPUTER AIDED DESIGN VERSUS BUILDING INFORMATION MODELING: APLICAÇÃO EM PROJETOS DE SISTEMAS PREDIAIS

Jayron Alves Ribeiro Junior
Thainá Maria da Costa Oliveira
Moisés de Araujo Santos Jacinto
Bruna da Costa Silva
Mariana de Sousa Prazeres
Paulo Rafael Nunes e Silva Albuquerque
Leticia Maria Brito Silva
Camilla Gomes Arraiz
Marcos Henrique Costa Coelho Filho
Yara Lopes Machado

DOI 10.22533/at.ed.69520090714

CAPÍTULO 15 187

DESLOCAMENTO VERTICAL DE UMA VIGA DE EULER-BERNOULLI: SIMULAÇÕES NUMÉRICAS SOB A HIPÓTESE DO MÓDULO DE ELASTICIDADE PROBABILÍSTICO

Ana Carolina Carius
Alex Justen Teixeira
João Vitor Curioni de Miranda
Leonardo de Souza Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.69520090715

CAPÍTULO 16 204

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O MÉTODO DE ENGESSER-COURBON E MODELOS COMPUTACIONAIS EM PONTES EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Felipe Gomes da Silva
Maria de Lourdes Teixeira Moreira

DOI 10.22533/at.ed.69520090716

CAPÍTULO 17 217

ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA: EDIFICAÇÃO EM DESACORDO COM NORMAS EXECUTIVAS E DE PROJETO

João da Costa Pantoja
Bruno Camozzi Fedato Faria
Nathaly Sarasty Narváez

DOI 10.22533/at.ed.69520090717

CAPÍTULO 18	235
INFLUÊNCIA DO USO DA TECNOLOGIA BIM NA REDUÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA FASE DE CONCEPÇÃO E PROJETO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO	
Rafael Azevedo Lino	
Orieta Soto Izquierdo	
Iutah Cristal Dezidério de Veras Barbosa	
DOI 10.22533/at.ed.69520090718	
CAPÍTULO 19	251
ENSAIOS DE PROVA DE CARGA EM ACORDO COM A NBR 9607 (ABNT, 2012): ESTUDO DE CASO	
Clayton Reis de Oliveira	
Armando Lopes Moreno Júnior	
Luis Gustavo Simão de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.69520090719	
CAPÍTULO 20	269
PERÍCIA EM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO	
Marcelo de Jesus Rodrigues da Nóbrega	
DOI 10.22533/at.ed.69520090720	
CAPÍTULO 21	278
SIMULAÇÃO NUMÉRICA DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO O MODELO DE DANO PLÁSTICO	
Paulo César de Oliveira Júnior	
Jerfson Moura Lima	
Bruno Rodrigues Amorim	
DOI 10.22533/at.ed.69520090721	
SOBRE OS ORGANIZADORES	295
ÍNDICE REMISSIVO	296

ANÁLISE DA ESTABILIDADE GLOBAL EM EDIFÍCIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO COM ESTRUTURAS DE LAJES PLANAS

Data de aceite: 01/06/2020

Data de submissão: 12/04/2020

Camila de Melo Tavares

Universidade Federal de Pernambuco
Recife – PE

ID Lattes: 8781935252216463

André Felipe de Oliveira Lopes

Universidade federal de Pernambuco
Recife – PE

ID Lattes: 6390644825561463

Hildo Augusto Santiago Filho

Universidade Federal de Pernambuco
Caruaru – PE

ID Lattes: 3136876404582016

Giuliana Furtado Franca Bono

Universidade Federal de Pernambuco
Caruaru- PE

ID Lattes: 5299242696442482

Gustavo Bono

Universidade Federal de Pernambuco
Caruaru – PE

ID Lattes: 1024603694014079

RESUMO: Em estruturas de lajes lisas (sem vigas), deve-se realizar um estudo minucioso quando comparada a sistemas convencionais com lajes, vigas e pilares, porque a ausência de

vigas nos sistemas estruturais diminui bastante a estabilidade global da edificação quando submetida às ações horizontais e verticais. Com o intuito de verificar a estabilidade de edifícios altos de concreto armado em estruturas com lajes lisas, foi realizado um estudo de caso para um edifício modelo de 28 pavimentos situado na cidade de Caruaru-PE, onde inicialmente adotou-se um lançamento estrutural modelo com o parâmetro de instabilidade gama-z maior que 1,1, ou seja, a estrutura sendo classificada como de nós móveis, devendo-se considerar os efeitos de segunda ordem, conforme estabelece a norma NBR 6118 (ABNT, 2014). Posteriormente, foram realizados lançamentos considerando algumas variações na resistência característica do concreto e nas tipologias estruturais, tais como: implantação de faixas com os maciços, mudança na direção dos pilares, implantação de núcleo rígido e aumento na espessura das lajes. Mediante tais variações, realizaram-se combinações dos lançamentos que apresentaram menores valores para o parâmetro de instabilidade gama-z chegando a uma configuração estrutural que apresentasse um valor do parâmetro gama-z menor ou igual a 1,1, tornando-se a estrutura de nós fixos.

PALAVRA-CHAVE: Efeitos de Segunda Ordem, Estabilidade Global, Lajes Nervuradas Lisas

ANALYSIS OF GLOBAL STABILITY IN HIGH ARMED CONCRETE BUILDING WITH FLAT SLABS STRUCTURES

ABSTRACT: In structures of flat slabs (without beams), it is necessary to carry out a detailed study when compared to conventional systems (with slabs, beams and pillars), because the absence of beams in the structural systems significantly reduces the overall stability of the building when subjected to horizontal and vertical actions. With the objective of verifying the stability of tall buildings of reinforced concrete in structures with flat slabs, in order to verify the stability of the reinforced concrete structures, a case study was carried out for a model of construction of 28 floors located in the city of Caruaru-PE, where it was initially adopted a model structural launch with the instability parameter γ_z greater than 1,1, therefore, the structure being classified as mobile nodes, and the second order effects must be considered as established by the norm ABNT NBR 6118(2014). Subsequently, launches were made considering some typical variation in the concrete strength and in the structural typologies, such as: the implantation of band with the massive ones, the change in the pillar's direction, the implantation of rigid core and the increase of slab thickness. By means of such variations, a combination of the entries that presented lower values for the parameter γ_z , finding a structural configuration that presented a value of the parameter γ_z less than or equal to 1,1 and was established as the structure of fixed nodes.

KEYWORDS: Second Order Effects, Global Stability, Flat Ribbed Slabs

1 | INTRODUÇÃO

Sabe-se que em edifícios que apresentam elevadas alturas, a ação do vento provoca grandes efeitos, produzindo esforços adicionais quando aplicados simultaneamente com as demais ações atuantes na estrutura. Apesar das estruturas que apresentam sistemas de contraventamento compostos por lajes, vigas e pilares normalmente apresentarem um melhor resultado frente a estabilidade da edificação, o sistema de lajes lisas, vem sendo cada vez mais usados na construção civil. Este sistema é caracterizado pelo uso de lajes sem vigas, apoiando-se diretamente sobre os pilares. Porém no caso de edifícios altos, a ausência de vigas nos sistemas estruturais diminui bastante a estabilidade global da edificação quando submetida às ações horizontais e verticais

2 | LAJES NERVURADAS LISAS

Com o objetivo de propor um processo simples de se estabelecer o deslocamento da estrutura e uma forma de se estimar com certa precisão os esforços de segunda ordem, Franco e Vasconcelos (1991) desenvolveram o coeficiente de majoração dos esforços globais de 1ª ordem para obtenção dos esforços finais de 2ª ordem, γ_z (Gama Z).

O coeficiente de instabilidade γ_z mede o grau de sensibilidade de uma edificação com relação aos efeitos de segunda ordem. A importância do coeficiente γ_z reside no fato de que ele permite prever, com boa aproximação, a magnitude dos efeitos de segunda ordem na estrutura. Ele pode ser utilizado como um fator amplificador, majorando os esforços globais e substituindo a verificação através de uma análise de segunda ordem criteriosa. Como classifica a NBR 6118 (ABNT, 2014), a dispensa da análise dos efeitos de segunda ordem pode ser considerada quando o coeficiente $\gamma_z \leq 1,1$.

A NBR 6118 (ABNT, 2014) utiliza a classificação da deslocabilidade dos nós para regular a consideração de não linearidade da estrutura, podendo ser considerada de nós fixos ou nós móveis de acordo com o valor do coeficiente γ_z .

O item 15.6 da NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece que nas estruturas de nós fixos, o cálculo pode ser realizado considerando cada elemento comprimido isoladamente, como barra vinculada nas extremidades aos demais elementos estruturais, sendo considerados apenas os esforços de 1ª ordem no projeto e análise da estrutura.

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$\Delta_{M_{tot,d}}$ é soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura, na combinação considerada, com seus valores de cálculo, pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação, obtidos da análise de primeira ordem;

$M_{1,tot,d}$ é o momento de tombamento, ou seja, a soma dos momentos de todas as forças horizontais da combinação considerada, com seus valores de cálculo, em relação à base da estrutura.

3 | APRESENTAÇÃO DO EDIFÍCIO MODELO

O projeto estrutural do edifício modelo (Figura 1) é constituído por lajes nervuradas lisas, espessura de 20 cm, com resistência característica do concreto à compressão de 30MPa para todos os elementos estruturais (lajes, vigas e pilares).

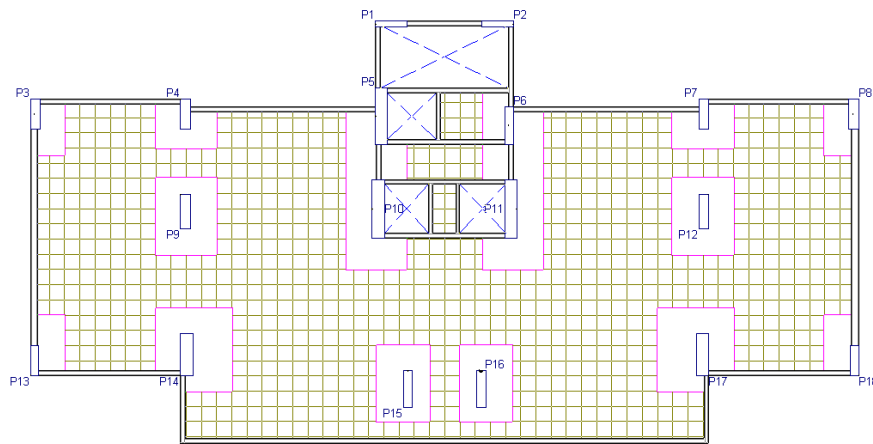


Figura 1 – Planta de fôrma do edifício modelo (AUTORES (2020))

A partir das características mencionadas anteriormente, será apresentado uma análise do edifício de concreto armado em lajes nervuradas lisas, com vigamentos apenas nas bordas dos pavimentos.

Com o objetivo de analisar a estabilidade de edifícios altos no que tange a consideração dos efeitos de segunda ordem, foi inserido a ação do vento, resultando em uma estrutura de nós móveis, ou seja, ($\gamma_z \geq 1,1$), segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014).

Apresenta-se na Tabela 1, os valores do coeficiente γ_z referente ao lançamento modelo, onde é possível observar que tanto na direção x quanto na direção y a edificação é considerada de nós móveis, apresentando valores do parâmetro de instabilidade acima do limite ($\gamma_z \geq 1,1$) preconizado pela NBR 6118 (ABNT, 2014) para que não seja necessário considerar os efeitos de segunda ordem.

Parâmetro de Instabilidade		Lançamento modelo
γ_z	Direção x	1,236
	Direção y	1,117

Tabela 1 – Parâmetro de instabilidade γ_z para o lançamento modelo.

A Tabela 2 exibe o custo de materiais (fôrma, concreto e armadura) referente ao lançamento modelo analisado nesta pesquisa. O Custo total de cada insumo compreende a multiplicação do consumo, quantidade e custo unitário. Com relação ao custo total de material da superestrutura, o sistema estrutural apresentou valor de R\$ 2.265.254,38, o qual corresponde a soma dos custos totais de cada insumo.

Insumo	Elementos	Unidade	Consumo	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Forma	Lajes, Vigas e Pilares	m ²	0,24	18.860,70	25,95	117.464,44
Concreto	Lajes, Vigas e Pilares	m ³	1,05	2.402,17	315,07	794.694,29
Armadura	Lajes, Vigas e Pilares	kg	1,10	277.672,00	4,43	1.353.095,66

Tabela 2 – Custo total de material da superestrutura para o lançamento modelo.

Fonte: Autores (2020).

A partir dessas análises iniciais, tem-se o lançamento estrutural modelo, apresentando o parâmetro γ_z com valores maiores que o estabelecido na NBR 6118 (ABNT, 2014) para consideração de nós fixos. Portanto, a partir do lançamento modelo, serão realizadas modificações com o objetivo de se obter valores de $\gamma_z \leq 1,1$ e posteriormente realizar combinações desses lançamentos a fim de se obter um lançamento estrutural para este edifício que seja considerado como nós fixos.

3.1 Lançamentos

3.1.1 Lançamento 1

Com o objetivo de aumentar a rigidez dos pilares e contribuir na redução do valor do parâmetro de instabilidade γ_z , contudo sem alterar as suas dimensões, o lançamento 1 consiste em aumentar a resistência característica do concreto nos pilares de 30 MPa para 50 MPa.

A partir da Tabela 3, observa-se que a resistência característica do concreto tem influência direta com o parâmetro de instabilidade γ_z , pois ocorreu uma redução significativa nesse coeficiente tanto na direção x (1,456%) quanto y (1,522%). Portanto, o aumento do f_{ck} apenas nos pilares, apresentaram resultados satisfatórios na estabilidade global do edifício, contribuindo para o aumento da rigidez da estrutura.

Parâmetro de Instabilidade	Lançamento modelo	Lançamento 1
γ_z	Direção x	1,236
	Direção y	1,117

Tabela 3 – Parâmetro de instabilidade γ_z para o lançamento 1.

Como apresentado na Tabela 3, na direção x a estrutura ainda é considerada de nós móveis ($\gamma_z \geq 1,1$), porém na direção y a estrutura passou a ser considerada de nós fixos, ou seja, mesmo se obtendo resultados de melhoria para o lançamento com aumento

da resistência característica do concreto nos pilares, não seria possível desprezar a consideração dos efeitos de segunda ordem.

Na Tabela 4, são exibidos os valores dos custos dos materiais na superestrutura do lançamento 1, observando que embora tenha sido utilizado um concreto com maior resistência em relação ao lançamento modelo nos pilares, acarretando em um maior custo por m³, o quantitativo de concreto nos pilares representa 44,8% do volume de concreto da superestrutura, ou seja, este aumento do custo do concreto, passa a ser compensado pela redução da armadura na superestrutura.

Insumo	Elementos	Unidade	Consumo	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Forma	Lajes, Vigas e Pilares	m ²	0,24	18.860,70	25,95	117.464,44
Concreto	Lajes e Vigas	m ³	1,05	1.659,00	315,07	548.836,19
	Pilares			743,17	451,57	352.372,94
Armadura	Lajes, Vigas e Pilares	kg	1,10	247.784,00	4,43	1.207.451,43

Tabela 4 – Custo total de material da superestrutura para o lançamento 1.

Portanto, o lançamento 1 apresenta um custo total de materiais da superestrutura de R\$ 2.226.125,00, apresentando uma economia de R\$ 39.129,38 (1,73%) em comparação ao lançamento modelo.

3.1.2 Lançamento 2

O lançamento 2, consiste em aumentar a resistência característica do concreto nos pisos (lajes e vigas de borda) de 30MPa para 50 MPa

Nos sistemas de lajes lisas, as lajes apresentam-se como elementos estruturais de grande contribuição na estabilidade da estrutura, pois na ausência das vigas internas, as lajes que se apoiam diretamente nos pilares em conjunto com as vigas de borda atuam no contraventamento da estrutura, contribuindo para o aumento da rigidez da edificação (Figura 2). Sendo assim, quando se admite o aumento da resistência característica do concreto nos pisos, espera-se uma melhoria na estabilidade da edificação e consequente redução do parâmetro de instabilidade γ_z .

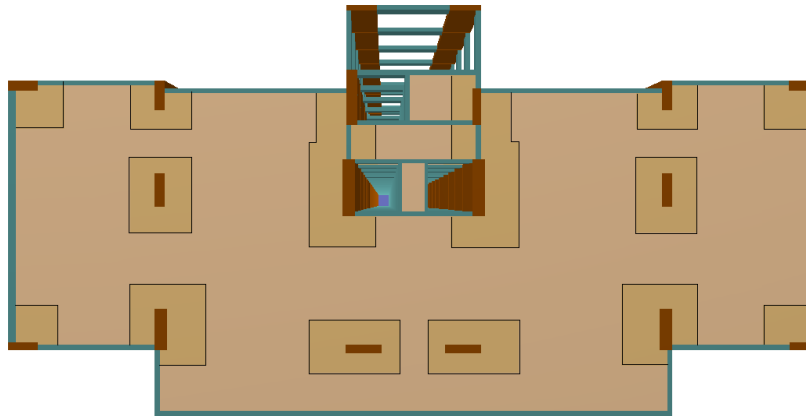


Figura 2 – Pavimento tipo de laje lisa com vigas de borda (AUTORES (2020))

Na Tabela 5 são apresentados os valores de γ_z para este lançamento, onde é possível identificar, tanto na direção x quanto na direção y , uma redução significativa (4,69% e 1,70% respectivamente) do valor γ_z da estrutura quando se adota o f_{ck} de 50MPa nos pisos. Embora apenas na direção y , a estrutura seja considerada de nós fixos, também houve redução do parâmetro na direção x .

Parâmetro de Instabilidade		Lançamento modelo	Lançamento 1
γ_z	Direção x	1,236	1,178
	Direção y	1,117	1,098

Tabela 5 – Parâmetro de instabilidade γ_z para o lançamento 2.

No que diz respeito ao custo total de materiais na edificação, embora este lançamento tenha apresentado redução no quantitativo de armadura, nota-se na Tabela 6, que o volume de concreto nos pisos corresponde a 69% do total de concreto da superestrutura, sendo este 31,90% mais caro que o concreto de 30MPa, logo o aumento do f_{ck} nos pisos não favoreceu na redução de custos com materiais, apresentando um total de R\$ 2.363.434,16, aumento de 4,33% (R\$ 98.179,78).

Insumo	Elementos	Unidade	Consumo	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Forma	Lajes, Vigas e Pilares	m ²	0,24	18.860,70	25,95	117.464,44
Concreto	Lajes e Vigas	m ³	1,05	1.659,00	415,57	723.902,16
	Pilares			743,17	315,07	245.858,10
Armadura	Lajes, Vigas e Pilares	kg	1,10	261.894,00	4,43	1.276.209,46

Tabela 6 – Custo total de material da superestrutura para o lançamento 2.

3.1.3 Lançamento 3

Com o objetivo de analisar a possível influência no valor do parâmetro de instabilidade γ_z , o lançamento 3 consiste na implantação de faixas maciças, utilizando o prolongamento dos maciços introduzidos nos pilares (Figura 3).

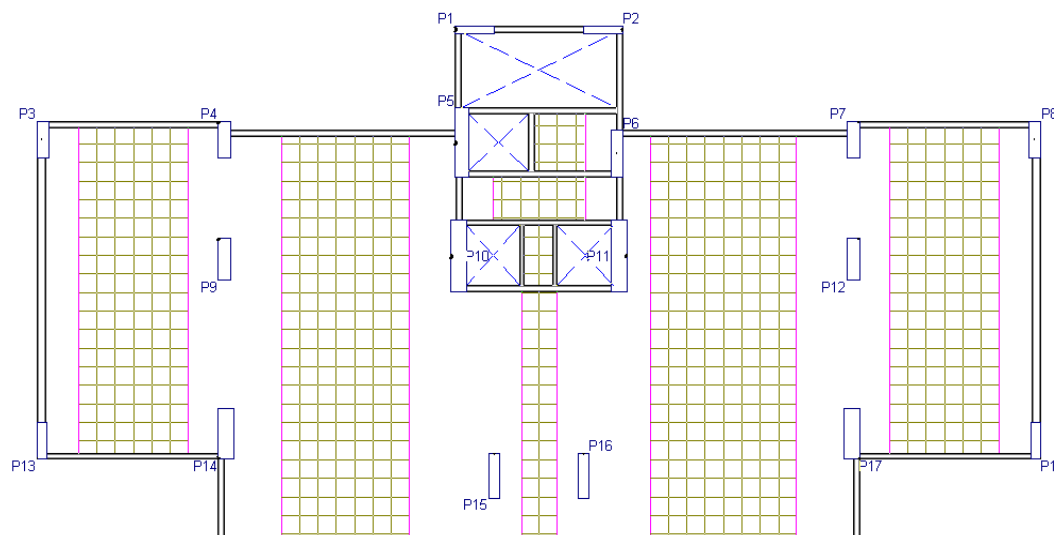


Figura 3 – Implantação de faixas de maciços no lançamento 3 (AUTORES (2020))

Como apresentado na Tabela 7, o lançamento 3 não obteve resultados satisfatórios, onde em ambas as direções o parâmetro de instabilidade sofreu aumento de 1,13% na direção x e 0,54% na direção y , tal fato corrobora para o sistema estrutural de lajes lisas a conclusão obtida por Cicolin (2007), o qual chegou à conclusão que para o sistema convencional o conjunto formado por pilares e faixas maciças de lajes constituindo pórticos tem sido desprezado, pelo baixo valor de inércia dos elementos horizontais, em comparação às vigas.

Parâmetro de Instabilidade		Lançamento modelo	Lançamento 3
γ_z	Direção x	1,236	1,250
	Direção y	1,117	1,123

Tabela 7 – Parâmetro de instabilidade γ_z para o lançamento 3.

Em termos de custo de material, na Tabela 8 são exibidos os valores dos insumos: fôrma, concreto e armadura. Nota-se que o custo com fôrma, assim como nos lançamentos 1 e 2, permaneceu constante, por outro lado o concreto apresentou aumento de R\$ 83.552,78 e a armadura de R\$ 80.214, 45. Portanto, o lançamento 3 apresentou um custo total com material de R\$ 2.429.021,62. Percebe-se um aumento de 7,23% (R\$ 163.767,24).

Insumo	Elementos	Unidade	Consumo	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Forma	Lajes, Vigas e Pilares	m ²	0,24	18.860,70	25,95	117.464,44
Concreto	Lajes, vigas e pilares	m ³	1,05	2.654,73	315,07	878.247,07
Armadura	Lajes, Vigas e Pilares	kg	1,10	294.133,00	4,43	1.433.310,11

Tabela 8 – Custo total de material da superestrutura para o lançamento 3.

3.1.4 Lançamento 4

Alterando o posicionamento dos pilares com o objetivo de verificar a contribuição do mesmo na rigidez do conjunto nas direções x e y (Figura 4), o lançamento 4 consiste na rotação dos pilares P3, P8, P13, P15, P16 e P18, sem que houvessem alterações em suas dimensões, pois não se pretendia modificar o projeto arquitetônico inicial.

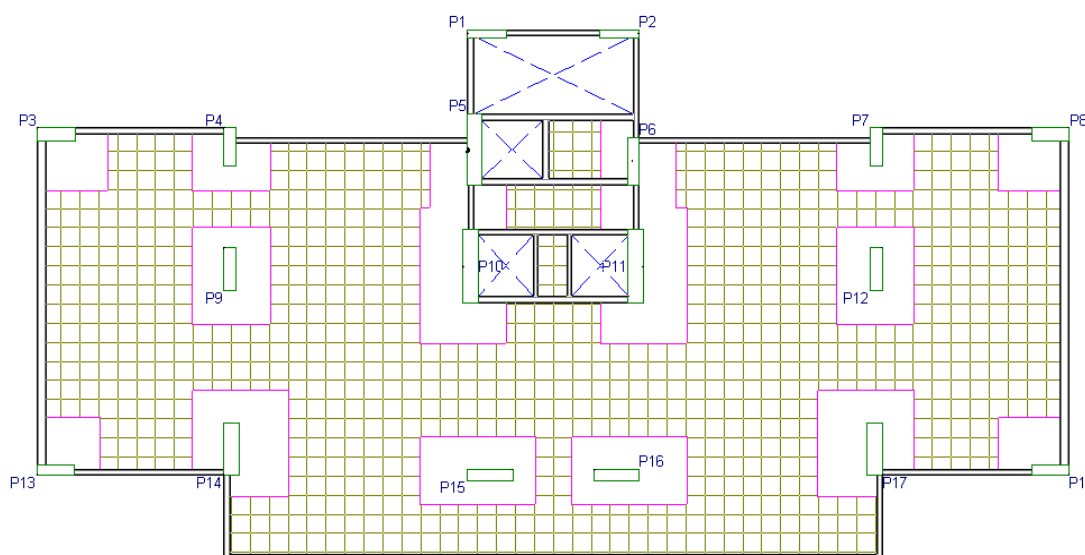


Figura 4 – Planta baixa lançamento 4 (AUTORES (2020))

A alteração na posição dos pilares contribuiu no aumento da rigidez da estrutura na direção x, resultando na redução do parâmetro de instabilidade γ_z , o qual passou de 1,236 para 1,192 (3,56%). Todavia, a estrutura permaneceu classificada como de nós móveis na direção x.

Já no caso da direção y, a modificação dos pilares não contribuiu positivamente na rigidez da estrutura, favorecendo o aumento (0,72%) do parâmetro de instabilidade nesta direção. Permanecendo, portanto, a estrutura classificada como de nós móveis na direção y.

Cabe destacar que a simples modificação na orientação de alguns pilares pode favorecer no enrijecimento da estrutura em determinada direção, como ocorrido na direção

x devido a rotação de seis pilares, os quais passaram a apresentar maior inércia nesta direção. Por outro lado, a mudança de direção destes pilares desfavoreceu a rigidez da estrutura na direção y, conforme Tabela 9.

Parâmetro de Instabilidade		Lançamento modelo	Lançamento 4
γ_z	Direção x	1,236	1,192
	Direção y	1,117	1,125

Tabela 9 – Parâmetro de instabilidade γ_z para o lançamento 4.

Em termos de custo de materiais, a Tabela 10 apresenta os valores para o lançamento 4, que destaca uma redução no custo de materiais de 0,89% (R\$ 20.257,83) na superestrutura em relação ao lançamento modelo. Portanto o lançamento 4, teve um custo total de material da superestrutura de R\$ 2.244.996,55. Embora este lançamento tenha apresentado redução no custo de materiais, em termos de estabilidade, foi observado redução do parâmetro de instabilidade γ_z apenas na direção x, sendo que a estrutura permaneceu classificada como de nós móveis em ambas as direções.

Insumo	Elementos	Unidade	Consumo	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Forma	Lajes, vigas e Pilares	m ²	0,24	18.860,70	25,95	117.464,44
Concreto	Lajes, vigas e pilares	m ³	1,05	2.428,49	315,07	803.401,56
Armadura	Lajes, vigas e Pilares	kg	1,10	271.728,00	4,43	1.324.130,54

Tabela 10 – Custo total de material da superestrutura para o lançamento 4.

3.1.5 Lançamento 5

Para avaliar a influência de núcleos enrijecedores na rigidez da estrutura, o lançamento 5 consiste na introdução de um núcleo resistente, englobando os dois elevadores sociais do edifício. Este núcleo, apresenta uma geometria em formato de “U”, com dimensões externas de 6,04m x 2,35m, representado na Figura 5. Foram removidos os pilares P10 e P11, pois os mesmos se encontravam na mesma área onde foi inserido o núcleo rígido.

Verifica-se na Tabela 11, que o parâmetro de instabilidade diminuiu consideravelmente na direção x (14,97%). Embora deve-se destacar que em alguns estudos, como o de Paixão e Alves (2016), a partir da implantação de núcleo rígido em sistemas estruturais de lajes nervuradas, o valor do parâmetro de instabilidade apresentou redução em ambas

as direções.

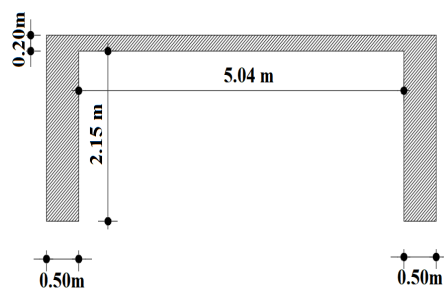


Figura 5 – Dimensões do núcleo rígido lançamento 5 (AUTORES (2020))

Parâmetro de Instabilidade		Lançamento modelo	Lançamento 5
Y_z	Direção x	1,236	1,051
	Direção y	1,117	1,124

Tabela 11 – Parâmetro de instabilidade Y_z para o lançamento 5.

Como o sistema estrutural de lajes lisas não apresentam vigamentos internos, a estrutura não consegue apresentar uma vinculação entre núcleo-viga-pilar, ou seja, não ocorre um travamento da estrutura através das vigas, então acredita-se que por este motivo, a implantação do núcleo não obteve maiores reduções no parâmetro de instabilidade em ambas as direções.

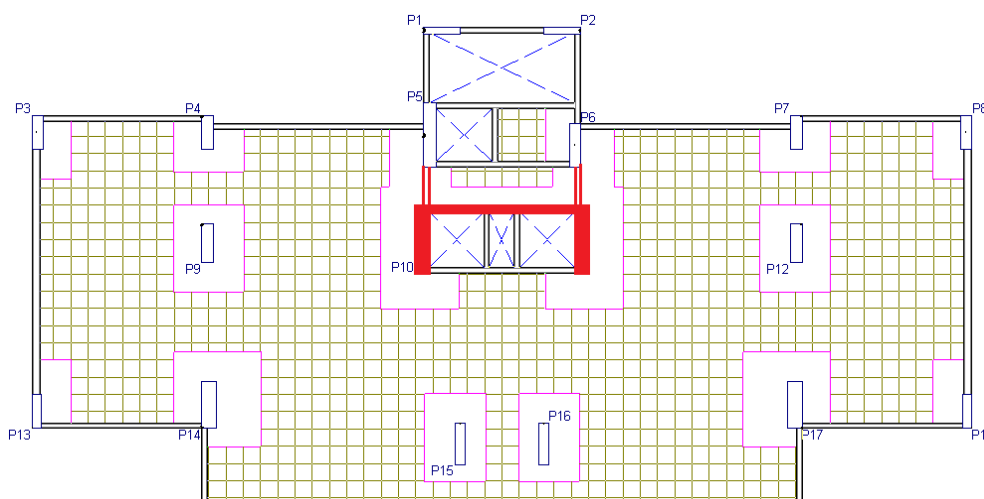


Figura 6 – Implantação do núcleo rígido no lançamento 5 (AUTORES (2020))

Como observado na Figura 6, o núcleo rígido não é provido de vigas que contribuam no seu travamento, auxiliando o enrijecimento da estrutura. Fica a cargo apenas das vigas em destaque a ligação do núcleo com os pilares P5 e P6, sendo estes ligados as vigas de borda.

Do ponto de vista de custo, a diminuição da armadura favoreceu positivamente para que este lançamento apresentasse a maior redução de custo total, dentre todos os lançamentos analisados, com o valor de R\$ 2.202.504,91, resultando em uma economia

de R\$ 62.749,47 (2,77%) em comparação ao lançamento modelo.

Insumo	Elementos	Unidade	Consumo	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Forma	Lajes, Vigas e Pilares	m ²	0,24	19.691,46	25,95	122.638,41
Concreto	Lajes, Vigas e Pilares	m ³	1,05	2.512,28	315,07	831.121,26
Armadura	Lajes, Vigas e Pilares	kg	1,10	256.258,00	4,43	1.248.745,23

Tabela 12 – Custo total de material da superestrutura para o lançamento 5.

3.1.6 Lançamento 6

Feitosa e Alves (2015) em sua pesquisa, constataram que aumentar a espessura das lajes lisas é suficiente para garantir o efeito do diafragma rígido e conseqüentemente o travamento dos pilares. Portanto, o lançamento 6 tem como objetivo verificar a influência do aumento da espessura das lajes lisas, para tanto, aumentou-se a espessura das lajes de 20 cm para 23 cm.

Inicialmente, para o sistema estrutural de laje nervurada moldada no local foram consideradas fôrmas industrialmente padronizadas de cubas reaproveitáveis de polipropileno com espessura de 20,0 cm, com nervuras bidirecionais com larguras inferior e superior das almas iguais a 6,0 cm e 10,0 cm, respectivamente. Distância entre eixos de nervuras igual a 60,0 cm.

Para verificar a influência do aumento da espessura da laje na estabilidade da edificação, foram inseridas lajes com espessura de 23,0 cm, sendo consideradas aumento das nervuras bidirecionais com larguras inferior e superior das almas iguais a 8,0 cm e 12,5 cm, respectivamente. Distância entre eixos de nervuras foi mantida com 60,0 cm.

No tocante ao parâmetro de instabilidade γ_z , relacionado à estabilidade global da edificação, nota-se na Tabela 13 que o aumento da espessura das lajes proporcionou a redução do coeficiente γ_z tanto na direção x (1,46%) quanto y (0,63%). Entretanto, a estrutura ainda continua sendo classificada como de nós móveis ($\gamma_z > 1,1$) de acordo com a norma NBR 6118 (ABNT, 2014).

Parâmetro de Instabilidade	Lançamento modelo	Lançamento 6
γ_z	Direção x	1,236
	Direção y	1,117

Tabela 13 – Parâmetro de instabilidade γ_z para o lançamento 6.

No que diz respeito ao custo total de material, a Tabela 14 apresenta o custo total do lançamento 6. Nota-se que, embora o aumento da espessura da laje tenha ocasionado maior consumo no volume de concreto, a armadura apresentou redução significativa, obtendo um custo total de R\$ 2.232.233,47. Em comparação ao lançamento modelo, este lançamento apresentou redução de 1,46% (R\$ 33.020,91) no custo total de materiais.

Insumo	Elementos	Unidade	Consumo	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
Forma	Lajes, Vigas e Pilares	m ²	0,24	18.741,98	25,95	116.725,05
Concreto	Lajes, Vigas e Pilares	m ³	1,05	2.634,85	315,07	871.670,30
Armadura	Lajes, Vigas e Pilares	kg	1,10	255.251,00	4,43	1.243.838,12

Tabela 14 – Custo total de material da superestrutura para o lançamento 6.

3.2 Combinação dos Lançamentos

Após a realização dos lançamentos, verificou-se que não seria possível obter uma configuração estrutural de nós fixos nas direções x e y concomitantemente para a edificação analisada apenas utilizando um dos sistemas estruturais apresentados. Com isso, esta etapa tem como objetivo realizar a combinação desses lançamentos a partir da análise dos menores valores do coeficiente γ_z .

Realizando uma análise isolada dos valores do coeficiente γ_z nas direções x , como mostrado na Figura 7, apenas o lançamento 5 (implantação de núcleo rígido) apresentou valores do parâmetro de instabilidade abaixo do prescrito na NBR 6118 (ABNT, 2014) para a estrutura ser classificada com nós fixos ($\gamma_z \leq 1,1$).

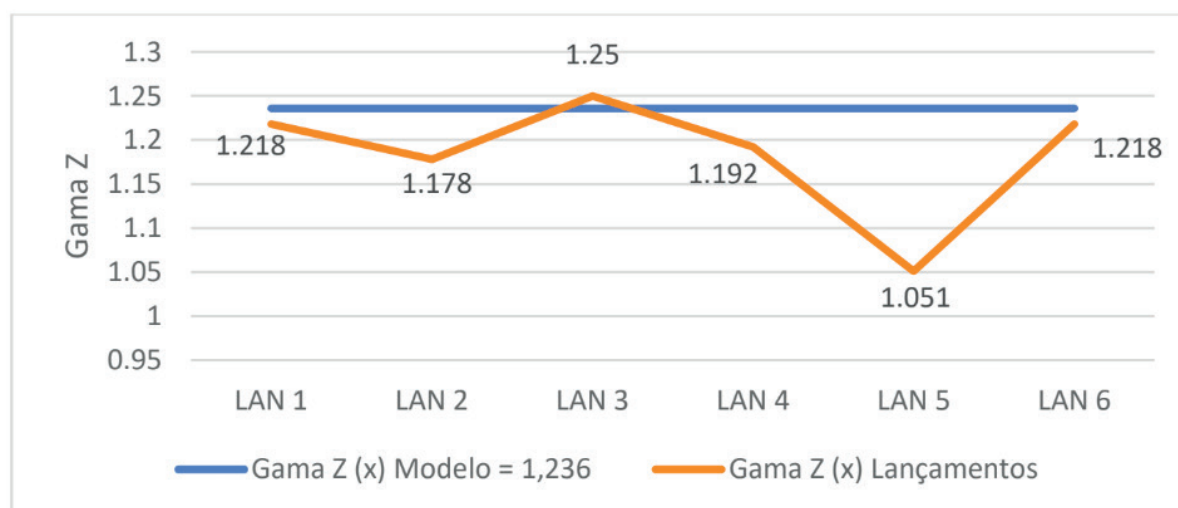


Figura 7 – Valores de Gama Z na direção (x) dos seis lançamentos (AUTORES (2020))

Para os valores do coeficiente γ_z na direção y , foram identificados dois lançamentos que apresentaram valores do parâmetro de instabilidade γ_z baixo de 1,1, como mostra a Figura 8. Sendo esses lançamentos, o lançamento 1 (aumento do f_{ck} dos pilares de 30MPa para 50 MPa) e lançamento 2 (aumento do f_{ck} dos pisos de 30MPa para 50MPa).

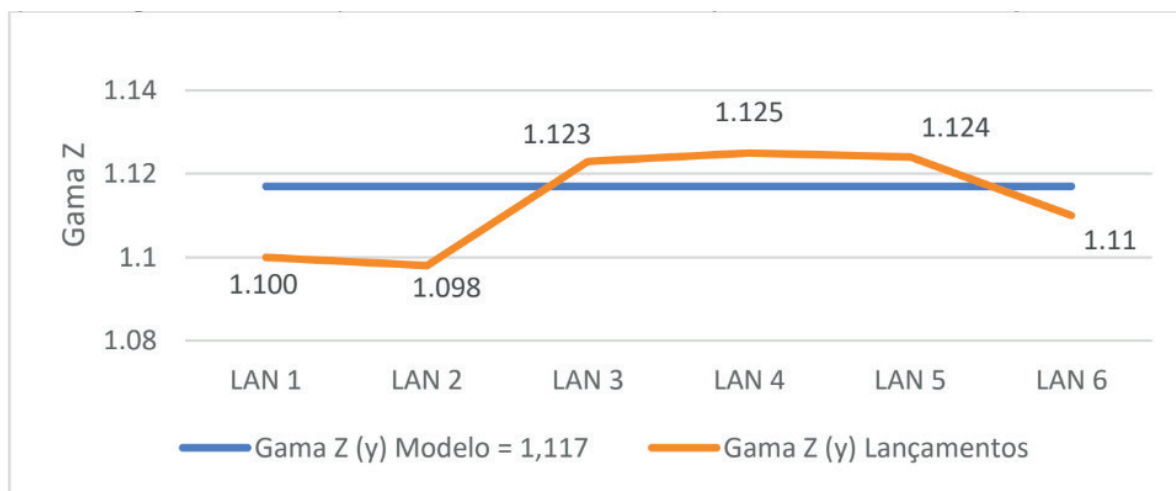


Figura 8 – Valores de Gama Z na direção (y) dos seis lançamentos (AUTORES (2020))

Embora tenham sido realizados seis lançamentos iniciais, a partir da análise considerando os valores de γ_z separadamente nas direções x e y , identificam-se nas Figura 7 e Figura 8, que apenas três lançamentos apresentaram valores do parâmetro de instabilidade que classificasse a estrutura como de nós fixos.

Sobrepondo os valores do parâmetro de instabilidade na direção x e y , obtêm-se a configuração apresentada na Figura 9.

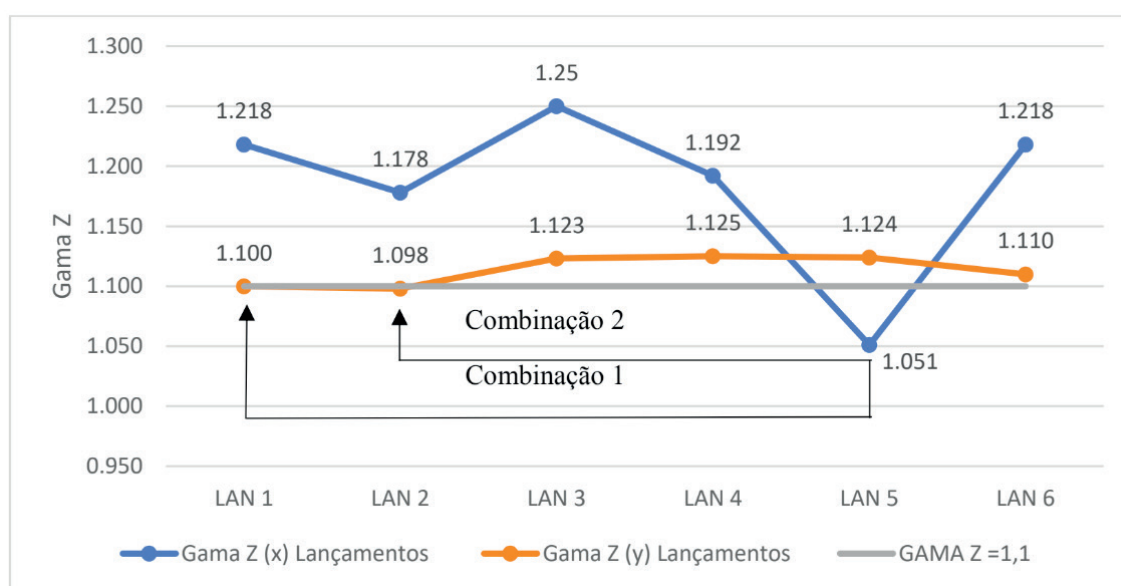


Figura 9 – Valores de Gama Z nas direções (x e y) dos seis lançamentos (AUTORES (2020))

Como apresentado anteriormente, na direção x , apenas o lançamento 5 apresentou

valores de $\gamma_z \leq 1,1$, enquanto que na direção y , têm-se os lançamentos 1 e 2. Portanto, torna-se possível a realização de duas combinações entre esses lançamentos. Sendo, a combinação 1 a sobreposição dos lançamentos 5 e 1, enquanto que a combinação 2 apresenta a junção dos lançamentos 5 e 2.

Essas combinações terão como objetivo eliminar a necessidade da consideração dos efeitos de segunda ordem no dimensionamento da estrutura, ou seja, para que seja classificada como de nós fixos ($\gamma_z < 1,1$).

3.2.1 Combinação 1

A configuração estrutural da combinação 1 consiste na sobreposição do lançamento 5 (implantação de núcleo rígido), com o lançamento 1 (f_{ck} dos pilares de 50MPa).

Na Tabela 15, têm-se os valores do coeficiente γ_z para a combinação 1 nas direções x e y , onde é possível observar que em ambas as direções os valores do coeficiente apresentaram reduções em ambas as direções, sendo esses valores menores ou iguais a 1,1. Logo, segundo o critério da norma NBR 6118 (ABNT, 2014), para esta combinação a estrutura é classificada como de nós fixos, não sendo necessário a consideração dos efeitos de segunda ordem.

Parâmetro de Instabilidade	Lançamento modelo	Combinação 1
γ_z	Direção x	1,236
	Direção y	1,117

Tabela 15 – Parâmetro de instabilidade γ_z para a combinação 1.

Portanto, a implantação de um núcleo rígido no fosso dos elevadores e o aumento do f_{ck} dos pilares para 50MPa atenderia em termos de análise de estabilidade classificar essa estrutura como de nós fixos nas direções x e y , fazendo com que segundo o item 15.5.3 da NBR 6118 (ABNT, 2014) não seja necessário a consideração dos efeitos de segunda ordem.

3.2.2 Combinação 2

Na combinação 2, tem-se a sobreposição do lançamento 5 (implantação de núcleo rígido) com o lançamento 2 (f_{ck} dos pisos de 50MPa).

Como ocorrido na combinação 1, este lançamento também apresentou resultados satisfatórios em ambas as direções x e y , uma vez que os valores do parâmetro de instabilidade (γ_z) resultaram menores que 1,1, conforme se observa na Tabela 16. Sendo assim, de acordo com o critério da norma NBR 6118 (ABNT, 2014), para esta combinação a estrutura também é classificada como de nós fixos, não sendo necessária a consideração

dos efeitos de segunda ordem.

Parâmetro de Instabilidade	Lançamento modelo	Combinação 1
Y_z	Direção x	1,236
	Direção y	1,117

Tabela 16 – Parâmetro de instabilidade Y_z para a combinação 2.

Vale salientar que seria possível realizar outras configurações estruturais com o objetivo de tornar a estrutura de nós fixos, entretanto, seria necessário realizar combinações, apresentando a sobreposição de mais de dois lançamentos como exibidos anteriormente.

Cabe destacar que as duas combinações analisadas apresentam a mesma configuração estrutural, o que difere de um lançamento para o outro é a localização onde foi considerado o aumento da resistência característica do concreto. Para a combinação 1, tem-se essa consideração nos pilares, enquanto que na combinação 2, o aumento do f_{ck} foi adotado nos pisos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**, NBR 6118. Rio de Janeiro, ABNT, 2014, 238p.

CICOLIN, L. A. B. **Estabilidade em edifícios de concreto armado com pavimentos em lajes planas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos -SP, 2007.

FEITOSA, L. A; ALVES. E. C. **Estudo da estabilidade global de edifícios altos com lajes protendidas**. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, Volume 8, 2015.

FRANCO, M.; VASCONCELOS, A.C. **Practical assessment of second order effects in tall buildings**. In: COLOQUIUM ON THE CEB-FIP MC90, Rio de Janeiro - RJ, 1991.

PAIXÃO, J. F. M; ALVES, E.C. **Análise de estabilidade global em edifícios altos**. Revista eletrônica de engenharia civil - REEC. Volume 13, 2016.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agressividade Marinha 48, 50, 51, 56, 58, 59

Análise Geométrica 114

Análise Não Linear 113, 114, 115, 116, 121, 122, 123, 124, 125, 127, 134, 135, 137

Análise Numérica 138, 149, 151, 163, 294

Argamassa 13, 59, 90, 92, 93, 97, 193

B

BIM 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 235, 236, 239, 242, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250

C

CC 23, 27, 28, 33, 65, 81, 93, 95, 109, 116, 120, 122, 140, 141, 142, 143, 154, 156, 160, 161, 162, 169, 187, 189, 190, 200, 201, 280, 288, 289, 290, 292

Cisalhamento 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 73, 74, 75, 76, 128, 134, 136, 146, 241, 292, 293, 294

Coeficiente γ_z , 15

Compósitos 62, 74, 90, 91, 92, 94, 95, 96, 98

Concreto 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 22, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 86, 87, 88, 89, 103, 104, 105, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 123, 124, 125, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 136, 137, 138, 139, 140, 144, 145, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 172, 173, 177, 178, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 201, 202, 203, 204, 209, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 231, 232, 233, 234, 235, 237, 239, 240, 250, 251, 252, 253, 254, 258, 260, 261, 262, 264, 266, 267, 268, 278, 279, 280, 281, 282, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 293, 294

Concreto Armado 15, 16, 17, 18, 20, 22, 30, 31, 32, 35, 47, 60, 61, 62, 64, 66, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 88, 112, 113, 115, 116, 117, 124, 125, 127, 128, 130, 132, 133, 137, 138, 139, 149, 150, 151, 152, 155, 162, 163, 164, 165, 166, 172, 173, 177, 178, 204, 209, 215, 216, 217, 218, 219, 225, 235, 239, 240, 252, 253, 260, 261, 262, 266, 267, 278, 279, 280, 293, 294

Curvatura 115, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 175, 176, 177

D

Deslocamento 27, 96, 121, 147, 161, 187, 197, 206

E

Edifícios 15, 16, 17, 20, 30, 31, 32, 33, 35, 47, 113, 114, 116, 119, 124, 126, 127, 128, 129, 136, 137, 177, 183, 239, 240, 272, 274

Efeito 13, 24, 43, 50, 55, 58, 59, 105, 116, 149, 164, 165, 176, 183, 206, 214, 244, 266, 275

Elementos 15, 16, 17, 18, 19, 23, 30, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 60, 77, 78, 84, 96, 101, 103, 114, 115, 116, 122, 125, 127, 130, 136, 137, 138, 139, 141, 142, 144, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 162, 163, 179, 181, 182, 184, 187, 189, 190, 197, 199, 200, 202, 203, 205, 208, 209, 213, 215, 217, 219, 220, 222, 223, 230, 231, 233, 238, 239, 241, 242, 243, 254, 258, 261, 262, 266, 267, 278, 279, 280, 285, 287, 288, 289, 293

Engesser-Courbon 204, 205, 206, 207, 212, 213, 215

Estabilidade Global 15, 16, 17, 22, 30, 32, 33, 36, 43, 47, 99, 108, 109, 114, 115, 116

Estais 99, 100, 101, 102, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112

Estocástico 187, 190, 191, 197, 198, 200, 201, 202

Estruturas 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 47, 48, 49, 58, 60, 64, 74, 75, 76, 77, 79, 89, 97, 100, 101, 103, 112, 114, 115, 116, 117, 118, 123, 124, 127, 128, 136, 137, 145, 150, 151, 152, 162, 163, 165, 166, 177, 178, 180, 188, 190, 202, 203, 209, 215, 216, 230, 233, 234, 235, 236, 237, 239, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 258, 266, 267, 268, 272, 279, 294

F

Fibra 60, 61, 62, 63, 65, 74, 75, 76, 90, 91, 92, 93, 94, 97

Fibra de Sisal 90, 91, 92, 97

Fluência 77, 79, 81, 82, 86, 88, 166

Fogo 151, 152, 153, 157, 162

G

Gestão 3, 150, 178, 179, 183, 186, 269

L

Lajes 17, 18, 20, 21, 24, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 47, 75, 119, 125, 128, 130, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 155, 156, 158, 159, 160, 161, 162, 206, 207, 208, 209, 218, 220, 228, 243, 258, 260, 261, 262, 264, 265, 266

Lajes Nervuradas 32, 33, 34, 35, 41

M

Método 5, 9, 20, 29, 52, 62, 64, 67, 68, 69, 72, 79, 84, 104, 114, 116, 127, 130, 138, 139, 143, 144, 149, 150, 156, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 181, 187, 189, 190, 191, 197, 199, 200, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215,

216, 238, 239, 240, 249, 252, 279, 283, 287, 293

Método Geral 164, 165, 166, 168, 169, 171, 172, 173, 175, 176, 177

Minerais 2, 4, 13, 193

Modelos 21, 22, 24, 25, 26, 28, 29, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 73, 74, 75, 107, 115, 116, 138, 144, 145, 146, 149, 150, 151, 153, 155, 185, 188, 204, 209, 212, 213, 214, 215, 216, 220, 235, 239, 248, 278, 279, 280, 281, 285, 286

Módulo de Elasticidade 17, 77, 81, 86, 87, 88, 140, 166, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 201, 202, 203, 282, 286

P

Parâmetro α 15, 25

Pavimento 1, 2, 3, 4, 13, 14, 21, 23, 27, 28, 38, 117, 118, 119, 130, 131, 132, 244, 261

Pilar de Concreto 164, 233

Placas 93, 96, 97, 138, 140, 144, 145, 146

Pontes 99, 100, 101, 103, 106, 107, 111, 112, 204, 205, 208, 209, 210, 213, 215, 216, 253, 258, 268

Potencial de Corrosão 48, 51, 52, 53, 57, 58

PRFC 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 69, 73, 75, 76

Probabilidade 53, 187, 196, 197, 198, 235

Projetos 15, 100, 111, 120, 128, 138, 139, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 189, 217, 218, 220, 224, 226, 232, 233, 235, 238, 239, 240, 242, 243, 244, 245, 246, 249, 250, 258

R

Reforço 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 73, 74, 75, 76, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 125, 129, 130, 131, 132, 134, 136, 234, 250, 258, 267, 293

Resíduos 1, 2, 3, 4, 11, 12, 13, 14

Resistência à Compressão 5, 48, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 91, 103, 189, 192, 194, 217, 233, 282

Rigidez k 164, 165, 167, 171, 175, 176, 177

S

Sílica Ativa 48, 50, 51, 54, 55, 56, 58, 59, 92, 105

Simulação 48, 50, 51, 52, 56, 58, 59, 138, 155, 156, 157, 203, 278, 280, 281, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293

Sistemas 14, 15, 16, 17, 27, 32, 33, 37, 41, 44, 50, 75, 78, 88, 99, 143, 169, 178, 179, 180, 183, 184, 185, 197, 235, 237, 270, 272, 275, 276, 294, 295

Solução Analítica 77, 84

V

Vazios 7, 12, 48, 53, 56, 58, 59, 224, 227

Viga 42, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 70, 73, 103, 187, 188, 189, 190, 191, 197, 198, 200, 201, 202, 203, 206, 208, 213, 214, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 233, 241, 245, 248, 263, 264, 266, 278, 280, 285, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293

 **Atena**
Editora

2 0 2 0