



# As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente 2

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann  
(Organizador)

As Engenharias frente a Sociedade, a  
Economia e o Meio Ambiente 2

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Executiva: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Natália Sandrini  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores

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. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

#### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
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. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista  
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	As engenharias frente a sociedade, a economia e o meio ambiente 2 [recurso eletrônico] / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (As Engenharias Frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente; v. 2)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-430-6 DOI 10.22533/at.ed.306192506  1. Engenharia – Aspectos sociais. 2. Engenharia – Aspectos econômicos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Holzmann, Henrique Ajuz. II. Série.  CDD 658.5
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

As obras As Engenharias frente a Sociedade, a Economia e o Meio Ambiente Volume 1, 2, 3 e 4 abordam os mais diversos assuntos sobre métodos e ferramentas nas diversas áreas das engenharias a fim de melhorar a relação do homem com o meio ambiente e seus recursos.

O Volume 1 está disposto em 31 capítulos, com assuntos voltados a engenharia do meio ambiente, apresentando processos de recuperação e reaproveitamento de resíduos e uma melhor aplicação dos recursos disponíveis no ambiente, além do panorama sobre novos métodos de obtenção limpa da energia.

Já o Volume 2, está organizado em 32 capítulos e apresenta uma vertente ligada ao estudo dos solos e águas, com estudos de sua melhor utilização, visando uma menor degradação do ambiente; com aplicações voltadas a construção civil de baixo impacto.

O Volume 3 apresenta estudos de materiais para aplicação eficiente e econômica em projetos, bem como o desenvolvimento de projetos mecânico e eletroeletrônicos voltados a otimização industrial e a redução de impacto ambiental, sendo organizados na forma de 28 capítulos.

No último Volume, são apresentados capítulos com temas referentes a engenharia de alimentos, e a melhoria em processos e produtos.

Desta forma um compendio de temas e abordagens que facilitam as relações entre ensino-aprendizado são apresentados, a fim de se levantar dados e propostas para novas discussões em relação ao ensino nas engenharias, de maneira atual e com a aplicação das tecnologias hoje disponíveis.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ESTUDOS DA ÁGUA E SEDIMENTOS NA BACIA DO RIO UBERABINHA EM UBERLÂNDIA - MG	
Maria da Graça Vasconcelos	
Luiz Alfredo Pavanin	
Erich Vectore Pavanin	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925061</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
BATIMETRIA E MEDIÇÃO DE VAZÃO NA BACIA DO RIO JI-PARANÁ - RO	
Renato Billia de Miranda	
Camila Bermond Ruezzeno	
Bruno Bernardo dos Santos	
Frederico Fabio Mauad	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925062</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>26</b>
MONITORAMENTO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ENSAIO DE PROVA DE CARGA EM SOLO BASÁLTICO	
Daniel Russi	
Sandra Garcia Gabas	
Giancarlo Lastoria	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925063</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
UTILIZAÇÃO DO MÉTODO PAPEL FILTRO E CENTRÍFUGA PARA DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO E CORRELAÇÕES COM PARÂMETROS GEOTÉCNICOS	
Ana Carolina Dias Baêso	
Eduardo Souza Cândido	
Roberto Francisco de Azevedo	
Gustavo Armando dos Santos	
Tulyo Diniz Oliveira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925064</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS CARACTERÍSTICOS DE UM SOLO TROPICAL DA BAIXADA FLUMINENSE NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Fernando Benedicto Mainier	
Claudio Fernando Mahler	
Viktor Labuto Ramos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925065</b>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
ELABORAÇÃO DE UMA CARTA DE UNIDADES DE TERRENO DO MUNICÍPIO DE CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM – ES	
Bruna Xavier Faitanin	
Éder Carlos Moreira	
Altair Carrasco de Souza	
Vitor Roberto Schettino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925066</b>	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>69</b>
ESTABILIZAÇÃO DE UM SOLO SILTE ARENOSO DA FORMAÇÃO GUABIROTUBA COM CAL PARA USO EM PAVIMENTAÇÃO	
Wagner Teixeira	
Eclesielter Batista Moreira	
João Luiz Rissardi	
Vanessa Corrêa de Andrade	
Ronaldo Luis dos Santos Izzo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925067</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>80</b>
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE CAL HIDRATADA NA RESISTÊNCIA DE SOLOS SEDIMENTARES	
Jair de Jesús Arrieta Baldovino	
Eclesielter Batista Moreira	
Ronaldo Luis Dos Santos Izzo	
Juliana Lundgren Rose	
Erico Rafael Da Silva	
Wagner Teixeira	
Felipe Perretto	
Roberto Pan	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925068</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>95</b>
PERFILAGEM DO SUBSOLO NO MUNICÍPIO DE APUCARANA-PR COM BASE EM DADOS DE SONDAGENS DE SIMPLES RECONHECIMENTO COM SPT	
Mariana Alher Fernandes	
Augusto Montor de Freitas Luiz	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3061925069</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>104</b>
UTILIZAÇÃO DO PERMEÂMETRO DE TUBO NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE DE CAMADAS SUPERFICIAIS DE SOLOS	
Marcos Túlio Fernandes	
Glaucimar Lima Dutra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250610</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>116</b>
DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CONTENÇÃO EM SOLO REFORÇADO COM GEOSSINTÉTICOS	
Alessandra Lidia Mazon	
Maytê Pietrobelli de Souza	
Bianca Penteado de Almeida Tonus	
André Fanaya	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250611</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 133**

AVALIAÇÃO DA ERODIBILIDADE DO SOLO DE CARACTERÍSTICA NÃO LATERÍTICA SOB O ENFOQUE GEOTÉCNICO NAS MARGENS DA TO-222 NO MUNICÍPIO DE ARAGUAÍNA - TO

Glacielle Fernandes Medeiros  
Renata de Moraes Farias  
Palloma Borges Soares  
Ana Sofia Oliveira Japiassu  
Andressa Fiuza de Souza  
Igor Guimarães Matias

**DOI 10.22533/at.ed.30619250612**

**CAPÍTULO 13 ..... 144**

ADAPTAÇÃO DE METODOLOGIA DE HIERARQUIZAÇÃO DE NÍVEIS DE ATENÇÃO UTILIZADA EM MINERAÇÃO PARA TRABALHOS DE MAPEAMENTO DE RISCOS GEOTÉCNICOS EM ÁREA URBANA

Marcelo Corrêa da Silva  
Daiara Luiza Guimarães

**DOI 10.22533/at.ed.30619250613**

**CAPÍTULO 14 ..... 157**

PRODUÇÃO DE CONCENTRADO ÚMIDO FOSFATADO: UMA EXPERIÊNCIA DE ESTÁGIO NA MINERAÇÃO

Matheus Henrique Borges Coutinho  
Ricardo Antonio de Rezende  
Cibele Tunussi  
Marcos Vinicius Agapito Mendes

**DOI 10.22533/at.ed.30619250614**

**CAPÍTULO 15 ..... 163**

ESTUDO DOS DESPERDÍCIOS DE MATERIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SUGESTÕES PARA A MINIMIZAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DOS MESMOS, VISANDO A OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DAS OBRAS E MENORES IMPACTOS AMBIENTAIS

Beatriz Zeurgo Fernandes  
Rafael Bergjohann  
Luiz Carlos de Campos

**DOI 10.22533/at.ed.30619250615**

**CAPÍTULO 16 ..... 176**

USO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR COMO SUBSTITUTO PARCIAL DO CIMENTO PORTLAND

Kenyson Diony Souza Silva  
Raduan Krause Lopes  
Fabiano Medeiros Da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.30619250616**

**CAPÍTULO 17 ..... 192**

ESTUDOS PRELIMINARES DA APLICAÇÃO DE RESÍDUO DE MINÉRIO DE COBRE SULFETADO NA ELABORAÇÃO DE ARGAMASSAS DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO

Julia Alves Rodrigues  
Dilson Nazareno Pereira Cardoso  
Abel Jorge Rodrigues Ferreira  
Edinaldo José de Sousa Cunha  
Bruno Marques Viegas  
Edilson Marques Magalhães  
José Antônio da Silva Souza

**DOI 10.22533/at.ed.30619250617**

**CAPÍTULO 18 ..... 200**

AValiação DO COMPORTAMENTO DE COMPOSIÇÕES A BASE DE CIMENTO DE ALUMINATO DE CÁLCIO FRENTE AOS MICRORGANISMOS STAPHYLOCOCCUS AUREUS E ESCHERICHIA COLI

Renata Martins Parrreira  
Talita Luana de Andrade  
Newton Soares da Silva  
Cristina Pacheco Soares  
Victor Carlos Pandolfelli  
Ivone Regina de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.30619250618**

**CAPÍTULO 19 ..... 209**

UMA TÉCNICA, BASEADA EM PROJETO DE EXPERIMENTOS, PARA OTIMIZAÇÃO DA DOSAGEM DE ARGAMASSA MISTA DE CIMENTO, CAL E AREIA

André Rodrigues Monticeli  
Paulo César Mappa  
Aellington Freire de Araújo  
Emerson Ricky Pinheiro  
Karoline Santos da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.30619250619**

**CAPÍTULO 20 ..... 221**

REDUÇÃO DO CONSUMO DE AÇO EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO SUBMETIDAS AO ESFORÇO CORTANTE ATRAVÉS DA ESCOLHA DO ÂNGULO DAS BIELAS

Lucas Teotônio de Souza  
Paula de Oliveira Ribeiro

**DOI 10.22533/at.ed.30619250620**

**CAPÍTULO 21 ..... 232**

ANÁLISE DE CRONOGRAMA FÍSICO x CRONOGRAMA REALIZADO NA OBRA DO FÓRUM DE RIO NEGRO/PR PARA FINS DE DIMINUIÇÃO DOS ATRASOS

Nathalia Loureiro de Almeida Correa

**DOI 10.22533/at.ed.30619250621**

**CAPÍTULO 22 ..... 250**

ANÁLISE DA IMPORTÂNCIA DO CORRETO DIMENSIONAMENTO DOS VERTEDORES EM BARRAGENS E SUAS INFLUÊNCIAS ECOLÓGICAS E SOCIOECONÔMICAS. ESTUDO DE CASO: USINA HIDRELÉTRICA DE XINGÓ

Jéssica Beatriz Dantas  
Djair Félix da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.30619250622**

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>262</b>
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO PERMEÁVEL EM UMA ÁREA DA CIDADE DE JOINVILLE/SC	
Adilon Marques dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250623</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>281</b>
ANÁLISE NUMÉRICA DA SENSIBILIDADE DO ALGORITMO IMPLEX APLICADO EM UM CENÁRIO HIPOTÉTICO DE ESTABILIDADE DE TALUDE VIA TÉCNICA DE DESCONTINUIDADES FORTES	
Nayara Torres Belfort	
Ana Itamara Paz de Araujo	
Kátia Torres Botelho Galindo	
Igor Fernandes Gomes	
Leonardo José do Nascimento Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250624</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>294</b>
DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS POR MEIO DE CÁLCULO MANUAL E COM O AUXÍLIO DE UM SOFTWARE COMPUTACIONAL	
Iva Emanuely Pereira Lima	
Vitor Bruno Santos Pereira	
Vinicius Costa Correia	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250625</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>306</b>
DIMENSIONAMENTO OTIMIZADO DE PILARES MISTOS PREENCHIDOS DE AÇO E CONCRETO	
Jéssica Salomão Lourenção	
Élcio Cassimiro Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250626</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>325</b>
ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS: MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS	
João Augusto Dunck Dalosto	
Luiz Fernando Hencke	
Jhonatan Conceição dos Santos	
Hevrlí da Silva Carneiro Pilatti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250627</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>336</b>
APLICAÇÃO DO CPR EM SOLOS MOLES NA REGIÃO DO CAMPO DOS PERDIZES: DUPLICAÇÃO DA BR 135, ENTRE O KM 39,36 E O KM 39,90	
Rodrigo Nascimento Barros	
Larysse Lohana Leal Nunes	
Saymo Wendel de Jesus Peixoto Viana	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250628</b>	
<b>CAPÍTULO 29</b> .....	<b>348</b>
ANÁLISE DA QUALIDADE DO AR INTERNO DE UMA TERAPIA INTENSIVA	
Sylvia Katherine de Medeiros Moura	
Antonio Calmon de Araújo Marinho	
Wagner Amadeus Galvão de Souza	
Angelo Roncalli Oliveira Guerra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250629</b>	

<b>CAPÍTULO 30</b> .....	<b>357</b>
‘ARTENGENHARIA’: UMA PONTE TRANSDISCIPLINAR PARA O DESENVOLVIMENTO DO POTENCIAL HUMANO E SUAS CONTRIBUIÇÕES PARA A GESTÃO DO CONHECIMENTO	
Ana Alice Trubbianelli	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250630</b>	
<b>CAPÍTULO 31</b> .....	<b>371</b>
PROCEDIMENTO DE ANÁLISE EXPERIMENTAL E NÚMÉRICO DE UMA PONTE EXECUTADA COM PALITOS DE PICOLÉ	
Matheus Henrique Morato de Moraes	
João Eduardo Sousa de Freitas	
Diogo Henrique Morato de Moraes	
Juarez Francisco Freire Junior	
Wellington Andrade da Silva	
Geraldo Magela Gonçalves Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250631</b>	
<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>383</b>
EXERGIA HÍDRICA EM SISTEMAS REDUTORES DE PRESSÃO	
Conrado Mendes Moraes	
Ângela B. D. Moura	
Eduardo D. P. Schuch	
Eduardo de M. Martins	
<b>DOI 10.22533/at.ed.30619250632</b>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>393</b>

## DIMENSIONAMENTO DE LAJES MACIÇAS POR MEIO DE CÁLCULO MANUAL E COM O AUXÍLIO DE UM SOFTWARE COMPUTACIONAL

**Iva Emanuely Pereira Lima**

Universidade Federal de Alagoas, Campus A.C.  
Simões

Maceió – Alagoas

**Vitor Bruno Santos Pereira**

Universidade Federal do Vale do São Francisco,  
Campus Juazeiro

Juazeiro da Bahia – Bahia

**Vinicius Costa Correia**

Universidade Federal de Alagoas, Campus Sertão  
Delmiro Gouveia – Alagoas

**RESUMO:** A engenharia de estruturas está em constante crescimento e, tem como uma das principais causas, a contínua evolução dos projetos estruturais. Na elaboração desses projetos, vem sendo muito utilizados softwares computacionais que auxiliam no dimensionamento das estruturas. Analisando isto, o presente trabalho expõe um estudo relacionado à análise comparativa entre dois métodos distintos para o dimensionamento de lajes maciças, com o propósito de obter a solução mais econômica. O comparativo se deu através do cálculo manual, em que foi aplicado o modelo de Bares e, por meio de um software computacional, utilizando o Eberick. Foram verificados os valores da área de aço, momentos fletores e flechas das lajes de uma residência unifamiliar, localizada na cidade de Aracaju –

SE. A verificação apontou que os resultados encontrados através do software resultaram em valores maiores para a área de aço, na maioria das lajes, em comparação com os calculados manualmente. Houve também uma pequena discrepância nos momentos fletores e flechas, onde foram encontrados valores maiores para o dimensionamento por meio do software. Mesmo com essa diferença, os resultados obtidos com a comparação foram satisfatórios e a diferença encontrada foi proveniente das diferentes formas de arranjo que cada método utiliza.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise Estrutural; Estudo Comparativo; Área de Aço; Flecha.

### DIMENSIONING OF MASSAGES BY MANUAL CALCULATION AND WITH THE ASSISTANCE OF A COMPUTATIONAL SOFTWARE

**ABSTRACT:** Structural engineering is constantly growing and has as one of the main causes, the continuous evolution of structural projects. In the elaboration of these projects, computational softwares have been used that help in the dimensioning of the structures. Analyzing this, the present work presents a study related to the comparative analysis between two distinct methods for the design of massive slabs, in order to obtain the most economical solution. The comparison was made through the manual

calculation, in which the Bares model was applied and, through computational software, using Eberick. The values of the steel area, bending moments and arrows of the slabs of a single family dwelling, located in the city of Aracaju - SE, were verified. The verification showed that the results obtained through the software resulted in higher values for the steel area, in the majority of the slabs, as compared to those calculated manually. There was also a small discrepancy in the bending and arrow moments, where larger values were found for the sizing through the software. Even with this difference, the results obtained with the comparison were satisfactory and the difference found came from the different forms of arrangement that each method uses.

**KEYWORDS:** Structural analysis; Comparative study; Steel Area; Arrow.

## 1 | INTRODUÇÃO

Através das novas tecnologias computacionais, que vieram para proporcionar rapidez, qualidade e eficiência, pode-se destacar a chegada dos programas de cálculo estrutural, que permitem a solução de projetos de maneira bem mais ágil que no passado. Durante muito tempo, o cálculo estrutural de uma edificação era realizado através de tabelas e de maneira isolada. Com esse avanço tecnológico, é possível analisar e calcular o comportamento integrado das estruturas de maneira bem mais rápida.

Outro benefício desses programas de cálculo foi o ganho de produtividade e dinamismo na execução do projeto, oferecendo a facilidade de testar distintas formas até encontrar a estrutura ideal, onde seja a mais apropriada e econômica do projeto, diferentemente se fosse calculado de forma manual.

Porém, mesmo com o auxílio dos softwares computacionais, a análise dos resultados por um profissional qualificado é indispensável para a realização de projetos. Uma má interpretação ou informações colocadas erroneamente no programa podem causar erros gravíssimos nas estruturas, podendo até condená-las.

Segundo Moraes e Barbosa (2017), ao calcular uma estrutura por meio de softwares computacionais, os mesmos consideram a estrutura de forma global, gerando alterações em relação aos cálculos encontrados de forma manual, que consideram cada peça agindo isoladamente. Essas alterações de resultado devem ser analisadas para se ter a certeza do método que possui melhor eficácia e eficiência, analisando desde a segurança da obra ao seu custo final.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é realizar e comparar os dimensionamentos de lajes maciças feitas por meio de software computacional e cálculo manual, a fim de verificar qual a ferramenta que melhor simula o comportamento real da estrutura.

## 2 | REFERENCIAL TEÓRICO

As lajes são elementos da construção civil feitas com a finalidade de transmitir as

cargas oriundas de um cômodo para os elementos em que estão apoiados, como vigas e pilares. De acordo com Gontijo (2015), as lajes são elementos planos destinados a receber cargas, que na maioria das vezes são perpendiculares ao plano da estrutura. Quando feitas em concreto armado podem ser subdivididas em diferentes modos, quanto ao seu tipo de apoio, à sua natureza e ao seu tipo de armação, sendo necessário analisar cada tipo específico de laje.

## 2.1 Tipos de Lajes

### 2.1.1 Quanto à sua natureza

- Lajes maciças:

Segundo Araújo (2013) lajes maciças são aquelas que apresentam espessura uniforme ao longo de todo o seu vão e são apoiadas ao longo de suas bordas externas por meio de vigas ou alvenarias. Esse tipo de laje é utilizada, predominantemente, nos edifícios residenciais.

Conforme a NBR 6118 (2014), as lajes maciças devem respeitar aos seguintes valores mínimos de espessura: 8 cm para lajes não em balanço; 10 cm para lajes em balanço; 10 cm para lajes que suportem veículos com peso menor ou igual a 30 kN; 12 cm para lajes que suportem veículos com peso maior que 30 kN.

- Lajes nervuradas:

De acordo com a NBR 6118 (2014), as lajes nervuradas são aquelas que possuem nervuras pré-moldadas ou moldadas no local da obra, onde as nervuras são responsáveis por suportar a tração exercida pelos momentos positivos existentes na laje. Entre as nervuras podem ser colocados materiais inertes, como por exemplo o isopor. Dentre as lajes nervuradas, a posição da nervura é uma forma classificatória para diferenciar os tipos da mesma.

As lajes nervuradas são classificadas como normal, invertida e dupla. Na normal, as nervuras estão localizadas na parte inferior da laje, e a superfície de concreto chamada de mesa está localizada na parte superior. Já as lajes invertidas são aquelas em que a mesa de concreto está localizada na parte inferior e as nervuras na parte superior da laje. As lajes duplas possuem nervuras entre duas mesas de concreto, como está ilustrado na Figura 1.

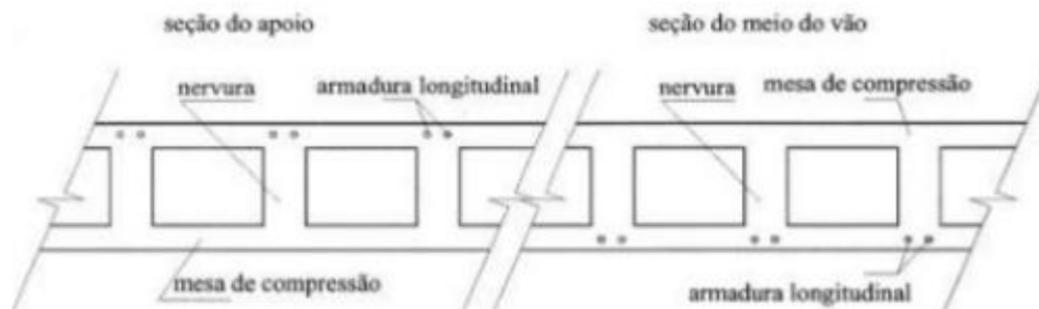


Figura 1 – Laje nervurada dupla. Fonte: Moraes e Barbosa (2017).

- Lajes Pré-moldadas:

Em conformidade com a NBR 14859 (2016), as lajes pré-moldadas são aquelas que possuem vigotas que formam uma seção de concreto em um “T” invertido, onde a armadura da laje está totalmente englobada pelo concreto da vigota. Os tipos mais comuns dessa laje são chamadas de tipo trilho e treliça, as peças que já vem prontas para o uso.

Esse tipo de laje vem sendo cada vez mais empregado em casas, sobrados e pequenos edifícios, pois se tratam de pavimentos mais simples. Esse tipo de laje apresenta vantagens, pois não gastam fôrmas para a sua execução e precisam de pouco escoramento (CARVALHO & FIGUEIREDO FILHO, 2015).

### 2.1.2 Quanto ao tipo de apoio

Segundo Bastos (2015), devemos considerar uma laje como uma peça perfeitamente engastada ou simplesmente apoiada em torno de alguma borda, onde podem ser admitidos três tipos de apoios: o apoio simples, engaste perfeito, e borda livre.

Porém, é conhecido que esses apoios perfeitos não ocorrem na realidade, contudo o erro cometido é muito pequeno e não influencia no dimensionamento da peça (CUNHA & SOUZA, 1998). A partir disso, as lajes podem se apresentar de algumas formas de acordo com a combinação de seus vínculos, como mostra a Figura 2.

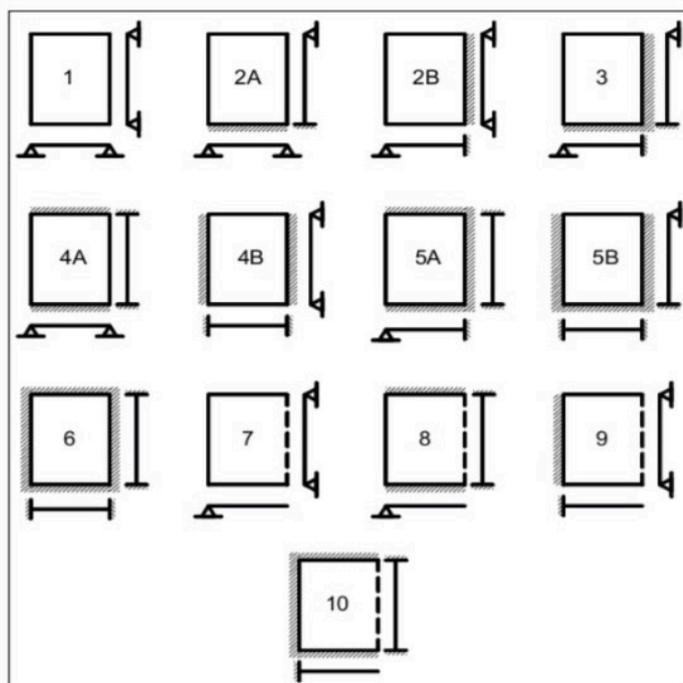


Figura 2 – Modos de disposição das lajes. Fonte: Bastos (2005).

### 2.1.3 Quanto à sua armação

As lajes maciças possuem dois tipos de armação, que são em uma ou em duas direções. As lajes armadas em uma direção, são aquelas em que a relação entre os vãos da peça possui uma relação superior a 2. Para esses casos, o momento fletor em torno do maior eixo é muito pequeno e não precisa ser calculado, logo adota-se apenas uma armadura de distribuição para essa direção. Já as lajes armadas em duas direções são aquelas que possuem uma relação entre os vãos inferior a 2. Nesses casos, os momentos fletores em relação aos dois eixos são de grande importância para a peça e devem ser considerados nos cálculos para o dimensionamento das armaduras (ARAÚJO, 2003).

## 2.2 Dimensionamento

As estruturas em concreto armado devem ser projetadas de modo a atender requisitos básicos de qualidade, como a segurança e a durabilidade. Para atender a estas condições, Moraes e Barbosa (2017) apontam que o correto dimensionamento das lajes deve respeitar os valores estabelecidos na NBR 6118/2014 seguindo os critérios de cobrimento mínimo, deslocamentos-limites e taxas de armadura mínima e máxima.

Em conhecimento dos requisitos básicos propostos pela NBR 6118/2014 para o dimensionamento das lajes, tem-se na literatura métodos distintos de cálculo manual para o projeto de lajes maciças, que podem ser Czerny, Marcus e Bares. Neste trabalho, o modelo utilizado para o cálculo manual foi o de Bares.

O método de Bares é baseado em tabelas, que de acordo com Santos Júnior

(2016), estabelecem coeficientes que serão aplicados em equações que servirão para o cálculo dos momentos fletores e das flechas no centro do vão. Inicialmente é feito o pré-dimensionamento da altura da laje relacionando esse valor com o menor lado da laje (“lx”), e o cálculo do vão efetivo e suas correspondentes vinculações.

O método de Bares é um modelo de cálculo baseado em fórmulas matemáticas simples. Com a contínua evolução dos projetos estruturais, ferramentas mais completas foram surgindo com o intuito de auxiliar nos dimensionamentos, como é o caso dos softwares computacionais. No mercado brasileiro existe uma grande quantidade de opções de softwares para o cálculo de estruturas e, dentre eles, destacam-se, o CypeCAD, o TQS e o Eberick. Para realizar o dimensionamento pelo software computacional, o programa escolhido foi o Eberick.

### 3 | METODOLOGIA

Neste trabalho tem-se o objetivo de fazer o comparativo da área de aço, momentos fletores e flechas referentes ao dimensionamento das lajes maciças de uma residência unifamiliar. A análise comparativa se dá através dos valores obtidos pelo cálculo manual por intermédio do modelo de Bares com os valores extraídos por meio do software computacional Eberick.

#### 3.3 Área de Estudo

O objeto de estudo é uma residência unifamiliar localizada na cidade de Aracaju/SE, que segundo dados do IBGE (2017), conta com uma população estimada de 650.106 habitantes no ano de 2017. A residência é composta por dois pavimentos (pavimento térreo e um pavimento superior), sendo a cobertura formada por telhado, dispensando a necessidade de laje de cobertura.

#### 3.4 Coleta de Dados

Para a realização do dimensionamento das lajes do pavimento térreo, foram utilizados os seguintes dados de projeto:

Classe de agressividade ambiental II; Concreto com resistência de 25 MPa e peso específico de 25 KN/m<sup>3</sup>; Cobrimento igual a 2,5 cm; Paredes com espessura de 15,0 cm e 2,70 m de altura com peso específico de 13,0KN/m<sup>3</sup>; Contrapiso com espessura média de 2,0 cm, feito com argamassa de cimento e areia com peso específico de 21 KN/m<sup>3</sup>; Revestimento de piso cerâmico de 0,15 KN/m<sup>2</sup> sobre toda área útil; Revestimento na face inferior da laje de 0,23 KN/m<sup>2</sup>; Cargas acidentais: 1,5 kN/m<sup>2</sup> para dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro de edifícios residenciais.

#### 3.5 Procedimentos e Análise dos Dados

Com o projeto arquitetônico da residência, pode-se analisar os posicionamentos

de todas as lajes do pavimento térreo, definindo os seus vãos teóricos e as suas correspondentes vinculações. Depois disso, fez-se o pré-dimensionamento desses elementos estruturais, em que foi calculada a altura para cada laje e adotada a maior altura para todas elas. Em seguida, as lajes foram dimensionadas.

O primeiro método utilizado foi o cálculo manual. Inicialmente, foram calculados os valores de flecha total considerando a fluência. Após o cálculo das flechas, o procedimento seguinte foi dos momentos fletores, onde foram obtidos os momentos máximos positivos e negativos para cada laje de acordo com as suas direções. Para finalizar os cálculos manuais, foram determinados os valores da área de aço, respeitando sempre o valor da área de aço para a armadura mínima.

Após o término do dimensionamento de todas as lajes pelo cálculo manual, foi feito o lançamento do mesmo projeto no software Eberick. Com a área de aço, momentos fletores e flechas definidos pelos dois dimensionamentos, comparou-se os valores obtidos a fim de se obter a solução mais econômica para o projeto estrutural. A planta da distribuição das lajes com seus respectivos vãos teóricos está representada na Figura 3.

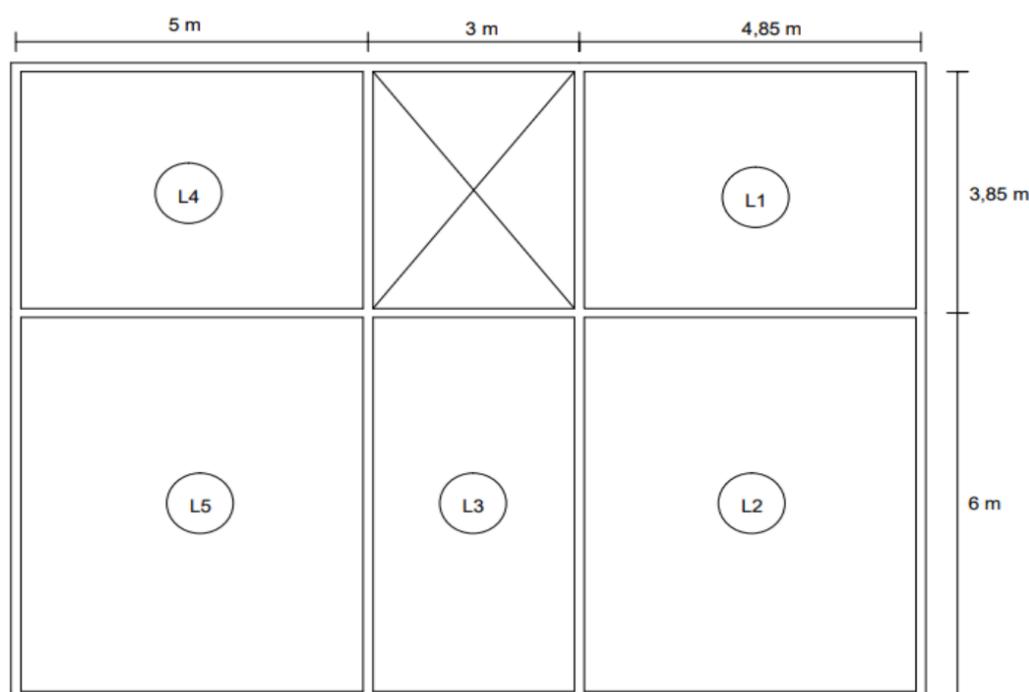


Figura 3 – Planta da distribuição das lajes.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, foram definidas as condições de vínculo e a relação do lado maior pelo lado menor de cada laje, atribuindo-se um caso a elas a partir das tabelas de Bares. Feito isto, realizou-se o pré-dimensionamento e o cálculo inicial das alturas. Com esse cálculo, foram definidas as alturas que devem ser adotadas de acordo com

a maior altura calculada. Escolheu-se esta adoção para uma melhor padronização de altura nas lajes. Os resultados obtidos nesses procedimentos de cálculo estão apresentados na Tabela 1.

Laje	Caso	$l_x$ (m)	$l_y$ (m)	$\lambda = \frac{l_y}{l_x}$	Direção da armadura principal	$h_{calculada}$ (cm)	$h_{adotada}$ (cm)
L1	3	3,85	4,85	1,26	Duas direções	7,70	11
L2	4	4,85	6,00	1,24	Duas direções	9,60	11
L3	6	3,00	6,00	2,00	Duas direções	5,40	11
L4	3	3,85	5,00	1,30	Duas direções	7,70	11
L5	4	5,00	6,00	1,20	Duas direções	10,2	11

Tabela 1 – Pré-dimensionamento da altura das lajes.

Com os resultados dispostos na Tabela 1 foi possível dimensionar as lajes, tanto no cálculo manual, como no software. Em sequência, foram realizados cálculos das cargas atuantes e verificação das flechas, analisando valores de combinação quase permanente e de carga acidental. Depois foram calculadas as flechas totais, onde a Tabela 2 mostra o comparativo desses valores para cada método utilizado.

Laje	Cálculo Manual	Software Eberick	$\Delta$ $f_{total,\infty}$ (%)
	$f_{total,\infty}$ (cm)	$f_{total,\infty}$ (cm)	
L1	0,35	0,38	3
L2	0,86	0,94	8
L3	0,09	0,12	3
L4	0,35	0,39	4
L5	0,98	1,08	10

Tabela 2 – Comparativo das flechas.

Por meio da Tabela 2, pode-se observar a variação dos resultados obtidos nos cálculos das flechas. Nota-se que no programa, os resultados foram maiores do que no cálculo manual, e as lajes 2 e 5 apresentam uma maior porcentagem em

comparação com as outras, e isso pode ser justificado por elas apresentarem os maiores carregamentos. Essa diferença ocorreu porque o método de Bares analisa laje por laje, onde o valor da flecha de cada uma é calculado como um elemento isolado, enquanto que o Eberick considera as deformações dos apoios das lajes somando as flechas das lajes como um todo, o que acaba resultando em um valor mais acentuado.

Após a análise do comparativo das flechas, iniciou-se a verificação dos momentos fletores, onde foram calculados os momentos máximos positivos e negativos. Para a verificação a partir do método de Bares, foi utilizado a carga total referente a cada laje e os coeficientes estabelecidos de acordo com o caso e a relação entres os seus vãos teóricos. A Tabela 3 mostra o comparativo dos momentos fletores determinados pelos dois métodos utilizados.

Laje	Cálculo Manual (KNm/m)				Software Eberick (KNm/m)				Maior momento positivo	Maior momento negativo
	Mx	My	Xx	Xy	Mx	My	Xx	Xy	$\Delta$ (%)	$\Delta$ (%)
L1	3,89	1,81	7,84	----	3,96	1,75	7,90	----	7	6
L2	5,55	3,84	12,66	10,82	5,73	3,97	12,85	11,03	18	19
L3	2,03	0,47	4,04	----	2,05	0,43	3,97	----	2	7
L4	3,89	1,81	7,84	----	3,78	1,96	7,96	----	11	12
L5	6,03	4,48	13,95	12,25	6,17	4,61	14,08	12,39	14	13

Tabela 3 – Comparativo dos momentos fletores.

Os momentos representados pela letra M são os momentos máximos positivos em cada direção e os simbolizados pela letra X são os negativos também para cada direção. Em análise dos valores dispostos na Tabela 3, também é possível observar que houve uma discrepância entre eles, ocorrendo também uma maior discrepância nas lajes 2 e 5. As variações ocorreram porque no cálculo simplificado os apoios nas lajes são considerados como rígidos e a distribuição dos momentos fletores nas lajes depende dessa rigidez, enquanto que o Eberick não considera as vigas de apoio como rígidas, e sim como deformáveis, sendo capaz de determinar momentos fletores e de torção com um elevado grau de precisão.

Além disso, o modelo de análise dos métodos também contribuiu para as diferenças encontradas. Como já citado, o método de Bares é baseado na análise dos elementos isolados e o software aplica o modelo de pórtico espacial, onde ocorre uma interação de todos os elementos, possibilitando uma análise estrutural mais completa que simula um melhor comportamento real da estrutura.

Por fim, foram determinados os valores da área de aço. Para esta análise, foram utilizados os momentos fletores estabelecidos para cada laje e parâmetros como as propriedades mecânicas do Aço CA50. Na Tabela 4, está disposto o comparativo das áreas de aço, onde foram calculadas as áreas nas direções X e Y, tanto positiva quanto negativa.

Laje	Direção	Cálculo Manual	Software Eberick	$\Delta$ As (%)
		As (cm <sup>2</sup> /m)	As (cm <sup>2</sup> /m)	
L1	X+	1,86	1,91	5
	X-	3,93	3,99	6
	Y+	1,65	1,65	0
	Y-	----	----	----
Laje	Direção	Cálculo Manual	Software Eberick	As (%)
		As (cm <sup>2</sup> /m)	As (cm <sup>2</sup> /m)	
L2	X+	2,70	2,83	9
	X-	6,74	6,82	8
	Y+	1,84	1,94	10
	Y-	5,61	5,67	6
L3	X+	1,65	1,67	2
	X-	1,94	1,98	4
	Y+	1,65	1,65	0
	Y-	----	----	----
L4	X+	1,86	1,90	4
	X-	3,93	3,98	5
	Y+	1,65	1,65	0
	Y-	----	----	----
L5	X+	2,96	3,05	9
	X-	7,57	7,63	6
	Y+	2,16	2,27	11
	Y-	6,52	6,64	12

Tabela 4 – Comparativo das áreas de aço.

Com os resultados da Tabela 4, também é verificada a variação dos valores obtidos nos cálculos da área de aço nas lajes. Nota-se que, para a maioria das lajes, os resultados encontrados através do software resultaram em valores maiores em comparação com os calculados manualmente, exceto nas situações que os valores se igualaram por existir a necessidade da adoção da área de aço mínima, como em alguns casos nas lajes 1, 3 e 4.

Essas variações seguiram um padrão entre 2 a 12% nos dois métodos, mostrando também que as maiores diferenças foram verificadas nas lajes 2 e 5. Os resultados encontrados não mostraram elevadas variações, e as diferenças encontradas também são decorrentes do modelo de análise dos dois métodos. O software apresentou uma área de aço maior que a calculada, por ter uma análise mais detalhada, já que possui uma interação de todos os elementos, tornando a estrutura a mais próxima da real. O diferente comportamento das lajes nos dois métodos é o que mais influencia nos momentos calculados e conseqüentemente nas suas áreas de aço.

## 5 | CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos, verificou-se por meio dos comparativos, que os valores fornecidos pelo método de Bares e através do Eberick apresentaram variações. Essas variações são provenientes das diferentes formas de arranjo que cada método utiliza, enquanto o cálculo manual é baseado no modelo dos pavimentos isolados que divide a estrutura em pórticos menores podendo levar a erros na avaliação dos deslocamentos e esforços da estrutura, o software utiliza o método de pórtico espacial que estuda as estruturas de forma integrada, analisando-a de forma global e considerando a interação entre todos os elementos.

O método simplificado apresentou, na maioria dos casos, valores menores do que os extraídos pelo software e, isso aconteceu pelo método ser baseado em arranjos estruturais que não acontecem no comportamento real da estrutura, como por exemplo considerar que os apoios nas lajes são rígidos, o que acaba tornando a sua utilização muito limitada e perigosa. Já com a utilização do software, foi possível prever efeitos e deslocamentos na estrutura por meio de uma análise global, obtendo-se uma melhor precisão nos valores obtidos.

Dessa forma, conclui-se que o estudo cumpriu com os objetivos pretendidos inicialmente, onde foi analisado o comparativo entre os dois métodos para se obter a maneira mais confiável de se realizar um projeto estrutural, mostrando uma maior eficiência no método utilizado pelo software computacional. Como sugestão para edições futuras deste trabalho, tem-se a análise comparativa do dimensionamento das lajes a partir de diferentes softwares computacionais, com o objetivo de se observar os tipos de análises e critérios adotados entre eles.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. **Curso de Concreto Armado**. 2 Ed. Rio Grande: Dunas, 2003, v.1.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto Armado – Procedimento**, Rio de Janeiro. 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14859: Laje Pré-Fabricada - requisitos**, Rio de Janeiro. 2016.

BASTOS, P. S. S. **Lajes de Concreto**. Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 2015.

CARVALHO, R. C; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: Segundo a NBR 6118:2014**. 4 ed. São Carlos: EdUSFCar. 2014.

CUNHA, A. J. P; SOUZA, V. C, M; **Lajes em Concreto Armado e Protendido**. 2 Ed. Rio de Janeiro: UERJ. 1998.

GONTIJO, G. B. **Cálculo e Análise dos Momentos Fletores em Lajes de Concreto Armado**. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População da cidade de Aracaju - SE.** Panorama da cidade/População, IBGE. 2017. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/aracaju/panorama>>. Acesso em 23 de dezembro de 2017.

MORAES, B. G; BARBOSA, G. **Comparativo entre Métodos de Cálculo de Laje Maciça.** Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça. 2017.

SANTOS JÚNIOR, I. R. **Análise Comparativa do Dimensionamento de Lajes Maciças por Meio de um Software Computacional e Alguns Métodos Simplificados.** Faculdade Pio Décimo, Aracaju. 2016.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-430-6



9 788572 474306