

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA CIVIL 3**



**ARMANDO DIAS DUARTE**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA CIVIL 3**



**ARMANDO DIAS DUARTE**  
(ORGANIZADOR)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

**Conselho Editorial**

**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

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

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

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

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

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

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Maiara Ferreira  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Armando Dias Duarte

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

D812 Coleção desafios das engenharias: engenharia civil 3 /  
Organizador Armando Dias Duarte. - Ponta Grossa -  
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-639-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.390212610>

1. Engenharia civil. I. Duarte, Armando Dias. II. Título.  
CDD 624

**Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166**

**Atena Editora**

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

## APRESENTAÇÃO

A coleção de trabalhos intitulada “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Civil 3” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de trabalhos diversos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que através dos resultados, possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no desenvolvimento profissional.

Os estudos apresentados, foram desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país e também um caso internacional. Em todos esses trabalhos foram apresentadas diversas problemáticas a respeito do estudo de interação solo-estrutura, orçamento de obras, desempenho de materiais, aditivos para materiais da construção civil, análises através da ferramenta Building Information Modelling (BIM), gestão de resíduos **sólidos**, entre outros. Os estudos presentes nos trazem à tona, temas interdisciplinares através da segurança de obras civis, aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Os temas discutidos nesta obra, possuem a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, com temáticas atuais e que são apresentadas como desafios enfrentados pelos profissionais e acadêmicos, deste modo a obra “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Civil 3”, apresenta uma teoria fundamentada nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolveram seus trabalhos e pesquisas, os quais serão apresentados de maneira concisa e didática.

A divulgação científica é de suma importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, sendo a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulguem seus resultados.

Armando Dias Duarte




## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ANÁLISE DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA EM EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO SOBRE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS

Mateus Lima Barros

Vinicius Costa Correia


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126101>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

ANÁLISE DE HASTES DELGADAS EM GRELHAS HIPERESTÁTICAS

Antônio Luís Alves da Cunha

Luiz Carlos Mendes


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126102>

### **CAPÍTULO 3..... 28**

ANÁLISE DE SÓLIDOS INELÁSTICOS SOB DEFORMAÇÃO FINITA USANDO ELEMENTOS BIARTICULADOS 2D E 3D

William Taylor Matias Silva

Sebastião Simão da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126103>

### **CAPÍTULO 4..... 46**


APLICAÇÃO DA NORMA ABNT NBR 16747 (2020) – INSPEÇÃO PREDIAL EM EMPREENDIMENTOS RURAIS – ESTUDO DE CASO

Camilla Cristina Cunha Menezes

Marcos de Paulo Ramos

Thiago Pena Bortone

Rachel Jardim Martini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126104>

### **CAPÍTULO 5..... 58**

APLICAÇÃO DE CURSO EXTENSÃO DE ORÇAMENTO DE OBRAS EM BIM COMPARANDO COM A METODOLOGIA ATUAL DA DISCIPLINA DE ORÇAMENTO DE OBRAS DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE – CAMPUS ESTÂNCIA

Anna Cristina Araujo de Jesus Cruz

José Carlos de Anunciação Cardoso Júnior

Mariana Silveira Araujo

Natália Ramos dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126105>


### **CAPÍTULO 6..... 67**

CORROSÃO NA ARMADURA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DEVIDO AO ATAQUE DE SULFATOS

Henrique Resende dos Santos

Adriano de Paula e Silva

Eduardo Chahud  
Cristiane Machado Parisi Jonov

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126106>

**CAPÍTULO 7..... 78**

**DANOS PÓS INCÊNDIO NA ESTRUTURA DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA. UM ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**


Rodolpho Medeiros Frossard  
Anna Luiza Macachero Victor Rodrigues  
Lara Sandrini  
Matheus Carreiro Zani  
Warribe Lima de Siqueira  
Geilma Lima Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126107>

**CAPÍTULO 8..... 90**

**DEGRADAÇÃO TÉRMICA DE CONCRETOS CONVENCIONAIS SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS E RESFRIAMENTO LENTO**


Moacyr Salles Neto  
Flávio Roldão de Carvalho Lelis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126108>

**CAPÍTULO 9..... 103**

**DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HOSPITALARES VIA DIMENSÕES MORFOLÓGICAS**


Alyria Donegá  
João da Costa Pantoja

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126109>

**CAPÍTULO 10..... 115**

**DIFICULDADE DOS DISCENTES DE ENGENHARIA CIVIL NA MATÉRIA DE MECÂNICA VETORIAL COMPARANDO OS PARÂMETROS DO ENSINO PRESENCIAL E DO ENSINO REMOTO**

Alessandro Leonardo da Silva  
Emanuela dos Santos Gonzaga  
Gustavo Neves Quintão Gonzales  
Marcelo Robert Fonseca Gontijo  
Thais Prado Vasconcelos Silva  
Rodrigo Silva Fonseca  
Heron Viterbre Debique Sousa  
Ícaro Viterbre Debique Sousa


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261010>

**CAPÍTULO 11..... 125**

**EFEITO DO TEOR e TIPO de CIMENTO NO MÓDULO DE RESILIÊNCIA DE SOLO ARENOSO ESTABILIZADO QUIMICAMENTE**

José Wilson dos Santos Ferreira  
Michéle Dal Toé Casagrande

Raquel Souza Teixeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261011>

**CAPÍTULO 12..... 136**

ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO EN EL MUNICIPIO DE IXHUACÁN DE LOS REYES, VERACRUZ

Gilbert Francisco Torres Morales


Ignacio Mora González

Saúl Castillo Aguilar

René Álvarez Lima

Raymundo Dávalos Sotelo

José Alberto Aguilar Cobos


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261012>

**CAPÍTULO 13..... 150**

ESTUDO DA APLICAÇÃO DO LÁTEX DA SERINGUEIRA AMAZÔNICA (*HEVEA BRASILIENSIS*) COMO ADITIVO EM ARGAMASSA COM CIMENTO PORTLAND PARA MELHORA DE COMPORTAMENTO MECÂNICO

José Costa Feitoza

Natália da Mata Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261013>

**CAPÍTULO 14..... 160**


ESTUDO DE UMA CONTENÇÃO UTILIZANDO FERRAMENTA NUMÉRICA E MÉTODOS APROXIMADOS DE DIMENSIONAMENTO DE TIRANTES

Renathielly Fernanda da Silva Brunetta

Isabela Grossi da Silva

Leandro Canezin Guideli

Vitor Pereira Faro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261014>

**CAPÍTULO 15..... 173**

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO NO GNAISSE MILONÍTICO

Kelly de Oliveira Borges da Costa

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

Carlos Maurício Fontes Vieira


Elaine Aparecida Santos Carvalho Costa

Geovana Carla Girondi Delaqua

Gustavo de Castro Xavier

Letícia Borges da Costa

Vinícius Alves Polinicola

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261015>


**CAPÍTULO 16..... 183**

VIGAS DE GRAN ALTURA DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE

Viviana Carolina Rougier

Miqueas Ceferino Denardi

Dario Orestes Vercesi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261016>

**CAPÍTULO 17..... 195**

**GESTÃO E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO: UMA NOVA ABORDAGEM USANDO MODELAGEM 6D**

João Bosco Pinheiro Dantas Filho


Guilherme Bruno de Souza Ribeiro

Pedro Holanda

Bruna Vital Roque

Rodrigo G. Ribeiro

Artur de Almeida Evangelista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261017>

**CAPÍTULO 18..... 206**

**GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS COMERCIALIZADOS NOS MUNICÍPIOS DA CHAPADA DO APODI/RN – ANÁLISE COMPARATIVA COM A NORMA NBR 7211/2009**

Renata Samyla Matias Nogueira

Clélio Rodrigo Paiva Rafael

Edna Lucia da Rocha Linhares

Ronald Assis Fonseca

Rokátia Lorrany Nogueira Marinho

Ligia Raquel Rodrigues Santos

Jaiana de Araújo Pinheiro

Carlos Eduardo Carvalho Oliveira

Edyelly Cristtian Galdino Fernandes

Francisco Felinto de Lima Neto

Luzianne Galvão Pimenta

Géssica de Moura Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261018>

**CAPÍTULO 19..... 221**


**INSPEÇÃO PREDIAL EM EMPREENDIMENTOS RURAIS APLICABILIDADE DA NBR 16747**

Camilla Cristina Cunha Menezes

Marcos de Paulo Ramos

Thiago Pena Bortone

Rachel Jardim Martini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261019>

**CAPÍTULO 20..... 232**


**GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS**

Wallace Ribeiro Nunes Neto

Camila Moraes Silva

Pedro Paulo Barbosa Nunes Sobrinho


Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego  
Louryval Coelho Paixão  
Marcio Mendes Cerqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261020>

**CAPÍTULO 21..... 241**

**LOCUS SAECULARIS: MATERIAIS QUE CONSTRÍRAM UMA TRADIÇÃO**


João Hermem Fagundes Tozatto  
Crystian André Montozo Botelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261021>

**CAPÍTULO 22..... 253**

**MODELAGEM NUMÉRICA DE PAREDE DIAFRAGMA ATIRANTADA EM ÁREA URBANA**

Isabela Grossi da Silva  
Renathielly Fernanda da Silva Brunetta  
Leandro Canezin Guideli  
Vitor Pereira Faro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261022>

**CAPÍTULO 23..... 266**

**NOVA TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE TORRES EÓLICAS**

Ilo Borba

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261023>

**CAPÍTULO 24..... 273**

**O CORREDOR BIOCEÂNICO: REESTRUTURAÇÃO TERRITORIAL DE NOVAS HINTERLÂNDIAS**


Carlos Andrés Hernández Arriagada  
Teo Felipe Bruder Gouveia




 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261024>

**CAPÍTULO 25..... 287**

**O MAPA DE DANOS COMO FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO E RESTAURO DE EDIFICAÇÕES: UMA REVISÃO LITERÁRIA**

Lucas Rodrigues Cavalcanti  
Eliana Cristina Barreto Monteiro  
Carlos Fernando Gomes do Nascimento  
Catharina Silveira Rodrigues  
Fabrício Fernando de Souza Lima  
Amanda de Moraes Alves Figueira  
José Maria de Moura Júnior  
Sabrina Santiago Oliveira  
Roberto Revoredo de Almeida Filho  
Flávio Matheus de Moraes Cavalcante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261025>

|   |            |
|---|------------|
| <b>CAPÍTULO 26.....</b>   | <b>302</b> |
| TREINAMENTO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA O DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO  |            |
| João Victor Fernandes Masalkas  |            |
| Emerson Felipe Felix  |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261026">https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261026</a> |            |
| <b>CAPÍTULO 27.....</b>   | <b>316</b> |
| UMA FORMULAÇÃO ANALÍTICA PARA DETECÇÃO DE PONTOS LIMITES E DE BIFURCAÇÃO  |            |
| William Taylor Matias Silva   |            |
| Sebastião Simão da Silva  |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261027">https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261027</a> |            |
| <b>CAPÍTULO 28.....</b>   | <b>333</b> |
| UTILIZAÇÃO DO CARVÃO OBTIDO A PARTIR DA PIRÓLISE DA CASCA DE ARROZ PARA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO  |            |
| Camila Ribeiro Rodrigues  |            |
| Marcelo Mendes Pedroza  |            |
| Mayara Shelly Miranda Bequimam  |            |
| David Barbosa Dourado   |            |
| Danielma Silva Maia   |            |
| Marcel Sousa Marques  |            |
| Hellen Dayany Barboza Barros  |            |
|  <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261028">https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261028</a> |            |
| <b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>   | <b>338</b> |
| <b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>  | <b>339</b> |

## ANÁLISE DE HASTES DELGADAS EM GRELHAS HIPERESTÁTICAS

Data de aceite: 01/10/2021

Data de submissão: 25/06/2021

### Antônio Luís Alves da Cunha

Universidade Federal Fluminense  
Niterói – Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/4310541566784772>

### Luiz Carlos Mendes

Universidade Federal Fluminense  
Niterói – Rio de Janeiro  
<http://lattes.cnpq.br/7291153917804236>

**RESUMO:** Este artigo tem por objetivo determinar as tensões devido ao momento de flexão e de bimomento em grelhas hiperestáticas utilizando hastes delgadas compostas por perfis abertos. A análise foi feita utilizando-se o Método da Flexibilidade e determinaram-se as tensões nos flanges dos perfis por meio de gráficos que foram obtidos variando-se as dimensões geométricas dos perfis soldados. Para a análise foram utilizados perfis VS 200x19, VS 300x38, VS 400x44, VS 500x97, VS 600x152, VS 700x 166, VS 800x160, VS 900x191 e VS 1000x217. A grelha possui um espaço entre vigas  $L = 3\text{ m}$  e um carregamento perpendicular atuante de  $p = 1\text{ kN/m}^2$ . Nove pontos foram analisados nas interseções entre as vigas longitudinais e transversais. Constatou-se que magnitude da tensão devida ao bimomento representa mais de 15,3% da magnitude da tensão devida ao momento de flexão quando considerada a mesma seção.

**PALAVRAS - CHAVE:** Hastes de paredes delgadas, grelhas hiperestáticas, tensão de flexão, tensão de bimomento.

### ANALYSIS OF THIN RODS IN HYPERSTATIC GRIDS

**ABSTRACT:** This article aims to determine tensions due to bimoment and flexural moments, using thin walled beams in open profiles. The analysis is made by using Flexibility Method and it was determined by means of graphs. Results are obtained in according to variations in geometric dimensions in the welded profiles. The results in profiles VS 200x19, VS 300x38, VS 400x44, VS 500x97, VS 600x152, VS 700x 166, VS 800x160, VS 900x191 and VS 1000x217 were shown. The grid has a space between beams  $L = 3\text{ m}$  and a perpendicular load of  $p = 1\text{ kN / m}^2$ . Nine points were analyzed in intersections between longitudinal and transverse beams. It was found that tension results due to the bimoment represent more than 15.3% of the magnitude of the tension due to flexural moments.

**KEYWORDS:** Thin walled beams, hyperstatic grids, bending tension, bimoment tension.

### INTRODUÇÃO

Estruturas de hastes delgadas caracterizam-se pelo fato da espessura do perfil apresentar uma dimensão bem pequena em relação às demais dimensões da seção transversal que, por sua vez, são pequenas em relação ao comprimento do perfil. Nessas estruturas ocorre um efeito que não pode ser

desconsiderado: o empenamento.

O empenamento ocorre ao longo dos flanges uma vez que o polo setorial é locado no centro de gravidade do perfil, e não pode mais ser tratado como um simples fenômeno localizado, possuindo a conotação de um deslocamento importante em que o flange dependendo do seu grau de esbelte e relações largura e espessura pode ser submetido.

O trabalho tem por objetivo determinar as tensões de flexão e bimomentos nas interseções entre as vigas da grelha. Assim, a metodologia se baseou em determinar as tensões nos flanges dos perfis que compõem a grelha, e observou-se o comportamento destas tensões por meio de gráficos que foram obtidos, variando-se as dimensões geométricas dos perfis.

Para análise dos gráficos foram utilizados os perfis VS 200x19, VS 300x38, VS 400x44, VS 500x97, VS 600x152, VS 700x 166, VS 800x160, VS 900x191 e VS 1000x217. Nove pontos foram analisados nas interseções entre as vigas que compõem a grelha e foi realizada uma comparação de resultados associados à relevância entre essas tensões.

Segundo Zbirohski-Koscia [6], as hastes são consideradas como delgadas ou espessas da seguinte forma:

Quando  $k > 2,54 \text{ cm}^{-1}$ , a haste pode ser considerada como parede espessa.

Quando  $k < 1,27 \text{ cm}^{-1}$ , a haste deve ser considerada como sendo constituída por hastes de paredes delgadas.

Quando  $1,27 \text{ cm}^{-1} < k < 2,54 \text{ cm}^{-1}$ , a haste é considerada como estando em um estado intermediário podendo ser considerada como sendo constituída por paredes espessas ou paredes delgadas.

O comprimento característico inverso  $k$  depende exclusivamente das características geométricas dos perfis e é definido por:

$$k = \sqrt{\frac{G \cdot J_t}{I_\omega \cdot E}} \quad (1)$$

onde:

$G$  = módulo de elasticidade transversal do material;

$J_t$  = momento de inércia a torção;

$E$  = módulo de elasticidade ou módulo de Young;

$I_\omega$  = momento setorial de inércia.

## MÉTODO DA FLEXIBILIDADE APLICADA A GRELHAS HIPERESTÁTICAS

O método da flexibilidade é utilizado para determinação das reações de apoio em estruturas hiperestáticas na qual é feita a superposição de soluções básicas isostáticas. Dessa forma, cria-se uma estrutura isostática auxiliar, chamada sistema principal (SP), que



é obtida da estrutura original hiperestática pela eliminação dos vínculos.

Utilizando-se o método das forças aplicado a grelha hiperestática, apresentada na Figura 1, e, admitindo-se simetria da estrutura, podem-se reduzir os cálculos necessários, determinando-se os hiperestáticos  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$  e  $X_5$  (Figuras 4,5,6,7 e 8).

A Figura 1 mostra o esquema de uma grelha composta de vigas ortogonais que se cruzam formando células quadradas. As vigas são simplesmente apoiadas nas extremidades, constituindo-se o que se chama de apoios em garfo, segundo Kollbrunner Hajdin (1972,p.171). Numa perspectiva geral, estes conjuntos de vigas acompanhados das linhas de bordo ficam inseridas em cinco alinhamentos. A grelha estudada é composta por 3 vigas dispostas na direção longitudinal (grupo I) e 3 vigas dispostas na direção transversal (grupo II).

Os deslocamentos da seção transversal no plano perpendicular ao eixo da haste podem ser representados como deslocamentos de um corpo rígido. Isto significa dizer que a forma da seção transversal permanece inalterada durante a deformação, enquanto estiver sob a ação de um carregamento externo qualquer.

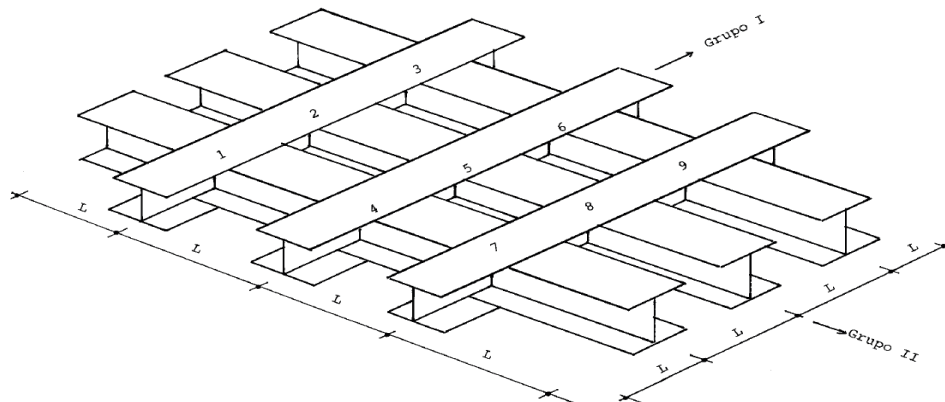


Figura 1 – Esquema estrutural grelha.

Foi admitido um carregamento perpendicular à placa da laje de  $p = 1 \text{ kN/m}^2$  envolvendo peso próprio e demais ações acidentais e um espaçamento entre vigas igual a  $L = 3\text{m}$ . O resultado dos momentos fletores despertados pelo carregamento externo aplicado sobre o sistema principal é apresentado nas Figura 2 e 3.

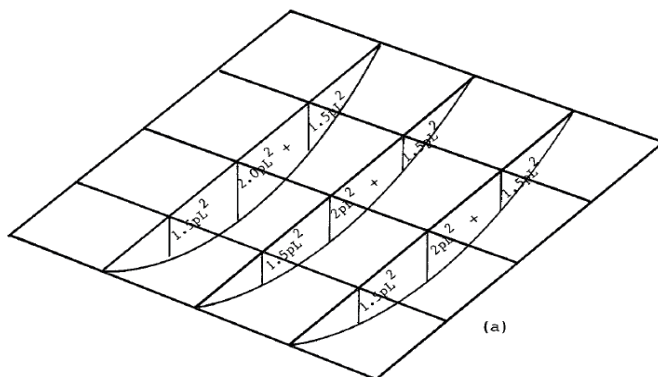


Figura 2 – Diagramas de momentos fletores devido à aplicação do carregamento externo na direção longitudinal.

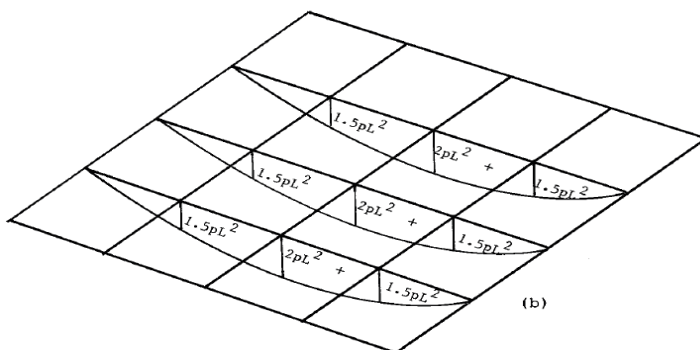


Figura 3 – Diagramas de momentos fletores devido à aplicação do carregamento externo na direção transversal.

Ao todo foram aplicados cinco carregamentos (hiperestáticos) unitários ao longo da grelha para que fosse possível determinar as tensões de flexão e bimomento atuantes nas interseções entre as vigas. Em cada ponto no qual se deseja calcular um valor de tensão foi aplicado um hiperestático unitário, possibilitando a determinação dos valores das incógnitas por meio da resolução da matriz de flexibilidade.

O bimomento é uma grandeza solicitante que representa o estado de tensões que se auto equilibram, não havendo deslocamentos no eixo centroidal da haste, nem na rotação da seção transversal, em virtude da aplicação de uma força excêntrica  $F$  na extremidade da haste. Esse estado resulta num equilíbrio estático e define um par de momentos fletores de igual intensidade, mas de sentidos contrários que agem em planos paralelos (MEGSON, 1974). O bimomento foi considerado como um novo esforço solicitante independente, que será tratado como grandeza incógnita no método da flexibilidade na aplicação na grelha adotada de elementos de paredes delgadas, uma vez que impõem nas peças tensões de

flexão e tensões devidas ao bimomento com ele interligadas, que dependem diretamente do coeficiente de empenamento da seção. A desigualdade de carregamento externo nas vigas que não são as centrais justificam o aparecimento de incógnitas de bimotoentos a serem locadas em tais pontos nodais que são as incógnitas  $X_4$  e  $X_5$ .

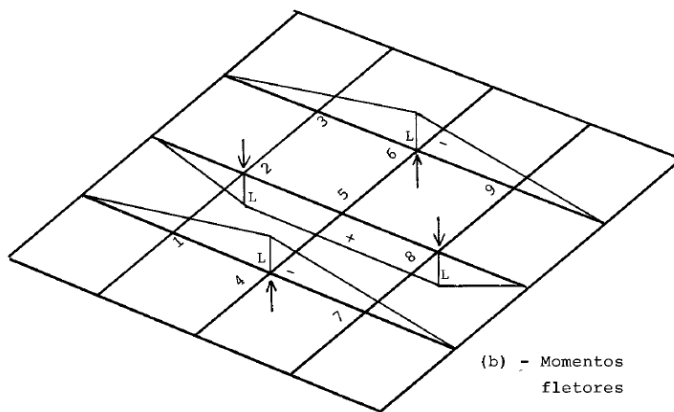
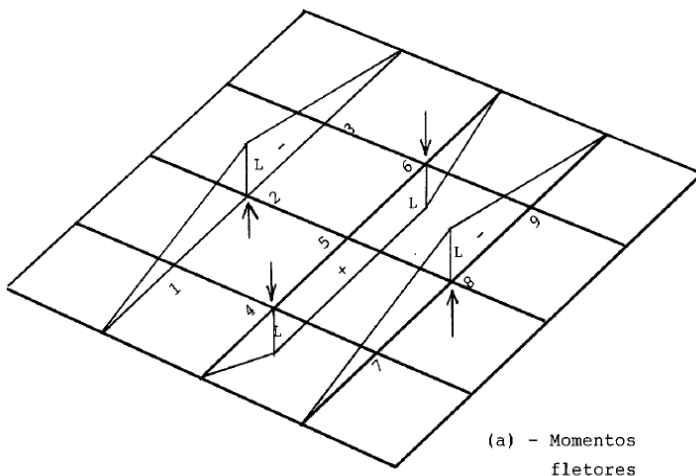


Figura 4 – Aplicação do hiperestático  $X_1$ .

Momentos torçores em cruz

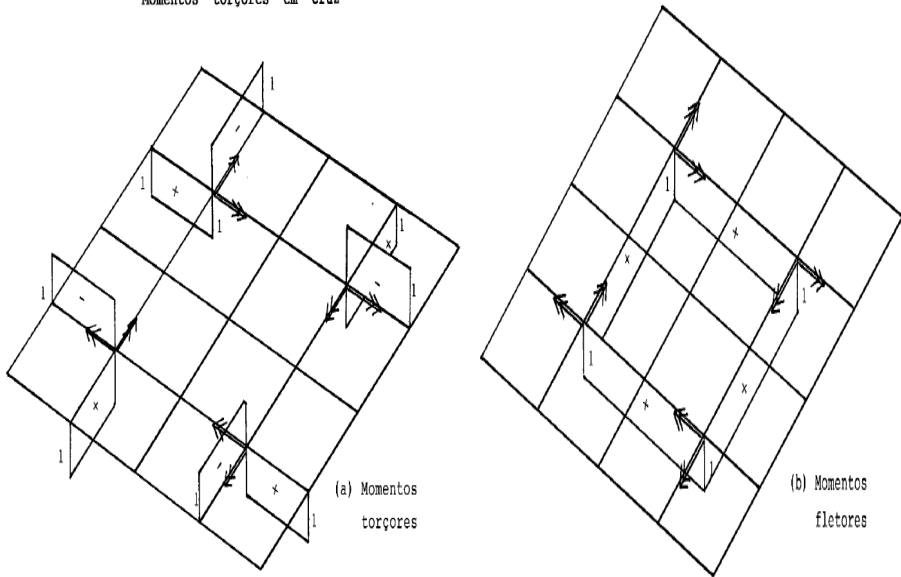
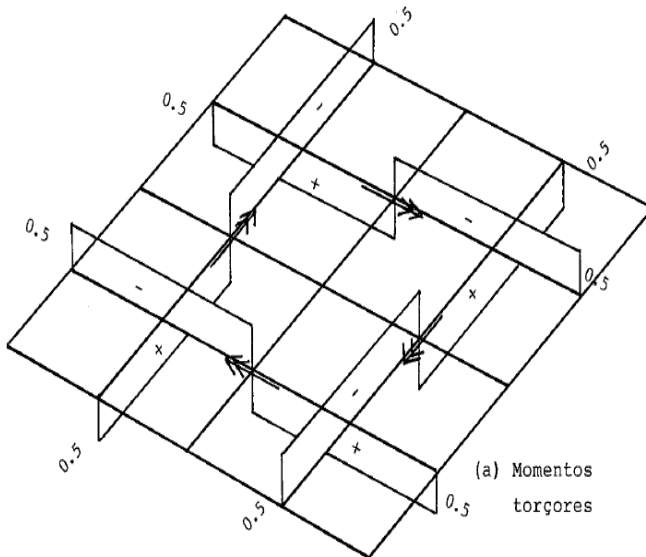


Figura 5 – Aplicação do hiperestático X2.

Momentos torçores cíclicos



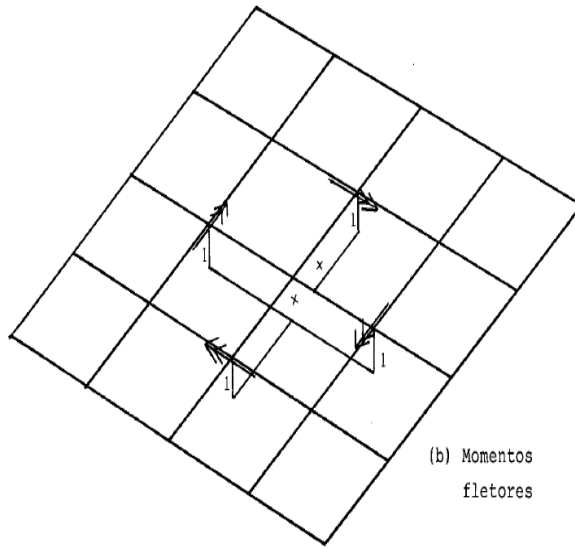


Figura 6 – Aplicação do hiperestático X3.

Bimomentos Cíclicos

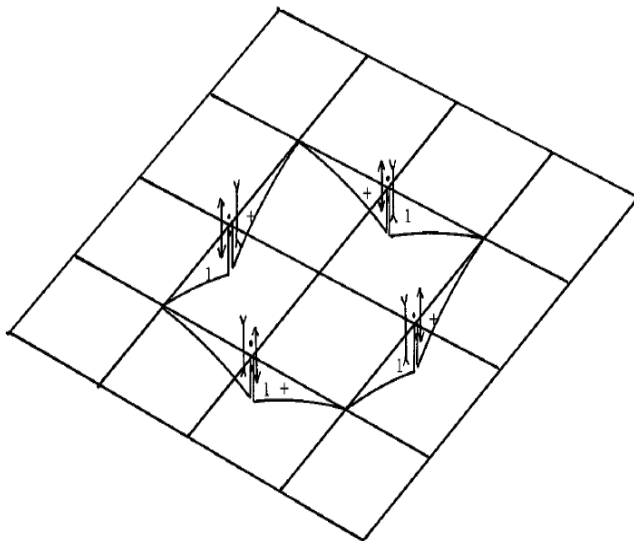


Figura 7 – Aplicação do hiperestático X4 de bimomentos aplicados nos pontos nodais em forma cíclica gerando-se as incógnitas nos pontos 2,4,6 e 8.

## Bimomentos em cruz

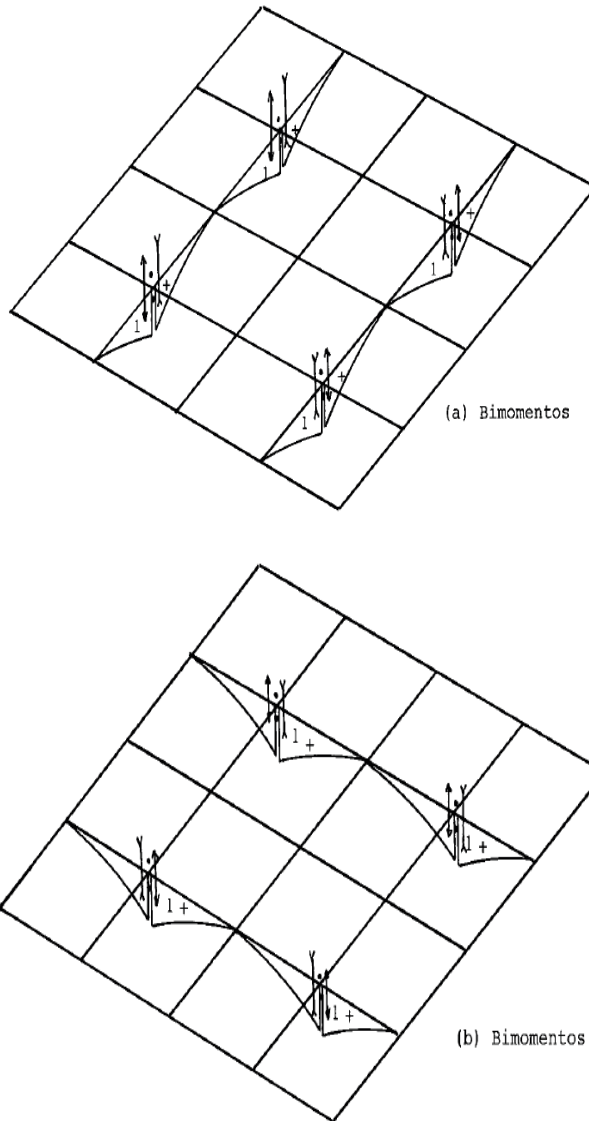


Figura 8 – Aplicação do hiperestático X5 de bimomentos aplicados nos pontos 1,3,7 e 9 em forma de cruz.

Após a obtenção dos gráficos de carregamento externo e dos hiperestáticos unitários obteve-se a matriz de flexibilidade para a determinação das incógnitas dos hiperestáticos. As determinações podem ser obtidas resolvendo-se o seguinte sistema de equações lineares.

$$\begin{aligned}
f_{10} + f_{11} \cdot X_1 + f_{12} \cdot X_2 + f_{13} \cdot X_3 + f_{14} \cdot X_4 + f_{15} \cdot X_5 &= 0 \\
f_{20} + f_{21} \cdot X_1 + f_{22} \cdot X_2 + f_{23} \cdot X_3 + f_{24} \cdot X_4 + f_{25} \cdot X_5 &= 0 \\
f_{30} + f_{31} \cdot X_1 + f_{32} \cdot X_2 + f_{33} \cdot X_3 + f_{34} \cdot X_4 + f_{35} \cdot X_5 &= 0 \\
f_{40} + f_{41} \cdot X_1 + f_{42} \cdot X_2 + f_{43} \cdot X_3 + f_{44} \cdot X_4 + f_{45} \cdot X_5 &= 0 \\
f_{50} + f_{51} \cdot X_1 + f_{52} \cdot X_2 + f_{53} \cdot X_3 + f_{54} \cdot X_4 + f_{55} \cdot X_5 &= 0
\end{aligned} \tag{2}$$

Os coeficientes da matriz de flexibilidade são obtidos utilizando as tabelas de Kollbrunner-Hajdin (1972), que determinam de forma precisa o cálculo desses coeficientes. Assim, obtiveram-se os seguintes valores:

$$f_{10} = -\frac{23}{6} \cdot \frac{I_\omega}{I_y} \cdot p \cdot L \tag{3}$$

$$f_{11} = \frac{32}{3} \cdot \frac{I_\omega}{I_y} \cdot L^3 \tag{4}$$

$$f_{12} = -6 \cdot \frac{I_\omega}{I_y} \cdot L^2 \tag{5}$$

$$f_{13} = 4 \cdot \frac{I_\omega}{I_y} \cdot L^2 \tag{6}$$

$$f_{14} = f_{15} = 0 \tag{7}$$

$$f_{20} = \frac{44}{3} \cdot \frac{I_\omega}{I_y} \cdot p \cdot L^3 \tag{8}$$

$$f_{21} = f_{12} = -6 \cdot \frac{I_\omega}{I_y} \cdot L^2 \tag{9}$$

$$f_{22} = \frac{8}{(kL^2)} \cdot T \cdot T \cdot L^3 + \frac{I_\omega}{I_y} \cdot 8 \cdot L \quad (10)$$

$$f_{23} = \frac{8}{(kL^2)} \cdot T \cdot T \cdot L^3 \quad (11)$$

$$f_{24} = f_{25} = 0 \quad (12)$$

$$f_{30} = \frac{22}{3} \cdot \frac{I_\omega}{I_y} \cdot p \cdot L^3 \quad (13)$$

$$f_{31} = f_{13} = 4 \cdot \frac{I_\omega}{I_y} \cdot L^2 \quad (14)$$

$$f_{32} = f_{23} = \frac{8}{(kL^2)} \cdot T \cdot T \cdot L^3 \quad (15)$$

$$f_{33} = \frac{16}{(kB^2)} \cdot L^3 + 4 \cdot \frac{I_\omega}{I_y} \cdot L, \text{ onde } B = 2L \quad (16)$$

$$f_{34} = f_{35} = 0 \quad (17)$$

$$f_{40} = \frac{8}{(kL)^2} \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{\cosh(kL) - 1}{kL \cdot \sinh(kL)} - 1 \right) \cdot m_D \cdot L^3 \cdot M\omega^2 \quad (18)$$

$$f_{41} = f_{42} = f_{43} = 0 \quad (19)$$

$$f_{44} = \frac{8}{kL} \cdot \left( \frac{1}{\tanh(kL)} - \frac{1}{kL} \right) \cdot L \cdot M\omega^2 \quad (20)$$

$$f_{45} = \frac{8}{kL} \cdot \left( \frac{1}{kL} - \frac{1}{\sinh(kL)} \right) \cdot L \cdot M\omega^2 \quad (21)$$

$$f_{50} = \frac{16}{(kL)^2} \cdot \left( \frac{1}{2} - \frac{\cosh(kL) - 1}{kL \cdot \sinh(kL)} - 1 \right) \cdot m_D \cdot L^3 \cdot M\omega^2 \quad (22)$$



$$f_{51} = f_{52} = f_{53} = 0 \quad (23)$$

$$f_{54} = f_{45} = \frac{8}{kL} \cdot \left( \frac{1}{kL} - \frac{1}{\sinh(kL)} \right) \cdot L \cdot M\omega^2 \quad (24)$$

$$f_{55} = \frac{16}{kL} \cdot \left( \frac{1}{\tanh(kL)} - \frac{1}{kL} \right) \cdot L \cdot M\omega^2 \quad (25)$$

O cálculo dos coeficientes da matriz de flexibilidade compreende grandezas como comprimento característico inverso ( $k$ ), comprimento entre vigas que compõem a grelha ( $L$ ), bimomento proveniente do momento torçor aplicado ( $mD$ ), momento torçor unitário aplicado ( $T$ ), carregamento bidimensional aplicado sobre a laje ( $p$ ), momento de inércia setorial ( $I_\omega$ ) e momento de inércia de flexão com relação ao eixo  $y$  ( $IY$ ).

Os bimotores despertados nos pontos nodais da grelha são provenientes da excentricidade do carregamento sobre a laje que faz com que a parte lateral direita da viga seja mais solicitada que a outra parte lateral esquerda, havendo uma desigualdade de carregamento. Isto gera momentos torçores aplicados solicitantes, que geram bimotores nos pontos nodais.

O momento fletor e bimomento atuante nas interseções entre as vigas foram obtidos somando-se as parcelas de carregamento externo e a parcela proveniente dos hiperestáticos unitários aplicados sobre a grelha. Para cada interseção entre as vigas existem quatro locais específicos para determinação das tensões de flexão e de bimomento, os quais foram calculadas na seção superior, seção imediatamente à esquerda, seção imediatamente à direita e seção abaixo das interseções em planta entre as vigas do esquema estrutural. Dessa forma o momento fletor foi obtido conforme equação (26).

$$M_f = M_0 + \overline{M}_1 \cdot X_1 + \overline{M}_2 \cdot X_2 + \overline{M}_3 \cdot X_3 + \overline{M}_4 \cdot X_4 + \overline{M}_5 \cdot X_5 \quad (26)$$

O coeficiente  $M_0$  é proveniente do carregamento externo atuante, os coeficientes  $\overline{M}_1$ ,  $\overline{M}_2$ ,  $\overline{M}_3$ ,  $\overline{M}_4$  e  $\overline{M}_5$ , são obtidos a partir dos gráficos dos hiperestáticos unitários, e a solução da matriz de flexibilidade utilizando as tabelas de Kollbrunner-Hajdin(1972) fornece o valor dos hiperestáticos  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$  e  $X_5$ .

As maiores tensões de flexão foram obtidas calculando-se os momentos fletores na base dos perfis. As tensões no topo e na base dos perfis foram calculadas onde ocorre interseção entre as vigas que compõem a grelha.

$$\sigma_f = \frac{M_f}{I_y} \cdot y \quad (27)$$

Obtém-se o bimomento somando-se a parcela de carregamento real com as parcelas de carregamento virtual oriundas dos hiperestáticos adotados.

$$M_\omega = M_{\omega_0} + \overline{M_{\omega_1}} \cdot X_1 + \overline{M_{\omega_2}} \cdot X_2 + \overline{M_{\omega_3}} \cdot X_3 + \overline{M_{\omega_4}} \cdot X_4 + \overline{M_{\omega_5}} \cdot X_5 \quad (28)$$

O carregamento real  $M_{\omega_0}$  foi obtido através das tabelas de solicitações em hastes delgadas biapoias de Kollbrunner-Hajdin (1972) sendo:

$$M_{\omega_0} = \frac{1}{k^2} \cdot \left( 1 - \frac{\sinh(kx) + \sinh(k(L-x))}{\sinh(kl)} \right) \quad (29)$$

onde:

l = distância entre os apoios localizados nas extremidades das vigas;

k = comprimento característico inverso;

L = distância entre vigas.

A tensão de bimomento é obtida com base nas características geométricas dos perfis adotados.

$$\sigma_\omega = \frac{M_\omega}{I_\omega} \cdot \omega \quad (30)$$

onde:

$M_\omega$  = Integral envolvendo tensões normais devidas ao bimomento;

$I_\omega$  = Momento setorial de inércia;

$\omega$  = Área setorial.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tomando como base os perfis VS 200 x 19 , VS 300 X 38, VS 400 X 44, VS 500 X 97, VS 600 X 152, VS 700 X 166, VS 800 X 160, VS 900 X 191, VS 1000 X 217 e, ressaltando que todos se enquadram na categoria de hastes delgadas, os seguintes resultados foram obtidos, utilizando-se um comprimento de célula de 3 metros e um carregamento externo bidimensional  $p = 1 \text{ kN/m}^2$ . Para cada ponto de interseção entre vigas foram calculadas as tensões nas seções à esquerda ( $\sigma_{r,e}$ ), à direita ( $\sigma_{r,d}$ ), superior ( $\sigma_{r,s}$ ) e inferior ( $\sigma_{r,i}$ ).

Ao todo foram analisados nove pontos. Determinaram-se as tensões de flexão em 36 seções diferentes. Os valores das tensões de flexão obtidos estão representados em  $\text{kN/m}^2 \times 10^3$  na Figura 9 e as tensões de bimomento são mostradas na Figura 10 em  $\text{kN/m}^2$ .

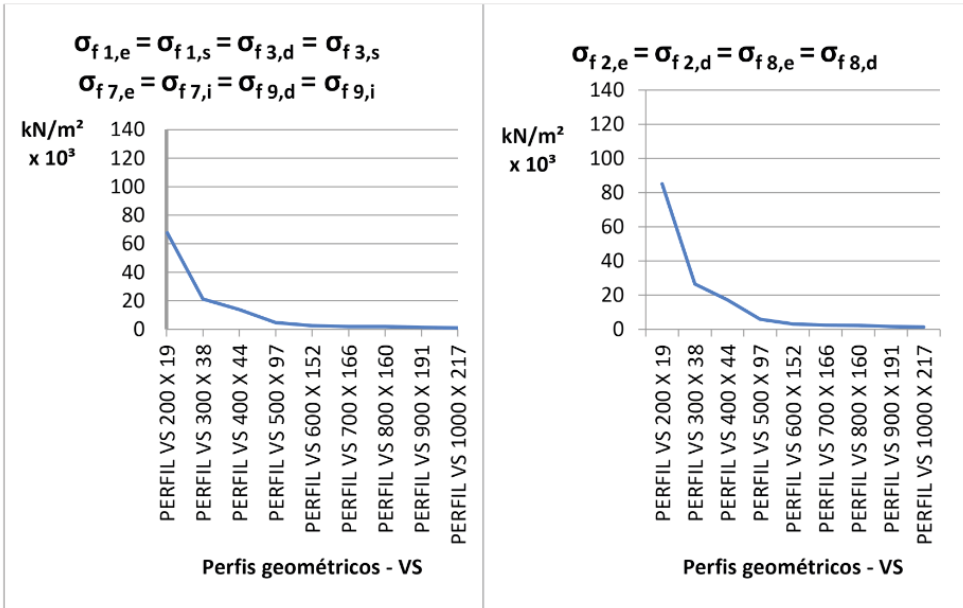


Figura 9 - Tensões devidas ao momento de flexão nos pontos 1, 2, 3, 7, 8 e 9.

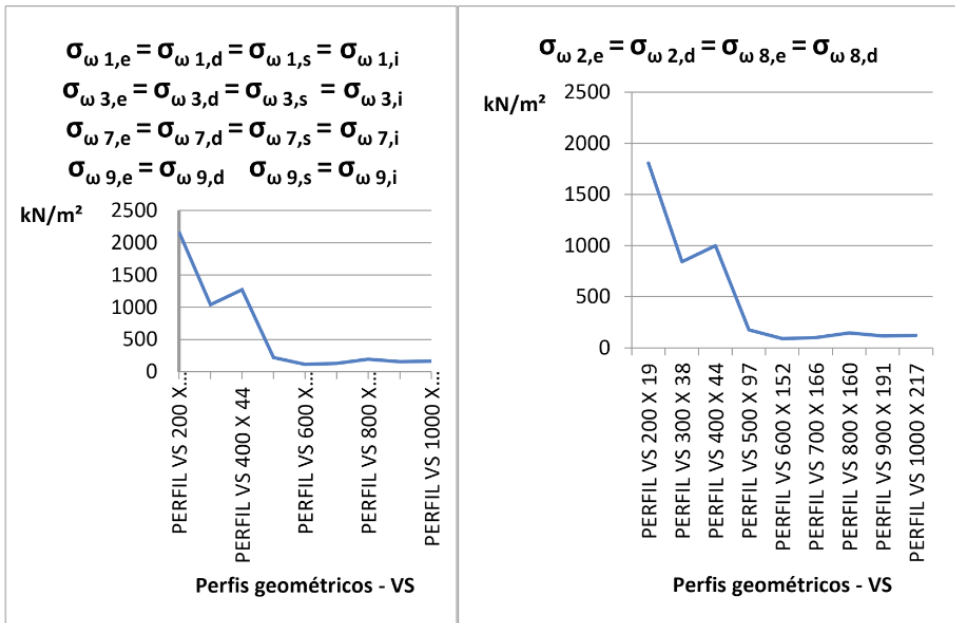


Figura 10 - Tensões de bimomentos nos pontos 1, 2, 3, 7, 8 e 9.

O gráfico do bimomento apresenta uma variação com relação ao gráfico das tensões de flexão, já que entre os perfis VS 300 X 38 e VS 400 X 44 ocorre uma linha ascendente devido ao aumento do comprimento característico inverso (k), que ocorre entre essas duas

seções. O comprimento característico inverso tem uma influência maior nos resultados gerados para bimomento do que para os valores obtidos com relação à tensão de flexão, pois causa uma variação maior no valor dos hiperestáticos  $X_4$  e  $X_5$  que influenciam de forma direta nos cálculos do bimomento.

Após a obtenção dos valores das tensões de flexão e bimomento foi analisado o percentual entre as tensões obtidas, para se observar qual a relação entre as tensões, variando-se os perfis e mantendo-se as características iniciais adotadas. Os gráficos obtidos nas relações de tensões apresentam formato semelhante ao gráfico do bimomento.

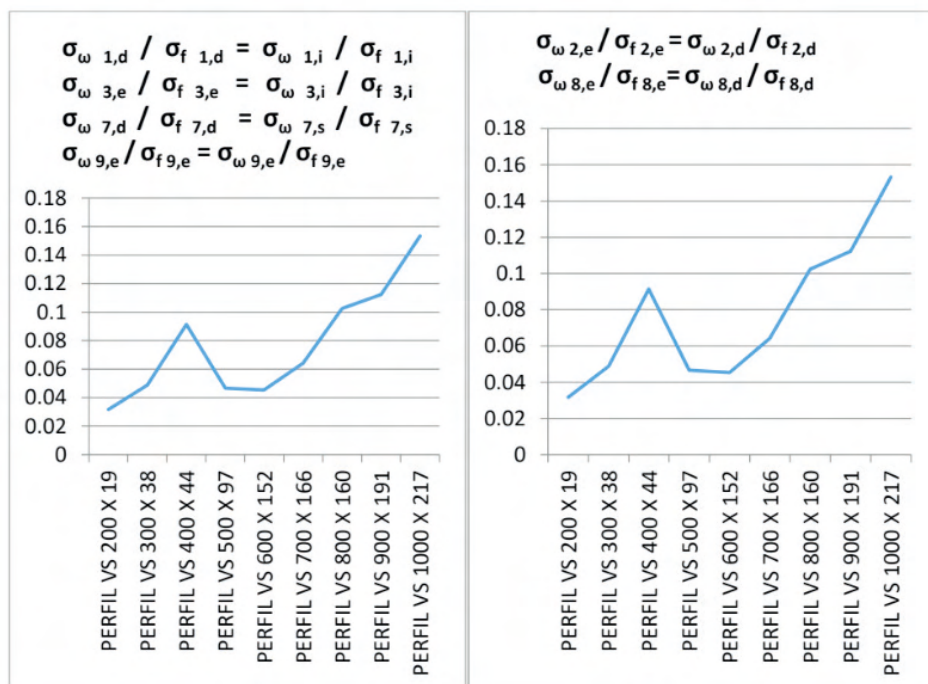


Figura 11 - Comparação entre tensões de flexão e tensões de bimotoes nos pontos 1,2,3,7,8 e 9.

Os gráficos mostram a comparação entre tensões de flexão e tensões devidas ao bimomento e apresentam configurações semelhantes aos gráficos das tensões de bimotoes. O aumento do comprimento característico inverso entre os perfis VS 300 X 38 e VS 400 X 44 causa um aumento significativo dos valores na comparação entre as tensões citadas. A maior influência da tensão de bimomento aparece para o perfil VS 1000 X 217, que representa 15,3% do valor da tensão de flexão. Esse resultado mostra que o bimomento considerado, exclusivamente para hastes delgadas, é representativo e exerce grande influência no sistema estrutural de grelhas hiperestáticas.

## CONCLUSÕES

O método da flexibilidade adotado permitiu calcular as tensões de flexão e devidas ao bimomento de forma coerente e precisa. Além disso, trata-se de um método clássico de resolução de estruturas hiperestáticas na qual são calculadas desde estruturas mais simples até as estruturas mais complexas. O trabalho empresta uma originalidade e aborda um tema inovador, pois contempla um assunto pouco estudado até o momento e com uma bibliografia muito restrita.

As propriedades geométricas e setoriais dos perfis são predominantes para a redução das tensões calculadas, pois à medida que o perfil aumenta sua altura e suas espessuras, o comprimento característico inverso diminui e, conseqüentemente, as tensões atuantes diminuem progressivamente.

Os gráficos obtidos permitiram a análise do comportamento das tensões de flexão e de bimomento nas interseções entre as vigas que compõem a grelha e, além disso, foi realizada uma comparação relacionando os valores entre essas tensões. A importância do bimomento no estudo das hastes de paredes delgadas é essencial, pois, em alguns pontos da grelha, representa mais de 15,3% da tensão de flexão atuante na seção. Os gráficos observados mostram que, após determinado emprego do perfil no conjunto escolhido, se diminui muito pouco a variação das tensões tanto para flexão quanto para bimotoes e, numa possível aplicabilidade desse perfil mais espesso, se poderia torná-lo inviável economicamente, pois seria gasto mais material na fabricação uma vez que a variação de tensões encontradas no gráfico foi irrisória. A parcela do bimomento se tornaria importante da mesma forma para outros sistemas estruturais como vigas balcão, estruturas de pontes rolantes ou vigas contínuas em hastes delgadas sujeitas a grandes momentos torçores.

## REFERÊNCIAS

- [1] ALVES, V. R. - **Análise de perfis enrijecidos em hastes de paredes delgadas de aços formados a frio**, Tese de Doutorado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2008.
- [2] ILG, I., **Vigas contínuas em Hastes de Paredes Delgadas**, Tese de Mestrado, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1983.
- [3] KOLLBRUNNER, C. F. e KRAJCINOVIC, D. - **Matrix Analysis of Thin-Walled Structures**, Institute for Engineering Research, Verlag/ Leemann/ Zurich, 1969.
- [4] KOLLBRUNNER, C. F. e HAJDIN, N. - **DÜNNWANDIGE STÄBEBAND 1**, Springer-Verlag, Berlin/ Heidelberg/New York, 1972.
- [5] MEGSON, T. H. G., **Linear Analysis of Thin Walled Elastic Structures**, Surrey University Press, U.S.A, 1974.
- [6] ZBIROHWSKI-KOSCIA, K., **Thin Walled Beams**, Crosby Lockwood & Son Ltd., London, 1967.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Altas Temperaturas 78, 79, 87, 88, 90, 91, 102, 173, 174, 175, 180

Análise Estrutural 115, 119, 122, 124, 255

Argamassa 83, 92, 150, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 244, 249, 295, 300

Arquitetura Hospitalar 103, 107, 112

Avaliação de Desempenho 103, 104, 106, 107, 112, 113

### B

Bim 3, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

BIM 5D 58, 59, 61, 65

### C

Cimento 67, 71, 73, 79, 80, 84, 90, 91, 92, 94, 95, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 150, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 162, 163, 164, 165, 207, 245, 254, 258, 304

Concreto 1, 2, 5, 12, 46, 57, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 101, 112, 114, 152, 153, 158, 159, 175, 192, 207, 220, 245, 246, 251, 254, 259, 266, 267, 271, 272, 299, 300, 302, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 312, 313, 314

Concreto Armado 1, 2, 5, 46, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 76, 78, 80, 82, 83, 88, 245, 246, 254, 266, 267, 271, 272, 302, 303, 304, 307, 308, 312, 313

Contenções 160, 172, 253, 255, 265

Corrosão das armaduras 67, 68, 69, 72, 75, 80, 82

### D

Decreto 58, 60, 61, 65, 66, 290, 299

Deep Beams 183, 193, 194

Degradação 48, 76, 80, 87, 90, 91, 92, 102, 105, 177, 289, 294, 295, 297, 300, 337

Disseminação 58, 60, 61, 66

Durabilidade 52, 56, 69, 75, 76, 78, 80, 88, 108, 113, 126, 173, 174, 175, 181, 207, 297, 298

### E

Elementos de barra biarticulados 29, 44, 317

Ementa 58, 60, 62

Empreendimentos Rurais 46, 47, 49, 55, 56

Engenharia Civil 3, 1, 12, 28, 48, 58, 60, 62, 63, 88, 90, 113, 115, 116, 117, 125, 134, 135, 150, 172, 195, 220, 265, 266, 291, 292, 303, 304, 316, 338

Engenharia Diagnóstica 78, 80

## **F**

Fundações Superficiais 1, 2, 3, 4, 12, 265

## **G**

Gnaisse 173, 174, 175, 176, 179, 180

Grelhas Hiperestáticas 13, 14, 26

## **H**

Hastes de Paredes Delgadas 14, 27

Hospital Architecture 103

## **I**

Incêndio 51, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 87, 90, 92, 97, 101, 108, 110, 111, 112, 175

Inspeção Predial 46, 47, 48, 49, 52, 55, 56, 57, 103, 109

Interação Solo-Estrutura 3, 1, 2, 3, 5, 11, 12, 254, 255, 265

Íons Sulfatos 67, 69, 72, 73, 75

## **L**

Látex da seringueira 150, 151, 157

## **M**

Máquinas de ar condicionado 195, 196, 198, 199, 201, 202, 203

Mecânica Vetorial 115, 116, 117, 118, 119

Metodologia Empírico-Mecanística 125, 134

Microzonificación, Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo 136

Modelagem 6D 195

Módulo de Resiliência 125, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135

## **P**

Patologias 47, 48, 56, 57, 76, 115, 291, 296, 298, 300

Pavimentação 125, 129, 134, 135, 239

Performance Evaluation 103

## **R**

Recalque 1, 3, 4, 263

## **S**

SAP2000 1, 2, 3, 5

SFRC 183, 193

Shear Strength 183, 193

Solo-Cimento 125, 126, 128, 131, 133, 134, 135

## **T**

Tensão de bimomento 13, 24, 26

Tensão de flexão 13, 26, 27

Tratamento Térmico 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181

Treliça 28, 29, 40, 116, 119, 120, 316, 317, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 330, 331



# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA CIVIL 3

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

COLEÇÃO

# DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA CIVIL 3

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