

Engenharia de Construção Civil e Urbana

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Engenharia de Construção Civil e Urbana

Franciele Braga Machado Tullio
(Organizadora)



Atena
Editora

Ano 2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Lorena Prestes
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

Profª Drª 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. 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. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobom – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª 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
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
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
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
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
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. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª 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 Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
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
Profª Drª 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
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
E57	<p>Engenharia de construção civil e urbana [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-852-6 DOI 10.22533/at.ed.526191912</p> <p>1. Construção civil – Brasil. 2. Engenharia civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado.</p> <p style="text-align: right;">CDD 624</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia de Construção Civil e Urbana” contempla dezoito capítulos com abordagens sobre as mais recentes pesquisas relacionadas a construção civil e modificação do ambiente urbano. A utilização de novas tecnologias, desenvolvimento de novos materiais promovem um avanço na construção civil, permitindo a execução de novas construções, promovendo a reutilização de diversos materiais que antes eram descartados. O uso de ferramentas computacionais permite um maior controle e gerenciamento de obras, proporcionando uma melhor compatibilização de projetos, e evitando diversos problemas na sua execução. Existem aplicativos que permitem realizar o dimensionamento de diversos elementos, contribuindo para a agilidade na execução de projetos. O estudo sobre o comportamento de materiais utilizados na construção civil permite o desenvolvimento de novas soluções, bem como o aprimoramento de sistemas construtivos existentes, proporcionando maior qualidade, eficiência e segurança às obras. A utilização de resíduos de construção e desenvolvimento de materiais, têm sido amplamente utilizados e além de gerar novas soluções, resulta em benefícios ao meio ambiente. Da mesma forma, o uso da eficiência energética também tem sido utilizado em busca de soluções sustentáveis. Ante ao exposto, esperamos que esta obra proporcione ao leitor uma leitura agradável e traga conhecimento técnico, contribuindo para uma reflexão sobre os impactos que as pesquisas geram na engenharia de construção civil e urbana, e que seu uso possa trazer benefícios a sociedade.

Franciele Braga Machado Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO EM LINGUAGEM PYTHON PARA ANÁLISE DE ESTRUTURAS UTILIZANDO O MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS	
Amanda Isabela de Campos	
DOI 10.22533/at.ed.5261919121	
CAPÍTULO 2	16
IMPLANTAÇÃO DO BIM EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE – ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA JÚNIOR	
Rafael Braida Ribeiro	
Maurício Leonardo Aguilar. Molina	
DOI 10.22533/at.ed.5261919122	
CAPÍTULO 3	28
VARIAÇÃO DE CALOR EM UMA PLACA: ANÁLISE EXPERIMENTAL E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS	
Fábio Gaspar Santos Júnior	
Ana Carolina Carius	
Mariana Anastácia de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.5261919123	
CAPÍTULO 4	40
UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO DE PROJETOS NA CIDADE DE ALFENAS-MG	
Leonardo Avelar Pereira	
Laísa Cristina Carvalho	
Iago Bernardes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5261919124	
CAPÍTULO 5	56
APLICATIVOS DE SMARTPHONE COMO FERRAMENTA PARA O GERENCIAMENTO DE OBRAS	
Francisco Diego Bezerra Soares	
Guilherme Álvaro Rodrigues Maia Esmeraldo	
DOI 10.22533/at.ed.5261919125	
CAPÍTULO 6	69
A ABORDAGEM <i>DESIGN THINKING</i> NO CURSO DE ENGENHARIA: UMA EXPERIÊNCIA NO DESAFIO DE CRIAR E INOVAR NA COMPLEXIDADE DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA DISCIPLINA DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL	
Gilselene Garcia Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.5261919126	
CAPÍTULO 7	86
INFLUÊNCIA DA COLAGEM DE LAMINADOS DE POLÍMERO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO (PRFV) NO REFORÇO DE LIGAÇÕES VIGA-PILAR DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO	
Juliana Penélope Caldeira Soares	
Nara Villanova Menon	
DOI 10.22533/at.ed.5261919127	

CAPÍTULO 8	101
MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO: UM ESTUDO SEMI PROBABILÍSTICO E SEUS DESDOBRAMENTOS	
Ana Carolina Carius	
Leonardo de Souza Corrêa	
Vinícius Costa Furtado da Rosa	
Alex Justen Teixeira	
DOI 10.22533/at.ed.5261919128	
CAPÍTULO 9	115
STUDY OF THE DURABILITY OF COMPOSITES OF EUCALYPTUS CELLULOSE FIBER STERIFIED FOR CEMENT MATRIX REINFORCEMENT	
Laís Fernanda dos Santos Marques	
Leila Aparecida de Castro Motta	
Rondinele Alberto dos Reis Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.5261919129	
CAPÍTULO 10	121
CONTROLE TECNOLÓGICO DA ARGAMASSA POR MEIO DE ENSAIOS DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
Amanda Regina de Souza Macedo	
David Edson Macedo Palhares	
Ariadne de Souza e Silva	
Rafael Alexandre Raimundo	
Cleber da Silva Lourenço	
Ruan da Silva Landolfo	
Uilame Umbelino Gomes	
DOI 10.22533/at.ed.52619191210	
CAPÍTULO 11	132
A IMPORTÂNCIA DO EMPREGO DE MATERIAIS RETARDANTES AO FOGO NAS GALERIAS COMERCIAIS DA CIDADE DE JUIZ DE FORA	
Jenifer Pungirum Quaglio	
Maria Teresa Barbosa	
Wendell Albuquerque	
DOI 10.22533/at.ed.52619191211	
CAPÍTULO 12	149
CONTRIBUIÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA NO BRASIL	
Adriana Coelho Vieira	
Brunno Daibert Andrès	
Luis M. Ferreira Gomes	
Peter Kallberg	
DOI 10.22533/at.ed.52619191212	
CAPÍTULO 13	166
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO SIMPLES COM ADIÇÃO DE CINZA DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Ítalo Diego e silva morais	
Ariele Rebeca Martins ribeiro	
Francisco Willian Policarpo de Albuquerque	
Walber Alves Freitas	
Francisca Lucivania policarpo de Albuquerque	
DOI 10.22533/at.ed.52619191213	

CAPÍTULO 14	177
ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE USINA RECICLADORA DE RESÍDUOS DE CONCRETO NA INDÚSTRIA DE PRÉ-MOLDADOS: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE MOSSORÓ/RN	
Adeirton Gois de Lima	
Francisco Herikleptom Mariano da Costa	
Lucas Allan Saldanha dos Santos	
Hannah Lerissa Hydaradaya Moura Santos de Farias	
DOI 10.22533/at.ed.52619191214	
CAPÍTULO 15	188
COMPORTAMENTO DE BLOCOS DE TRANSIÇÃO COM PERFIL METÁLICO <i>Behavior of steel pile cap</i>	
Rodrigo Gustavo Delalibera	
Marcell Godoi Sivelli	
José Samuel Giongo	
DOI 10.22533/at.ed.52619191215	
CAPÍTULO 16	206
ESTUDO COMPARATIVO DA ASSOCIAÇÃO DE MEMBROS DE TRELIÇAS ISOSTÁTICAS	
Francisca Ires Vieira de Melo	
Leonardo Henrique Borges de Oliveira	
Layane Silva de Amorim	
Lourena Barbosa Cavalcante Paiva	
Sara Fernandes Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.52619191216	
CAPÍTULO 17	225
FORÇAS DEVIDAS AO VENTO EM ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS ALTOS SEGUNDO DUAS VERSÕES: A SUGERIDA PELA NBR 6123/1988 E OUTRA SIMPLIFICADA	
Marcus Vinicius Paula de Lima	
Nara Villanova Menon	
Maicon de Freitas Arcine	
Juliana Penélope Caldeira Soares	
DOI 10.22533/at.ed.52619191217	
CAPÍTULO 18	240
COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PERFIS DE AÇO FORMADOS A FRIO SUBMETIDOS À COMPRESSÃO DE ACORDO COM A NBR 14762:2010	
Amanda Isabela de Campos	
DOI 10.22533/at.ed.52619191218	
SOBRE A ORGANIZADORA	260
ÍNDICE REMISSIVO	261

ESTUDO COMPARATIVO DA ASSOCIAÇÃO DE MEMBROS DE TRELIÇAS ISOSTÁTICAS

Francisca Ires Vieira de Melo

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Caraúbas – Rio Grande do Norte

Leonardo Henrique Borges de Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Pau dos Ferros – Rio Grande do Norte

Layane Silva de Amorim

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Pau dos Ferros – Rio Grande do Norte

Lourena Barbosa Cavalcante Paiva

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Caraúbas – Rio Grande do Norte

Sara Fernandes Rocha

Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Pau dos Ferros – Rio Grande do Norte

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo comparativo do comportamento estrutural de treliças planas, cujas associações escolhidas para análise foram a Howe, Pratt, Belga e Warren. Para a determinação dos esforços, utilizou-se a ferramenta computacional Ftool v3.01. O estudo foi dividido em três etapas: Na Primeira Etapa realizou-se uma comparação dos comportamentos dos 4 tipos de associação estudados para um vão livre fixo com variação da altura. Na Segunda Etapa, realizou-se a análise de parâmetros para que os deslocamentos

sofridos em uma viga fossem equivalentes aos de uma treliça tipo Warren. Na Etapa Final, estudou-se o esforço interno de momento fletor, comparando entre treliça e viga. Concluiu-se que o modelo de treliça que apresentou um melhor comportamento foi a treliça tipo Warren, cuja associação apresentou uma rigidez mais elevada em comparação as demais associações estudadas e uma faixa de variação de normais solicitantes inferior às demais. Ainda com a Segunda Etapa, percebeu-se que as treliças necessitam de seções transversais mais leves em comparação com as necessárias por uma viga para obter os mesmos resultados, tornando o uso das treliças mais viáveis por acarretarem economia de material.

PALAVRAS-CHAVE: Comportamento estrutural; Esforços internos; Treliças.

COMPARATIVE STUDY OF THE ASSOCIATION OF MEMBERS OF ISOSTATIC TRUSSES

ABSTRACT: This paper aims to carry out a comparative study of the structural behavior of flat trusses, whose associations chosen for analysis were Howe, Pratt, Belgian and Warren. In order to determinate the efforts, the software Ftool v3.01 was used. The study was divided into two analyzes: the first analysis, it was realized the comparison of the behaviors of 4 types of association for a free span of 10m

and heights of varying from 2 to 10m. And the second, it was realized the analysis of parameters necessary in order that displacements occurred in a beam were equal to a truss Warren. Finally, it was determined the maximum bending moment of the girder and Warren. It was concluded that the truss model which present better structural behavior showed better behavior was the truss type Warren, for possessing higher mechanical strength, presenting a rules variation range requesters lower than others. From the results of analysis II, the trusses required smaller section area required to get the same results required material saving, confirming the fundamental importance of the study of associations for a better and effective choice at the time of its implementation.

KEYWORDS: Structural behavior; Internal efforts; Trusses.

1 | INTRODUÇÃO

As treliças estão entre as estruturas que possuem um vasto campo de aplicação na engenharia, podendo as mesmas ser planas ou tridimensionais, onde uma de suas principais finalidades é vencer grandes vãos livres, como pontes e coberturas, entre diversos outros usos. São formadas por meio de barras conectadas em suas extremidades por rótulas ou articulações. A rótula é um apoio interno que permite a rotação entre as peças ligadas, caracterizada pelo esforço interno do tipo momento fletor ser nulo.

Nas diversas situações práticas de aplicação de treliças, o projetista vai se deparar com inúmeras possibilidades de modelos e diferentes tipos de associações. Na maioria dos casos, a escolha do modelo é aleatória, baseada em sua habilidade, experiência e intuição, esse processo de escolha nem sempre é o mais satisfatório com relação à economia.

É nessa busca por uma maior eficiência que surge a necessidade de um estudo prévio antes da implementação de um determinado modelo e sua associação, em virtude da busca pela melhor relação custo benefício, e por uma maior velocidade e praticidade na execução do processo. Mas, para entendermos outros pontos de interesse como o deslocamento (ou) da treliça, quando está submetida a um carregamento ou até mesmo como se comporta quando se aumentam as distâncias dos seus nós, é necessária uma análise mais aprofundada com a utilização de ferramentas computacionais podendo-se citar como exemplo Truss Analysis, Mathematic for Technology e Ftool.

Com a infinidade de tipos de treliças existentes no mercado, e as diversas formas de associação das peças que as compõem, surge a necessidade de conhecê-las, no sentido de entender o comportamento mecânico mais profundamente, e desenvolver novos métodos que se adequem a novas utilizações. Este trabalho busca, além de obter conhecimentos dos comportamentos de alguns tipos de associações, proporcionar a consciência da importância do estudo e análise do tipo de associação antes de sua implementação, para que as mesmas deixem de ser aplicadas sem estudo detalhado,

como acontece na prática, e passem a ser analisadas de acordo com a necessidade e função desejada.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é realizar estudos comparativos entre treliças planas do tipo Howe, Pratt, Warren e Belga, analisando os esforços normais com o auxílio do software Ftool. Verificando a influência no comportamento estrutural, da variação de parâmetros como a altura. De modo a apresentar a importância de um dimensionamento adequado, relacionando o desempenho estrutural com economia de material.

2 | METODOLOGIA

2.1 Parâmetros Utilizados Nas Análises

Na Figura 2, pode-se verificar as quatro associações selecionadas para o estudo e os parâmetros apresentados.

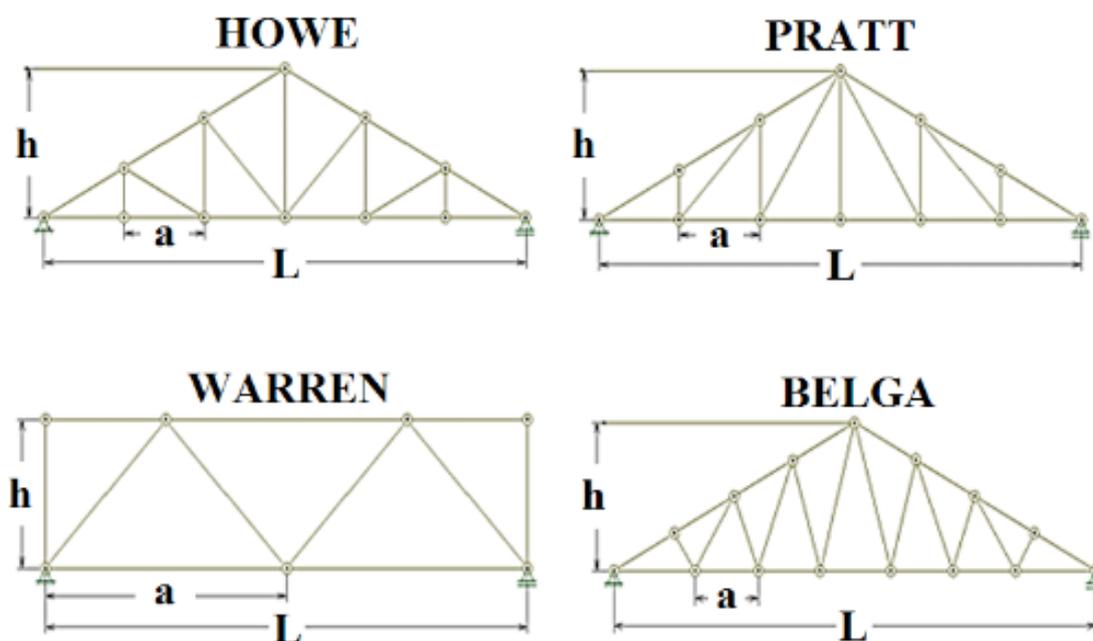


FIGURA 2: Associações de treliças estudadas (AUTOR (2015)).

Os dados constantes na Tabela 1 são referentes aos parâmetros gerais das estruturas analisadas, definidos da seguinte forma:

- Vão livres ou comprimento (L): Adotou-se o mesmo comprimento para todas as associações.
- Altura (h): Para as estruturas analisadas adotaram-se alturas de (2;4;6;8;10) m.
- Distância entre os montantes e diagonais da estrutura (a): A distância utiliza-

da nas treliças variou-se de acordo com as imposições geométricas de cada tipo de associação analisado.

	L (m)	a(m)	h(m)	a/L	L/h
Howe	10	1,67	2	0,17	5
	10	1,67	4	0,17	2,5
	10	1,67	6	0,17	1,67
	10	1,67	8	0,17	1,25
	10	1,67	10	0,17	1
Pratt	10	1,67	2	0,17	5
	10	1,67	4	0,17	2,5
	10	1,67	6	0,17	1,67
	10	1,67	8	0,17	1,25
	10	1,67	10	0,17	1
Warren	10	2,50	2	0,25	5
	10	2,50	4	0,25	2,5
	10	2,50	6	0,25	1,67
	10	2,50	8	0,25	1,25
	10	2,50	10	0,25	1
Belga	10	1,43	2	0,14	5
	10	1,43	4	0,14	2,5
	10	1,43	6	0,14	1,67
	10	1,43	8	0,14	1,25
	10	1,43	10	0,14	1

Tabela 1 - Parâmetros das treliças estudadas (AUTOR (2015)).

2.2 Descrição Das Análises

Nesta seção as análises serão divididas em duas etapas. A análise I tem o objetivo de comparar o comportamento dos tipos de treliças estudados sob diferentes relações L/h . Nesta análise, os critérios de comparações entre as associações de peças serão os deslocamentos máximos e os esforços normais máximos e mínimos. A análise II tem o objetivo de estabelecer uma comparação do comportamento de uma treliça do tipo Warren com uma viga bi-apoiada e o deslocamento máximo na viga e na treliça.

2.2.1 Análise I

Por meio da utilização do software computacional Ftool - Versão 3.01, desenvolvido por Luiz Fernando Martha, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC-Rio (Departamento de engenharia civil e Tecgraf/PUC-Rio/Instituto de desenvolvimento de software Técnico-Científico), realizaram-se análises estruturais, de modo a conhecer as forças as quais os elementos da estrutura estavam submetidos (tração ou compressão).

Inicialmente, atribuiu-se a todos os elementos que pertenciam ao modelo da treliça propriedades geométricas e mecânicas semelhantes, isto é, o mesmo módulo de elasticidade (E) e mesma seção transversal. Com relação aos carregamentos

solicitantes, considerou-se a equivalência estática de um carregamento distribuído em todo o comprimento para uma treliça ideal. Tal carregamento foi obtido pela multiplicação do módulo do carregamento distribuído por uma faixa de influência de cada nó. Assim, foi possível aplicar cargas concentradas nos nós da treliça de modo equivalente a todos os tipos analisados. A seguir será descrito o procedimento de estimativa da carga aplicada no nó. A Figura 3 ilustra uma treliça com a aplicação de um carregamento distribuído equivalente ao analisado.

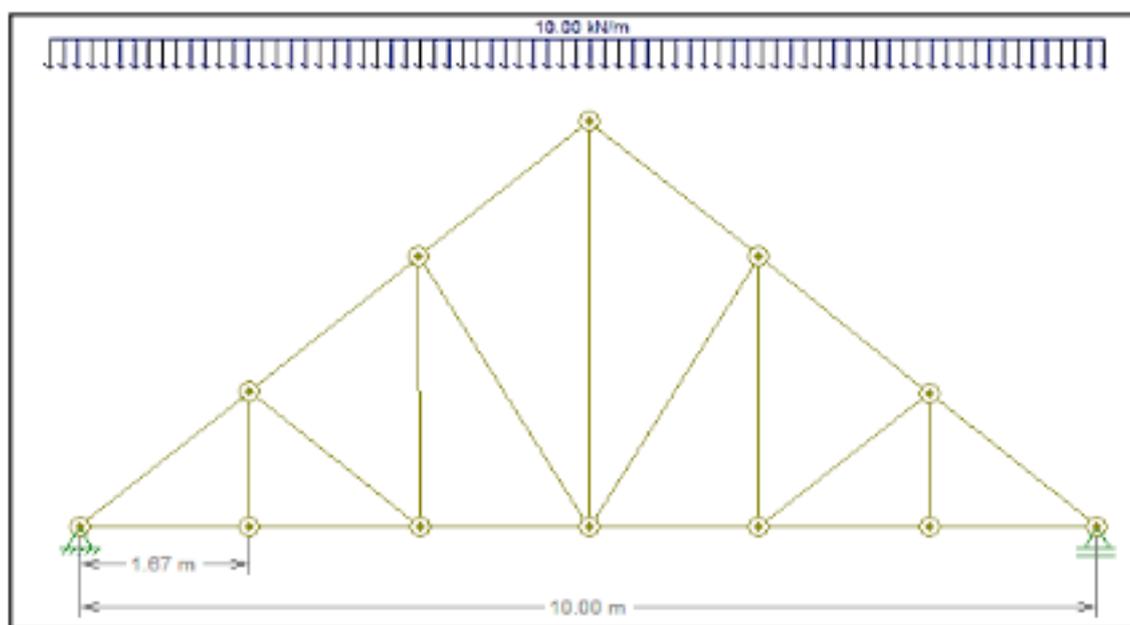


FIGURA 3: Treliça com carregamento distribuído (AUTOR (2015)).

Na Figura 4 é apresentada a distância do nó 1 ao nó mais próximo (nó 2) que é de 1,67m, a faixa de influência do carregamento distribuído no nó 1, é no caso, metade dessa distância 0,835m, como ilustra a Figura 4. Para o cálculo da força distribuída equivalente F_1 , multiplicou-se esta faixa de influência pelo carregamento distribuído, resultando numa força de 8,35 kN, que é à força equivalente no nó 1.

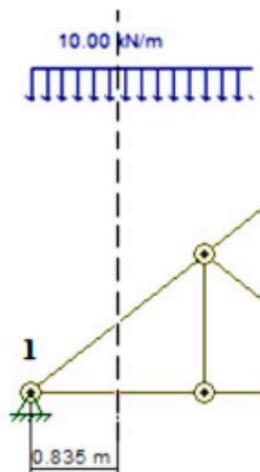


Figura 4: Cálculo da força equivalente no nó 1 (AUTOR (2015)).

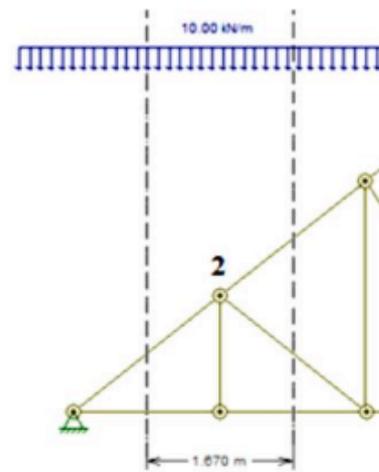


FIGURA 5: Cálculo da força no nó 2 (AUTOR (2015)).

No cálculo da força distribuída equivalente no nó 2, usou-se o mesmo procedimento, neste caso por ser um nó intermediário, utiliza-se a metade da distância entre os nós mais próximos ao nó 2, como mostrado na Figura 5. Após isso, multiplica-se a mesma pela força distribuída, assim $F_2=16,70 \text{ kN}$.

Este mesmo procedimento foi realizado para cada nó da treliça, cujos mesmos estão submetidos ao carregamento distribuído. A Figura 6 ilustra as forças equivalentes em cada nó da treliça.

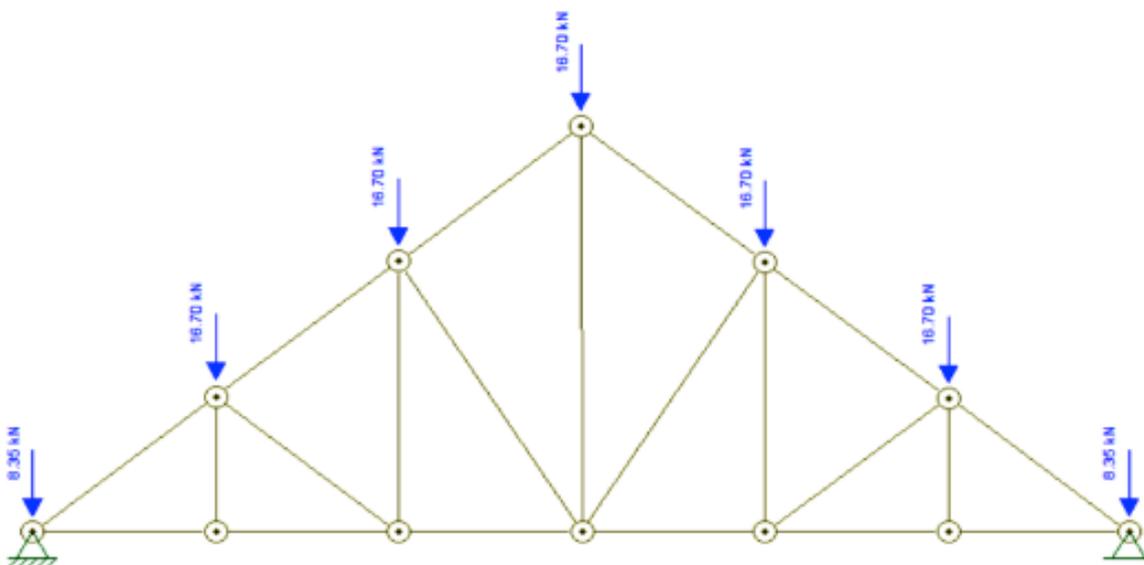


FIGURA 6: Forças em cada nó (AUTOR (2015)).

Após esse procedimento, calcularam-se as normais de cada barra da treliça, de modo a observar os seus limites máximos e mínimos, para todas as associações de treliças estudadas.

2.2.2 Análise li

Ao diferenciar algumas especificações da treliça, como inércia e seção transversal de suas barras, é possível realizar uma análise de comparação entre os resultados obtidos e os resultados de uma viga sob as mesmas condições (Figura 7), com o intuito de analisar as influências no comportamento estrutural do sistema, causado por esses fatores. Os resultados de deslocamentos e esforços internos foram comparados entre si.

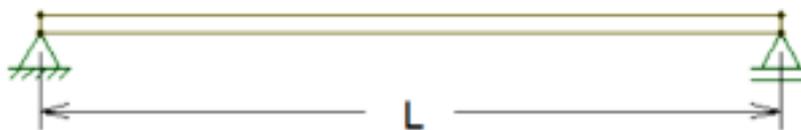


FIGURA 7: Viga (AUTOR (2015)).

Em função dos cálculos estruturais realizados no software FTOOL, e da análise gráfica dos resultados obtidos, foi possível verificar os deslocamentos sofridos por cada associação para cada um dos vãos estudados, de forma a apresentar qual é a mais adequada ao uso em cada situação de vão a ser vencido.

Assim, foi possível fazer uma análise geral entre a eficiência da utilização de treliças em substituição às vigas de alma cheia. De modo que o dimensionamento possui um papel fundamental no desempenho final, onde é necessário ser atribuídos perfis que atendam aos esforços atuantes nas barras, garantindo a viabilidade econômica, a eficiência e acima de tudo a segurança.

3 | RESULTADOS

3.1 Análise I

3.1.1 Análise dos Esforços Internos

Essa análise buscou comparar os esforços de tração e compressão, obtidos em cada elemento dos quatro tipos de treliça, estudando a faixa compreendida entre os esforços máximos e mínimos para cada associação estudada. Na Figura 8, encontram-se os valores dos esforços obtidos nas barras das treliças Warren, com 10m de vão entre os apoios e uma altura de 2m.

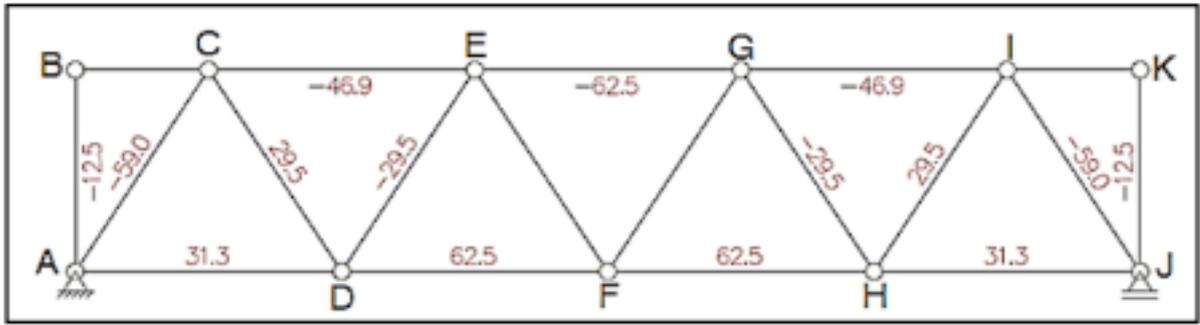


FIGURA 8: Esforços atuantes nas barras da treliça Warren (AUTOR (2015)).

Pode-se observar que os maiores esforços normais solicitantes ocorreram nas barras do banzo superior EG e nas barras do banzo inferior DF e FH, equivalente a 62,5 kN em módulo. Enquanto para as barras EF e FG os esforços teóricos registrados foram nulos. As normais mínimas foram encontradas nas barras AB e JK, correspondentes aos montantes da associação. Realizou-se esta mesma análise para as alturas de 4, 6, 8, e 10 m.

É importante observar que na associação do tipo Warren, algumas das barras estão submetidas a esforços normais nulos. Essa consideração induz à conclusão que essas barras não seriam necessárias na associação. Porém, a ausência dessas barras provocaria uma instabilidade global no sistema, o que indica que elas são necessárias para obedecer à lei de formação das treliças.

Neste trabalho, nas análises de faixas de esforços internos, os esforços normais nulos não foram considerados. Os valores obtidos nas análises são apresentados na Tabela 2.

	L	H	L/h	$N_{m\acute{a}x}$	$N_{m\acute{i}n}$
WARREN	10	2	5	62,5*	12,5(-)
	10	4	2,5	52,4(-)	12,5(-)
	10	6	1,67	51,1(-)	10,4(-)
	10	8	1,25	50,6(-)	7,8(+)
	10	10	1	50,4(-)	6,2(+)

Tabela 2 - Dados obtidos na treliça Warren (AUTOR (2015)).

(+) Tração; (-) Compressão.*O valor máximo foi encontrado em barras diferentes para tração e compressão.

Com os resultados da Tabela 2, obteve-se as normais máximas e mínimas em função de L/h , apresentadas na Figura 9, onde os pontos representados pelo triângulo equivale a esforços do tipo tração e o quadrado representa esforços do tipo compressão. A partir da análise do mesmo, notou-se que o vão com $L/h=2,5$ obteve uma menor variação entre a máxima e a mínima.

PRATT	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>L/h</i>	<i>N_{máx}</i>	<i>N_{mín}</i>
	10	2	5	112,7(-)	16,7(-)
	10	4	2,5	66,9(-)	16,7(-)
	10	6	1,67	54,5(-)	16,8(-)
	10	8	1,25	49,4(-)	15,7(+)
	10	10	1	46,8(-)	12,5(+)

Tabela 3 - Dados obtidos na treliça Pratt.

(+) Tração; (-) Compressão. (AUTOR (2015)).

Com os resultados da Tabela 3, as normais máximas e mínimas em função de L/h são apresentadas na Figura 11. A partir da análise, notou-se que o vão com $L/h=1,25$ obteve uma menor variação entre a máxima e a mínima, apresentando a máxima no banzo superior e a mínima no banzo inferior, chegando a valores de 49,4 kN e 15,7 kN.

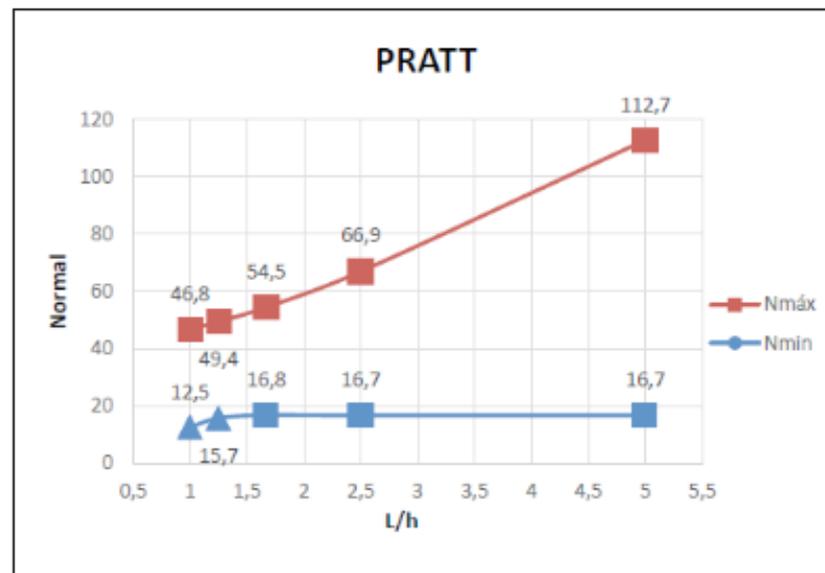


Figura 11: Esforços sofridos nas barras da treliça Pratt

Na Figura 12, observa-se que os maiores esforços normais sofridos pela treliça Howe, foram nas barras do banzo superior JL de 112,6 kN. Enquanto que para as barras BC e JK os esforços teóricos registrados foram nulos significando, a princípio, a não necessidade de sua existência. As normais mínimas foram encontradas nas barras DE e HI, correspondentes os montantes da associação.

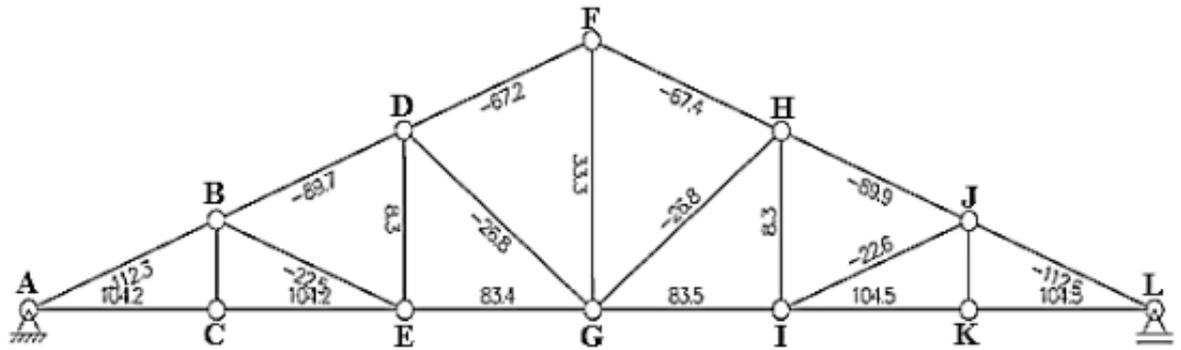


Figura 12: Esforços atuantes nas barras da treliça Howe (AUTOR (2015)).

Realizou-se esta mesma análise para as alturas de 4, 6, 8, e 10m, seguem os dados na Tabela 4.

HOWE	L	H	L/h	$N_{m\acute{a}x}$	$N_{m\acute{i}n}$
	10	2	5	112,6(-)	8,3(+)
10	4	2,5	66,9 (-)	8,3(+)	
10	6	1,67	54,4(-)	8,3(+)	
10	8	1,25	49,3(-)	8,3(+)	
10	10	1	46,7(-)	8,3(+)	

Tabela 4: Dados obtidos na treliça Howe. (AUTOR (2015)).

(+) Tração; (-) Compressão

A Figura 13 apresenta as normais máximas e mínimas em função de L/h . A partir da análise, notou-se que o vão com $L/h=1$ obteve-se uma menor variação entre a máxima e a mínima.

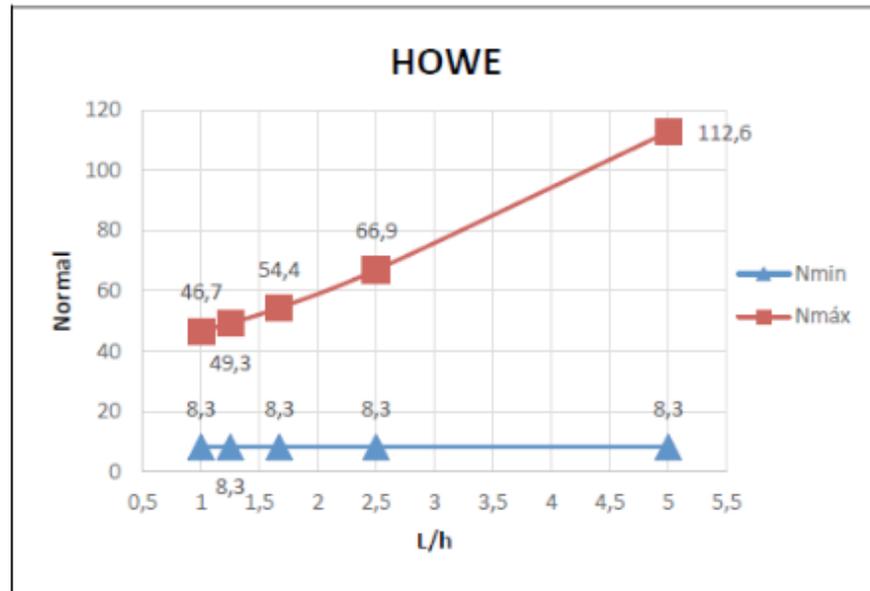


Figura 13: Esforços atuantes nas barras da treliça Howe

Na Figura 14, observa-se que os esforços normais máximos solicitantes na treliça Belga, ocorreram nas barras do banzo superior AB, com módulo 134,8 kN. Enquanto as normais mínimas foram encontradas na barra CD. Realizou-se esta mesma análise para as alturas de 4, 6, 8, e 10 m, seguem os dados das análises na tabela 5.

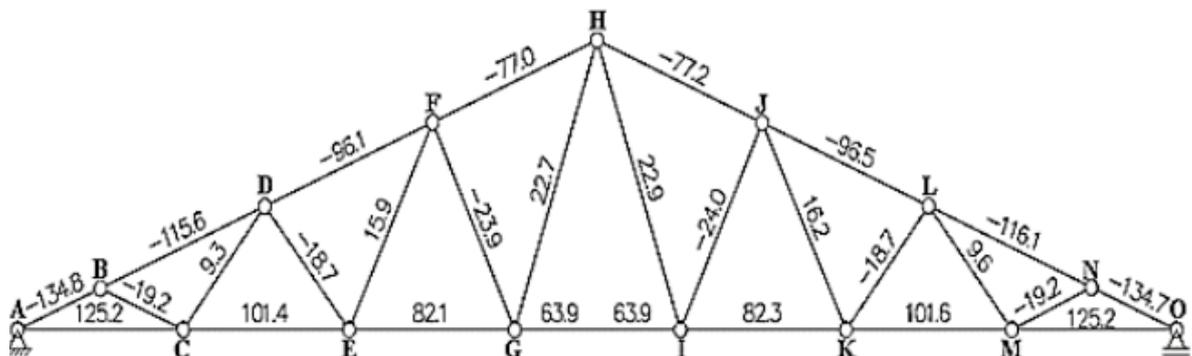


Figura 14: Esforços atuantes nas barras da treliça Belga (AUTOR (2015)).

	<i>L</i>	<i>H</i>	<i>L/h</i>	<i>N_{máx}</i>	<i>N_{mín}</i>
BELGA	10	2	5	134,89(-)	9,3(+)
	10	4	2,5	80,2(-)	7,6(+)
	10	6	1,67	65,2(-)	7,3(+)
	10	8	1,25	59,2(-)	7,1(+)
	10	10	1	56,1(-)	6,9(+)

Tabela 5: Dados obtidos na treliça Belga. (AUTOR (2015)).

(+) Tração; (-) Compressão.

Depois de obtidos os dados, as normais máximas e mínimas em função de L/h , são apresentadas na Figura 15. A partir da análise, notou-se que o vão com $L/h=1$, obteve uma menor variação entre a máxima e a mínima.

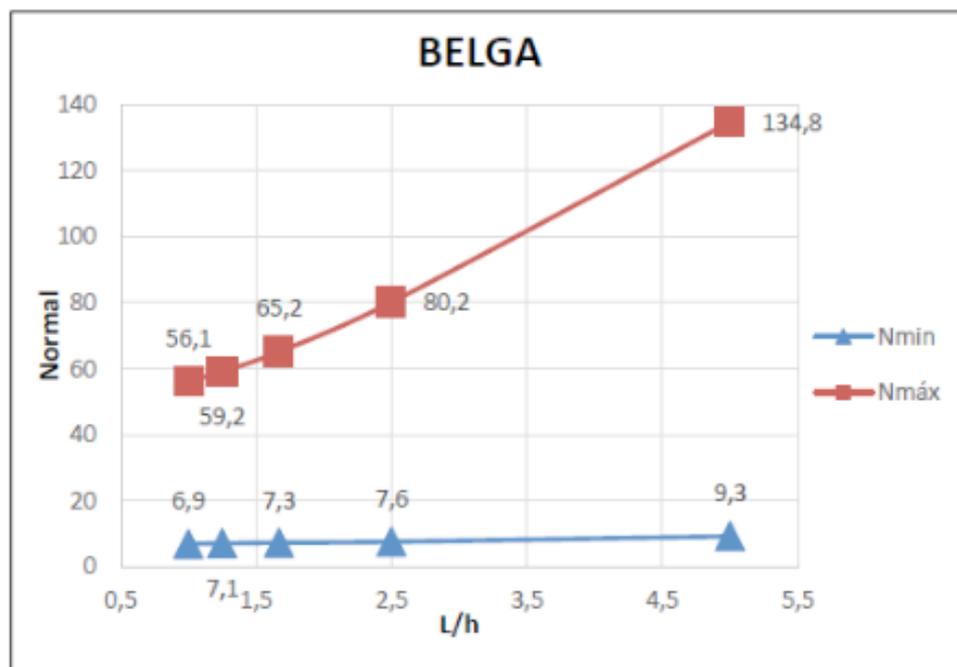


Figura 15: $N_{máx}$ e $N_{mín}$ na treliça Belga (AUTOR (2015)).

Após a análise de cada tipo separadamente, fez-se a comparação das faixas máximas e mínimas dos 4 tipos de associações. A Figura 16 apresenta as faixas das normais máximas onde os maiores valores foram obtidos em $L/h = 5$, onde mostra que quanto menor a altura maior os esforços sofridos nas barras. A Belga, Pratt e a Howe apresentaram comportamento semelhante, pois as três associações são do tipo tesoura. Entre as três, a Belga apresentou os maiores valores, a Pratt e Howe obtiveram, praticamente, os mesmos valores. Já a Warren apresentou um comportamento diferente, tendo uma variação bem pequena em seu comportamento.

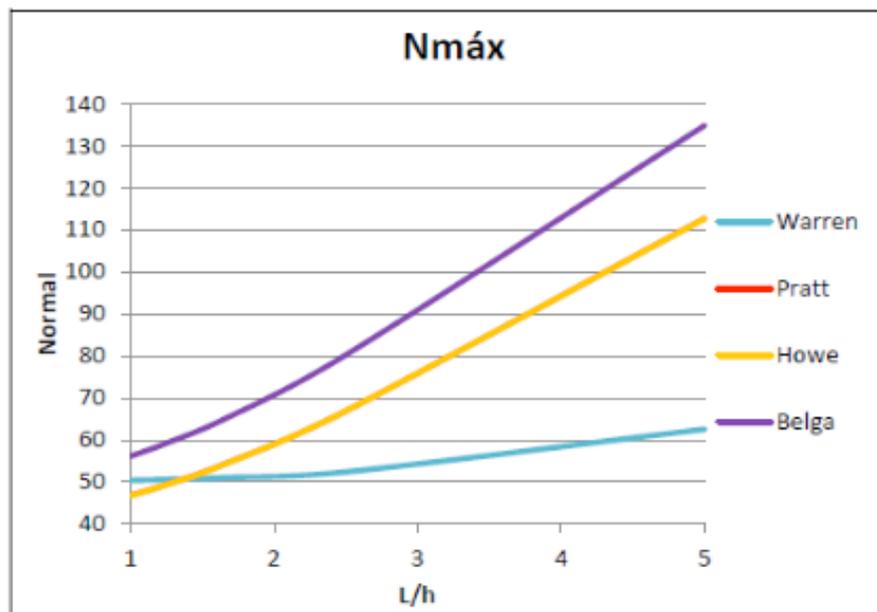


Figura 16: Normal máxima (Warren, Pratt, Howe e Belga)

A Figura 17 apresenta as faixas das normais mínimas, na qual se observa que dos comportamentos apresentados, os valores foram semelhantes para os tipos Warren e a Pratt. Nessas associações, é possível observar que, inicialmente há uma maior variação da normal mínima e com o aumento de L/h essa variação foi ficando constante. A Pratt apresentou maiores valores. A Howe se manteve constante, e a Belga apresentou um comportamento mais ascendente, e não se demonstrou constante com o aumento de L/h .

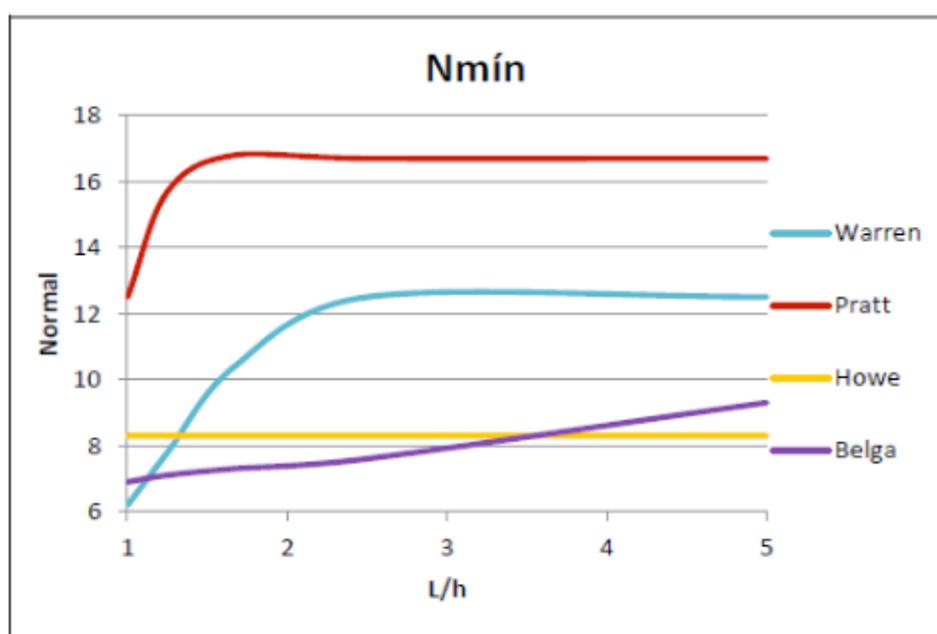


Figura 17: Normal mínima (Warren, Pratt, Howe e Belga)

Com os valores das normais máximas e mínimas, foi possível analisar as faixas

totais de cada tipo, como mostra a Figura 18.

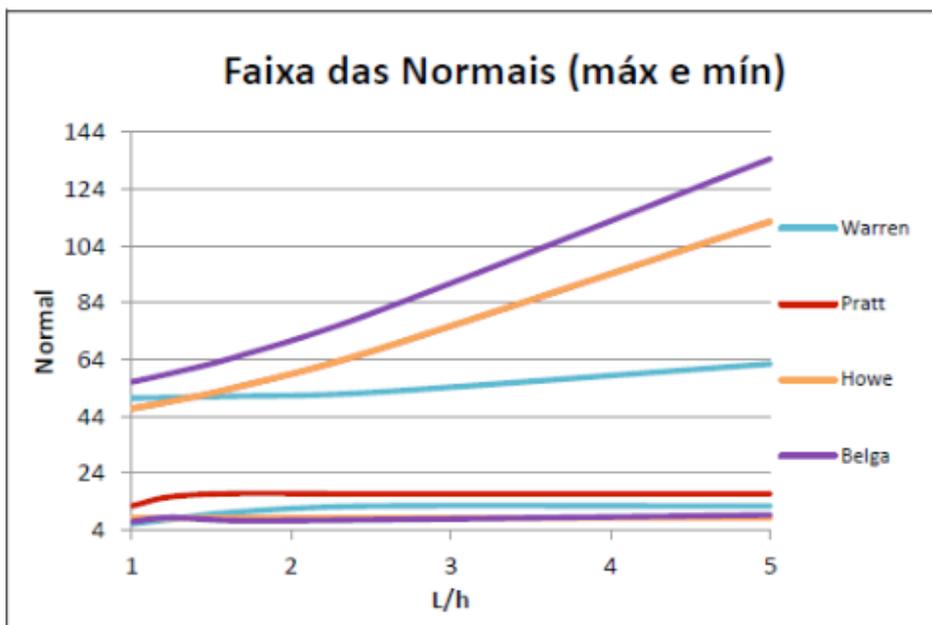


Figura 18: Faixa das normais

Observou-se que a treliça Belga apresentou a maior faixa de variações e a Warren, a menor, entre todas analisadas. Já a Pratt e a Howe, apresentaram uma faixa semelhante.

4.1.2 Análise dos Deslocamentos

Nessa análise buscou-se estudar a influência da variação da altura das treliças nos seus deslocamentos, para variações de altura (2;4;6;8;10)m, mantendo-se o mesmo vão ($L=10$ m). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 6. É possível observar que os maiores deslocamentos foram obtidos nas menores alturas, ou seja, quanto maior a altura h , menor os deslocamentos sofridos nas treliças.

	WARREN	PRATT	HOWE	BELGA	L/h
Deslocamento (mm)	0,006282	0,015924	0,016053	0,016951	5
	0,003918	0,005605	0,006116	0,00628	2,5
	0,004444	0,003925	0,004831	0,004752	1,67
	0,005417	0,003602	0,004854	0,004631	1,25
	0,006527	0,003648	0,005279	0,004921	1

Tabela 6: Deslocamentos sofridos (mm). (AUTOR (2015)).

Na Figura 19, é possível observar o comportamento das associações em termos de deslocamentos com a variação da relação L/h das análises, apresentadas na Tabela 6. As associações do tipo tesoura, isto é, com altura variável ao longo do eixo (Howe, Pratt e Belga) assim como na análise anterior, também apresentaram comportamentos semelhantes, apresentando maiores deslocamentos quando a relação L/h aumenta. Já a Warren apresentou um menor deslocamento em $L/h=2,5$ e deslocamentos muito próximos no menor e maior valor de L/h, o que demonstra que nesse tipo de associação a altura não influenciou muito no seu comportamento quanto ao deslocamento.

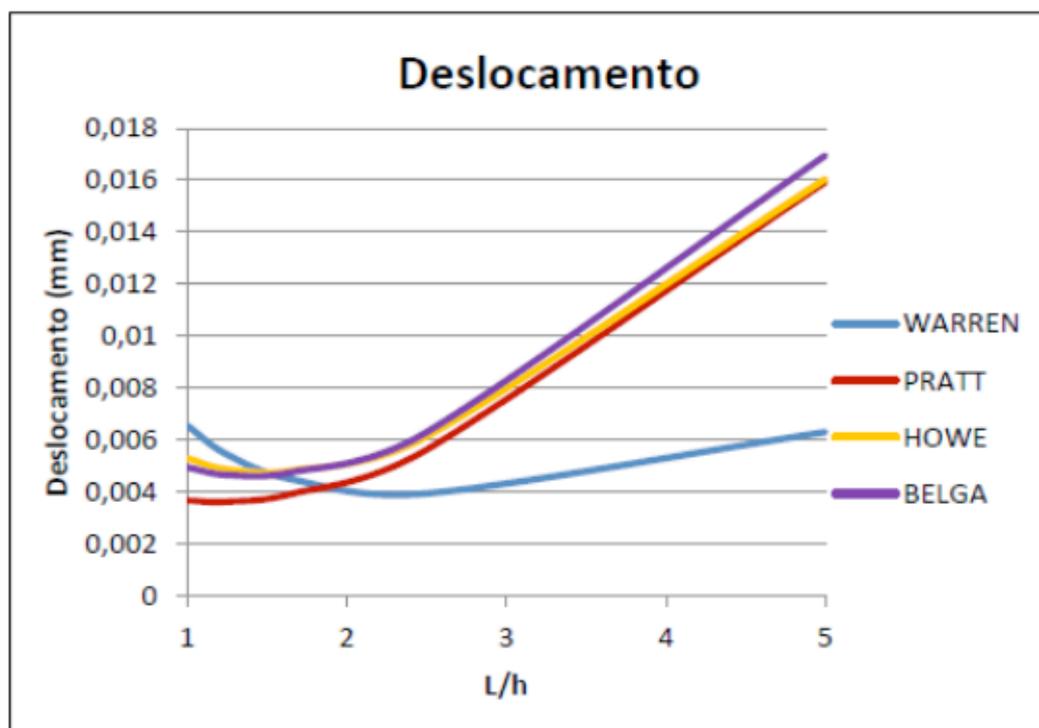


Figura 19: Deslocamentos (AUTOR (2015)).

5.1 Análise II

5.1.1 Análise Dos Deslocamentos Da Trelça Tipo Warren E Uma Viga.

Nesta análise, o comportamento da treliça Warren foi comparado ao de uma viga submetida às mesmas condições de carregamento e geometria. Através dos resultados de deslocamentos obtidos para os casos estudados na análise anterior (Item 4.1.2), buscou-se obter as propriedades geométricas da seção transversal de uma viga para que ela tenha os mesmos deslocamentos que a treliça com associação do tipo Warren. As Tabelas 8 e 9 apresentam os resultados obtidos nessas análises.

L (m)	h (m)	Área (mm ²)	Inercia (mm ⁴)	Seção circular D (mm)	Deslocamento (mm)
10	2	7.85x10 ¹¹	4.9x10 ¹⁶	1000	0,006282
10	4	7.85x10 ¹¹	4.9x10 ¹⁶	1000	0,003918
10	6	7.85x10 ¹¹	4.9x10 ¹⁶	1000	0,004443
10	8	7.85x10 ¹¹	4.9x10 ¹⁶	1000	0,005417
10	10	7.85x10 ¹¹	4.9x10 ¹⁶	1000	0,006527

Tabela 7: Dados da treliça Warren. (AUTOR (2015)).

L (m)	h (m)	Área (mm ²)	Inercia (mm ⁴)	Seção Retangular		Deslocamento (mm)
				B (mm)	D (mm)	
10	2	3.48x10 ¹²	1.01x10 ¹⁸	1867	1866	0,006283
10	4	4.10x10 ¹²	1.62x10 ¹⁸	2100	2100	0,003919
10	6	4.14x10 ¹²	1.43x10 ¹⁸	2035	2035	0,004444
10	8	3.75x10 ¹²	1.17x10 ¹⁸	1939	1936	0,005417
10	10	3.41x10 ¹²	9.73x10 ¹⁷	1847	1849	0,006528

Tabela 8: Dados da Viga. (AUTOR (2015)).

A partir dos dados obtidos, notou-se que a área da viga necessária para obter os mesmos deslocamentos apresentados na treliça Warren, é para todos os casos de altura, muito maior do que a da área da treliça. Consequentemente, isso também ocorre com os momentos de inércia.

A Figura 20 apresenta a relação entre a razão das áreas da viga pelas áreas da Warren, e a relação das razões da inércia da viga pela inércia da Warren.

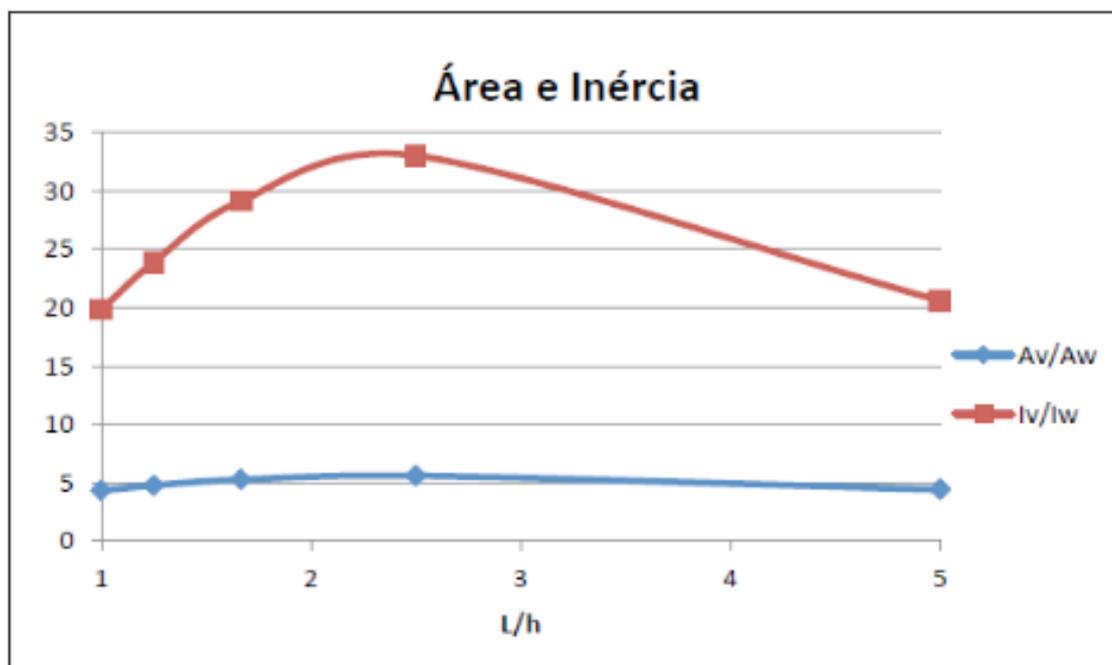


Figura 20: (Razão da Área da viga (A_v) pela Área da seção transversal das peças que constituem a associação da treliça Warren (A_w) e Razão da Inércia da viga (I_v) pela inércia das peças que constituem a associação da treliça Warren (I_w) (AUTOR (2015)).

Observou-se que os maiores valores apresentados, área e inércia, foram no ponto $L/h = 2,5$, em que a área chegou a ser cerca de 5 vezes maior e a inércia 30 vezes maior do que as apresentadas na Warren. Nesta análise, é possível observar que as treliças são capazes de vencer um vão de comprimento elevado com seções transversais menores em comparação a uma viga.

4 | CONCLUSÕES

Na primeira parte da Análise I, chegou-se à conclusão que a associação do tipo Belga possui uma maior faixa de intervalos entre as normais máximas e mínimas, e a Warren apresentou a menor variação da faixa, e também apresentou o menor deslocamento, concluindo-se assim que a Warren foi a que apresentou o melhor comportamento. Na Análise II, observou-se que as áreas necessárias de uma viga para que a mesma obtenha os mesmos deslocamentos que a treliça, são muito maiores. O que conseqüentemente resulta em um dimensionamento mais robusto e um maior consumo de materiais necessários para resistir aos esforços solicitantes, o que a torna inviável quando comparada com a Warren.

REFERÊNCIAS

CANSAN, A.; MARINI, D.; TIMM, A. U. **UM ESTUDO DO COMPORTAMENTO FÍSICO DAS ESTRUTURAS ISOSTÁTICAS**. Caxias do Sul - RS, 2014.

FERNÁNDEZ, Bianca Oliveira. **Sistemas de treliças modulares para pontes de madeira: uma boa**

alternativa para o Estado do Pará. 2010. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

MACHADO JÚNIOR, E.F. **Introdução à isostática.** Projeto REENG. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. (1999).

MOLITERNO, Antonio. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira.** 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

SERRA, José Luiz F. de A.. **Análise de treliças.** Curso de engenharia civil, Faculdade Sudoeste Paulista (FSP). 2013.

SÜSSEKIND, J.C. **Curso de Análise Estrutural: Estruturas Isostáticas**– Vol.1, 6ª ed. Editora Globo, Porto Alegre, 1981.

SOBRE O ORGANIZADORA

FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ação do vento 225, 226, 228, 229, 230, 235
Algoritmo 1, 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 240, 251, 254, 258
Análise estrutural 1, 2, 4, 9, 14, 15, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 98, 198, 224
Aplicativo 28, 56, 60, 61, 62, 63, 66
Aprendizagem 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 84
Argamassa 107, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131
Armaduras 93, 95, 192, 196, 197, 199, 200, 202

B

BIM 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 40, 41, 42, 43, 53, 54, 55, 58
Blocos de concreto 190

C

Cálculo 1, 4, 10, 14, 15, 33, 38, 63, 66, 69, 75, 80, 84, 86, 90, 93, 98, 101, 104, 105, 106, 109, 112, 172, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 195, 205, 210, 211, 226, 227, 230, 233, 238, 240, 245, 247, 248, 249, 251, 254, 257
Compatibilização 23, 24, 25, 40, 41, 44, 46, 49, 53, 55
Concreto 45, 52, 54, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 123, 130, 131, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 195, 198, 205, 230, 231, 238, 239
Controle tecnológico 121, 122, 127, 130

D

Desenvolvimento 1, 16, 34, 41, 42, 43, 53, 56, 57, 58, 59, 63, 65, 66, 69, 70, 71, 74, 77, 84, 90, 131, 149, 151, 163, 167, 209, 230, 259
Dimensionamento 2, 3, 26, 46, 50, 88, 142, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 197, 199, 204, 208, 212, 223, 238, 240, 241, 242, 246, 247, 249, 258, 259

E

Edificações 17, 41, 44, 54, 67, 87, 90, 99, 121, 122, 124, 130, 133, 135, 137, 140, 141, 142, 147, 148, 226, 229, 230, 233, 237, 238
Elementos finitos 15, 28, 33, 34, 38, 198, 199, 246
Eletricidade 149, 152, 153, 154, 156, 159, 160, 161, 163
Energia 5, 6, 15, 46, 59, 126, 149, 150, 151, 152, 153, 156, 158, 159, 161, 162, 163, 164, 166, 168, 170, 179, 183, 184, 186
Energia renovável 149
Ensaio 28, 101, 104, 108, 109, 110, 111, 112, 121, 122, 128, 129, 130, 169, 170, 191, 197, 205
Estabilidade 86, 87, 88, 92, 93, 98, 99, 115, 226, 238, 246, 249, 258
Estacas 157, 188, 189, 190, 205
Estruturas 1, 2, 3, 9, 14, 15, 28, 38, 41, 45, 54, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 99, 100, 105, 113, 119, 167, 168, 169, 171, 176, 178, 179, 186, 205, 207, 208, 223, 224, 225, 238, 239, 241, 259

G

Gerenciamento de obras 56, 58, 60, 61, 66

Gerenciamento de projetos 16, 19, 27, 67

I

Inovação 41, 69, 70, 72, 73, 74, 85, 179

M

Materiais 2, 28, 30, 31, 35, 38, 44, 53, 60, 62, 63, 88, 99, 102, 103, 105, 109, 111, 113, 119, 120, 121, 122, 123, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 140, 143, 147, 148, 167, 168, 169, 172, 198, 199, 223, 228

Método dos deslocamentos 1, 3, 9, 14, 15

Modelagem estrutural 225

Módulo de elasticidade 4, 10, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 115, 121, 122, 127, 128, 130, 131, 198, 199, 209, 231, 244

P

Perfis de aço 240, 241, 249, 258, 259

Pré-moldados 90, 177, 178, 179, 180, 181, 186, 187

Projeto 1, 2, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 68, 70, 72, 74, 82, 87, 88, 89, 90, 99, 104, 109, 112, 124, 132, 134, 135, 142, 147, 168, 178, 181, 184, 186, 205, 224, 235, 238, 259

Projeto arquitetônico 26, 44, 54

Propriedades geométricas 3, 209, 222, 242, 243, 245, 249, 251

R

Reciclagem 120, 177, 180, 181, 182, 186, 187

Reforço estrutural 86

Resíduos sólidos 167, 177, 179, 180, 186

Resistência 23, 26, 35, 45, 88, 89, 90, 101, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 121, 122, 124, 126, 127, 128, 129, 131, 142, 166, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 189, 195, 198, 199, 200, 231, 240, 242, 249, 251, 257, 258

S

Segurança 53, 132, 134, 135, 139, 140, 142, 143, 151, 179, 212, 226, 230, 233, 238, 260

Simulações 28, 30, 31, 33, 35, 98, 190, 225

Sustentabilidade 19, 20, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 186

T

Tecnologia 27, 40, 41, 42, 53, 54, 57, 58, 59, 61, 67, 68, 121, 131, 152, 153, 157, 161, 163, 166, 260

Treliças 9, 14, 15, 206, 207, 208, 209, 211, 212, 213, 220, 223, 224

V

Viga 50, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 98, 99, 100, 102, 103, 112, 206, 209, 212, 221, 222, 223, 237, 246

