

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS**

CAMPUS PALMAS

CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

JAMES DE SOUSA

**DIMENSIONAMENTO DE PASSARELA TRELIÇADA: SOLUÇÃO DE TRÁFEGO
PARA PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO – PALMAS – TO**

PALMAS

2019

JAMES DE SOUSA

**DIMENSIONAMENTO DE PASSARELA TRELIÇADA: SOLUÇÃO DE TRÁFEGO
PARA PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO – PALMAS – TO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia Civil do Instituto Federal do
Tocantins – *Campus* Palmas, como
exigência à obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva
Coorientador: Eng. Itano Arruda Nunes Neto

**Palmas - TO
2019**

FOLHA DE APROVAÇÃO

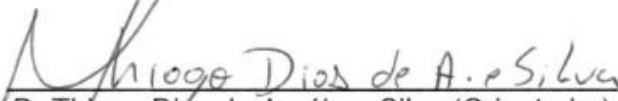
JAMES DE SOUSA

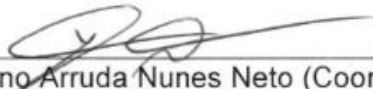
**DIMENSIONAMENTO DE PASSARELA TRELIÇADA: SOLUÇÃO DE TRÁFEGO
PARA PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO – PALMAS – TO**

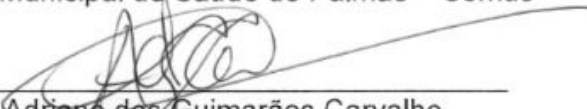
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Coordenação do Curso de
Engenharia Civil do Instituto Federal do
Tocantins – *Campus* Palmas, como
exigência à obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Civil.

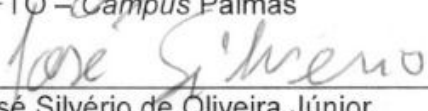
Aprovado em: 06 / 03 / 18

BANCA AVALIADORA


Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva (Orientador)
IFTO – *Campus* Palmas


Eng. Itano Arruda Nunes Neto (Coorientador)
Secretaria Municipal de Saúde de Palmas – Semus


Me. Adriano dos Guimarães Carvalho
IFTO – *Campus* Palmas


Esp. José Silvério de Oliveira Júnior,
Ceulp/Ulbra

Sousa, James

Dimensionamento de passarela treliçada: solução de tráfego para ponte
Fernando Henrique Cardoso – Palmas – TO / James de Sousa. Palmas,
2019.

184 f.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – *Campus* Palmas, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva

Coorientador: Eng. Civil Itano Arruda Nunes Neto

1. Ponte FHC. 2. Passarela Metálica. 3. Dimensionamento de Passarela.

À minha mãe Maria Santana de Sousa.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Maria Santana de Sousa, pela paciência durante esse período de graduação e pelo investimento que fez em me educar, sempre acreditando que seria o melhor para meu futuro, como profissional e como ser.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Thiago Dias de Araújo e Silva, primeiramente, por ter acreditado em minha ideia para esse trabalho de conclusão de curso, secundamente por paciência e dedicação em me orientar.

Ao meu coorientador, Eng. Civil Itano Arruda Nunes Neto, por me incentivar a realizar este trabalho.

Ao Arquiteto, Rui Ribeiro dos Santos Junior, por suas aulas de Arquitetura com o intuito de me instigar a realizar projetos mais elaborados que possuam impacto social.

Ao Prof. Arturo Vargas, por suas aulas à distância que somaram ainda mais ao meu trabalho e que complementaram a minha formação.

Aos meus amigos, João Pedro Noletto e Nathália Cânedo, por suas traduções de artigos acadêmicos que me possibilitaram maior compreensão dos mesmos.

À Thaynara Fernandes de Oliveira, pela paciência aos dias de estresse enquanto elaborava esse trabalho e às suas inúmeras horas gastas em revisões do mesmo.

À Camila Carvalho Costa, William Carvalho de Andrade, Ayllany Costa de Maria e Arthur Viana pelo auxílio na maquete eletrônica e à confecção de imagens renderizadas.

RESUMO

Entre a cidade de Palmas – TO e o Distrito de Luzimangues, encontra-se a Ponte Fernando Henrique Cardoso – da amizade e integração, construída em concreto armado. Esta possui apenas duas faixas de rolamento que já não comportam o crescente fluxo de veículos e pedestres nos horários de pico.

A sugestão para esse conflito foi a retirada dos pedestres do tabuleiro da ponte, alocando-os em uma passarela metálica, apoiada aos pilares de concreto da ponte Fernando Henrique Cardoso e aumentando em um a quantidade de faixas de rolamento.

Foi dimensionado o vão de 71,50m, que apresentou frequência natural de 2,81 Hz e 4,44 Hz, para análise do vento e da multidão e o um peso de 7,8 toneladas.

Palavras-chave: Fluxo de Trânsito, Ponte, Passarela Metálica.

ABSTRACT

Between the city of Palmas - TO and the district of Luzimangues, there is the Fernando Henrique Cardoso Bridge - of friendship and integration, built in reinforced concrete. This has only two lanes that no longer carries the increasing flow of vehicles and pedestrians during peak hours.

The suggestion for this conflict was to remove the pedestrians from the board of the bridge, placing them on a metal walkway, supported by the concrete pillars of the Fernando Henrique Cardoso bridge and increasing by one the number of rolling lanes. It was designed the span of 71.50 m with a natural frequency of 2.81 and 4.44 Hz, for wind and crowd analysis, weighing 7.8 tonnes.

Key words: Traffic Flow, Bridge, Metallic Walkway

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ponte FHC.....	2
Figura 2 – Transito de ciclistas	3
Figura 3 – Passarela adjunto a ponte FHC	3
Figura 4 – Vítimas fatais em acidentes de trânsito	4
Figura 5 – Atual configuração das faixas de rolamento	7
Figura 6 – Proposta de configuração das faixas de rolamento.....	7
Figura 7 – Perfil atual da ponte FHC	8
Figura 8 – Perfil sugerido para a ponte FHC	8
Figura 9 – Limites do município de Porto Nacional, com a localização da sede do município, do Distrito de Luzimangues e da área urbana de Palmas.....	10
Figura 10 – Ferrovia Norte-Sul e ligação com a Estrada de Ferro Carajás	12
Figura 11 – Prova IRONMAN 70.3 sobre a Ponte FHC.....	13
Figura 12 – Ponte FHC como cartão postal.....	14
Figura 13 – Ponte CHAOTIANMEN, China	15
Figura 14 – Ponte em Arco Treliçado D. Maria Pia – Cidade do Porto - Portugal	15
Figura 15 – Tipos de Arcos.....	16
Figura 16 – Estrutura pênsil.....	16
Figura 17 – Ponte Pênsil em São Vicente	17
Figura 18 – Estruturas Estaiadas por Cabos	17
Figura 19 – Ponte Estaiada da Normandia - França	18
Figura 20 – Ponte em Treliça	19
Figura 21 – Ponte em treliça com tabuleiro com tamanho reduzido.....	19
Figura 22 – Espaço Cultural - Palmas - TO	20
Figura 23 – Ponte Florentino Avidos, Vitória - ES	20
Figura 24 – Passarela HOWE, Praça Demetrius, Rio de Janeiro.....	21
Figura 25 – Sivadal Bridge – Ponte em K.....	21
Figura 26 – Passarela em treliça Warren, Av. Tancredo Neves, Salvador - BA.....	22
Figura 27 – Passarela em treliça Warren, Rodoanel, São Paulo - SP.....	22
Figura 28 – Pré-dimensionamento de treliça metálica.....	24
Figura 29 – Treliças planas em aço.....	25
Figura 30 – Vão intermediário	25
Figura 31 – Treliça vão intermediário	26

Figura 32 – Menor vão da ponte FHC	26
Figura 33 – Treliza menor vão	26
Figura 34 – Isopletras da velocidade básica do Vento	31
Figura 35 – Rugosidade I – Lago da UHE de Lajeado	33
Figura 36 – Rugosidade II – Produção agrícola em Mato Grosso do Sul	33
Figura 37 – Rugosidade III – Oberwil-Lieli, Suíça	34
Figura 38 – Rugosidade IV – Natividade – TO	34
Figura 39 – Rugosidade V – Goiânia – GO	34
Figura 40 – Forças aerodinâmicas sobre uma edificação	37
Figura 41 – Ações do vento em barras prismáticas de faces planas	38
Figura 42 – Plano de cobertura	47
Figura 43 – Corte plano de cobertura	47
Figura 44 – Disposição da terça no plano de cobertura	48
Figura 45 – Modelo estrutural	53
Figura 46 – Disposição dos elementos da passarela	54
Figura 47 – Estrutura antes do primeiro modo de análise	57
Figura 48 – Estrutura após o primeiro modo de análise	58
Figura 49 – Estrutura antes do segundo modo de análise	58
Figura 50 – Estrutura após o segundo modo de análise	58
Figura 51 – Passarela do vão central antes da elevação	60
Figura 52 – Passarela do vão central após elevação	60
Figura 53 – Identificação do trecho para o dimensionamento do guarda-corpo	66
Figura 54 – Elementos do guarda-corpo	66
Figura 55 – Perfis do guarda-corpo	67
Figura 56 – Modelo para dimensionamento	68
Figura 57 – Dados telha Isoeste	72
Figura 58 – Cargas máxima admissíveis para telhas	73
Figura 59 – Telha Isoeste	73
Figura 60 – Perspectiva de pedestres e ciclistas de dentro da passarela	80
Figura 61 – Perspectiva exterior ponte e passarela	80
Figura 62 – Perspectiva de embarcação 1	81
Figura 63 – Perspectiva de embarcação 2	81
Figura 64 – Perspectiva dos pedestres ao pôr do sol	82
Figura 65 – Perspectiva entre as passarelas	82

Figura 66 – Fluxo de veículos com a terceira faixa de rolamento.....	83
Figura 67 – Vista superior com a terceira faixa de rolamento.....	83
Figura 68 – Inversão do sentido da terceira faixa de rolamento	83
Figura 69 – Perspectiva diurna.....	84
Figura 70 – Perspectiva noturna 1.....	84
Figura 71 – Perspectiva noturna 2.....	84
Figura 72 – Mapa de vítimas fatais de Palmas – TO	91
Figura 73 – Relação de acidentes na TO-080 (2015/2016).....	92
Figura 74 – Relação de acidentes na TO-080 (2016/2017).....	93
Figura 75 – Acidentes por categoria (2015/2017).....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fator de Rugosidade S_2	35
Tabela 2 – Valores mínimos do fator S_3	36
Tabela 3 - Valores do fator de redução, K, para barras de comprimento finito	39
Tabela 4 – Coeficiente de força, C_x e C_y , para barras prismáticas de faces planas de comprimento finito	39
Tabela 5 – Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a uma água plana	40
Tabela 6 – Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a duas águas planas simétricas	41
Tabela 7 – Coeficientes de combinações para o guarda-corpo	67
Tabela 8 – Combinações do Guarda-corpo	68
Tabela 9 – Resumo de materiais para o trecho de guarda-corpo	71
Tabela 10 – Superfície de pintura do guarda-corpo	71
Tabela 11 – Resumo de materiais totais para o guarda-corpo	71
Tabela 12 – Superfície de pintura total do guarda-corpo	71
Tabela 13 – Combinações telha de cobertura	72
Tabela 14 – Ações do Vento 0° de arrasto nos montantes verticais	74
Tabela 15 – Ações do Vento 90° de arrasto nos montantes verticais	75
Tabela 16 – Ações do Vento 0° de arrasto nas diagonais	76
Tabela 17 – Ações do Vento 90° de arrasto nas diagonais	78
Tabela 18 – Contagem volumétrica de veículos	89
Tabela 19 – Perfis Estruturais Gerdau	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparativo dos sistemas estruturais	23
Quadro 2 – Fator Topográfico	32
Quadro 3 – Classificação da rugosidade do terreno.....	32
Quadro 4 – Definição da classe da edificação.....	35
Quadro 5 – Fator estatístico S_3	36
Quadro 6 – Aços Estruturais.....	45
Quadro 7 – Principais características do Aço em perfis laminados	45
Quadro 8 – Principais características do Aço em perfis dobrados	45
Quadro 9 – Ações atuantes	46
Quadro 10 – Combinações para terças	46
Quadro 11 – Fechas limites terças de cobertura	48
Quadro 12 – Dados do perfil calculado	49
Quadro 13 – Relação entre esforços (Resistente/Solicitante) das terças de cobertura	50
Quadro 14 – Ações atuantes	51
Quadro 15 – Coeficientes de combinações	51
Quadro 16 – Combinações para passarela	52
Quadro 17 – Flechas	53
Quadro 18 – Relação entre esforços (Resistente/Solicitante)	55
Quadro 19 – Resumo de materiais	56
Quadro 20 – Superfície de pintura.....	56
Quadro 21 – Dados do perfil calculado para os montantes principais do guarda-corpo	69
Quadro 22 – Relação entre esforços (Resistente/Solicitante) montantes principais do guarda-corpo	70
Quadro 23 – Dados do perfil calculado para os banzos superiores	85
Quadro 24 – Dados do perfil calculado para os banzos inferiores	85
Quadro 25 – Dados do perfil calculado para os montantes superiores	86
Quadro 26 – Dados do perfil calculado para os montantes inferiores	86
Quadro 27 – Dados do perfil calculado para os montantes verticais.....	87
Quadro 28 – Dados do perfil calculado para os contraventamentos superiores.....	87
Quadro 29 – Dados do perfil calculado para os contraventamentos inferiores.....	88

Quadro 30 – Dados do perfil calculado para as diagonais88

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Estudo de Tráfego Ponte FHC - Sentido Luzimangues/Palmas (2017) ...	4
Gráfico 2 – Projeção Populacional Urbana do Distrito de Luzimangues – 2018/2045	11

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Ação Excepcional

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CGDI – Comissão de Gestão de Dados e Informações

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

ELS – Estado Limite de Serviço

ELU – Estado Limite Último

EMAP - Empresa Maranhense de Administração Portuária

FHC – Fernando Henrique Cardoso

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

PBT – Peso Bruto Total

PMAE/PN-TO – Plano Nacional de Água e Esgoto do Município de Porto Nacional – TO

PVT – Programa Vida no Trânsito

RP – Ação Permanente

SC – Ação de Sobrecarga

SEINFRA – Secretaria Municipal de Infraestrutura, Serviços Públicos, Trânsito e Transporte de Palmas

SEMOB – Secretaria Municipal de Mobilidade Urbana de Palmas

UHE – Usina Hidroelétrica

V – Ação de Vento

LISTA DE SÍMBOLOS

χ	Fator de redução associado à redução à compressão
γ	Coeficiente de ponderação da resistência ou das ações
λ	Índice de esbeltez
λ_0	Índice de esbeltez reduzido
f_y	Resistência ao escoamento do aço
h	Altura
q	Carga
A	Área
A_{ef}	Área efetiva
N	Força Axial
S_d	Solicitação de cálculo
S	Valores de ações
P	Peso
V_0	Velocidade básica do vento
V_k	Velocidade característica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	PROBLEMA DE PESQUISA	2
3	SOLUÇÃO DE ENGENHARIA.....	6
4	CONTEXTO HISTÓRICO E GEOGRÁFICO	9
4.1	Usina Hidroelétrica Luís Eduardo Magalhães.....	9
4.2	Distrito de Luzimangues	10
4.3	Ponte Fernando Henrique Cardoso	12
5	MODELOS ESTRUTURAIS DE PASSARELA METÁLICA	15
5.1	Sistema de Treliças	18
6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	23
6.1	Software utilizado.....	23
6.2	Escolha do modelo estrutural da passarela	23
6.3	Pré-dimensionamento da passarela Warren	24
7	ESTADOS LIMITES	27
7.1	Estados Limites Últimos.....	27
7.2	Estados Limites de Serviço	28
8	AÇÕES.....	29
8.1	Ações Permanentes	29
8.1.1	Peso Próprio.....	29
8.1.2	Peso da laje.....	29
8.1.3	Guarda-corpo	30
8.2	Ações Variáveis	30
8.2.1	Carga Móvel	30
8.2.2	Carga Horizontal Excepcional	30
9	AÇÕES DE VENTO	31
9.1	Velocidade característica do vento.....	31

9.2	Pressão dinâmica.....	37
9.3	Coeficiente de arrasto	37
9.3.1	Barras prismáticas de faces planas.....	38
9.4	Ação do vento em coberturas isoladas e águas planas	40
10	DIMENSIONAMENTO DE PERFIS.....	42
10.1	Barras submetidas á força axial de tração.....	42
10.2	Barras submetidas á força axial de compressão	43
10.3	Barras submetidas a momento fletor e esforço cortante	44
11	MATERIAIS.....	45
12	PLANO DE COBERTURA	46
12.1	Perfis	46
12.2	Ações e combinações nas terças	46
12.3	Disposição da terça de cobertura	47
12.4	Flecha limite.....	48
12.5	Dados do perfil dimensionado	49
13	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DA PASSARELA	51
13.1	Ações.....	51
13.2	Coeficientes de combinação	51
13.3	Modelo estrutural	52
13.4	Dados dos perfis dimensionados	53
14	QUANTITATIVO.....	56
15	ANÁLISE DA FREQUÊNCIA.....	57
16	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
16.1	Análise conclusiva	59
16.2	Sugestões para trabalhos futuros	60
	REFERENCIAL.....	62
	APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO DO GUARDA – CORPO	66

A.1	Perfis	67
A.2	Ações e combinações	67
A.2.1	Ações	67
A.2.2	Combinação última normal	67
A.3	Flambagem	68
A.4	Flambagem lateral	68
A.6	Dados do perfil dimensionado	69
A.7	Dados do perfil dimensionado	71
	APÊNDICE B– DIMENSIONAMENTO DA TELHA DE COBERTURA.....	72
	APÊNDICE C – AÇÕES DE ARRASTO	74
	APÊNDICE D – RENDERIZAÇÕES	80
	APÊNDICE E – DADOS DOS PERFIS.....	85
	ANEXO A – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS NA PONTE FHC	89
	ANEXO B – MAPA DE VÍTIMAS FATAIS DE PALMAS-TO	91
	ANEXO C – RELAÇÃO DE ACIDENTES NA TO-080 (2015/2017)	92
	ANEXO D – CATALOGO DE PERFIS W GERDAU	94
	ANEXO E – PROJETO DA PASSARELA METÁLICA	99

1 INTRODUÇÃO

Uma das formas que a engenharia atua quando se trata de fazer ligações entre vãos é através da construção de pontes e passarelas, podendo fornecer um caminho mais curto e confortável. Logo, de acordo com Vasconcelos (2002), ponte “é qualquer coisa criada para se vencer um obstáculo”.

As passarelas metálicas possibilitam uma estrutura mais leve (com redução das solicitações nas fundações), uma redução do seu tempo de montagem e um aumento da área útil (por seus elementos serem mais esbeltos) (CHAMBERLAIN, 2013)

Entre a cidade de Palmas – TO e o Distrito de Luzimangues, pertencente ao município de Porto Nacional, encontra-se a ponte Fernando Henrique Cardoso – da Amizade e Integração, que vem sofrendo com o excesso de tráfego (que está aumentando conforme o distrito aumenta a população) nos horários de pico, no início da manhã e no final da tarde; como também sofre com o crescente número de acidentes envolvendo caminhões, ônibus, carros de passeio, ciclistas, pedestre, entre outros.

Para solucionar o problema de tráfego da ponte sobre o Rio Jacuí, localizada na BR-116/290, Travessia Regis Bittencourt em Porto Alegre – RS, a empresa Deltacon Engenharia Ltda. em seu Relatório Final de Pesquisa (2001), propôs o alargamento do tabuleiro da ponte.

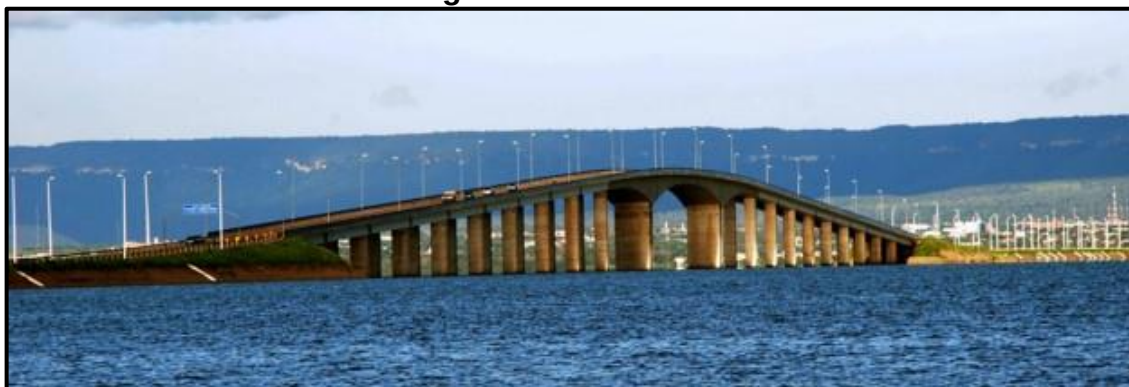
Já este trabalho propõe a construção de uma passarela metálica anexada aos pilares da ponte Fernando Henrique Cardoso, com a finalidade de retirar os pedestres do tabuleiro para que seja alocada mais uma faixa de rolamento, que, em 2018, possui 2 (duas) faixas, passando a ficar com 3 (três). Assim, no horário de maior fluxo, haverá duas faixas em uma direção e a outra da direção oposta, podendo ser alternada de acordo com a necessidade de escoamento dos veículos no sentido Palmas – Distrito de Luzimangues e no sentido Distrito de Luzimangues – Palmas.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

Estudado pela Engenharia de Tráfego, o tráfego urbano é constituído pela associação entre os veículos (carros, ônibus, motos, entre outros), usuários (motoristas, passageiros, pedestres, entre outros) e as vias (ruas, logradouros, avenidas, entre outros), sendo estas sensíveis aos fatores de mobilidade, conforto, segurança e acessibilidade, esses três elementos devem buscar um equilíbrio (ALLERS, 2017).

Como a ponte FHC (Figura 1) compõe o tráfego rodoviário, foi estudado o tráfego existente (atual), definido como sendo “o tráfego que utiliza a estrada no ano em que se faz o estudo. A determinação do tráfego existente de uma estrada é efetuada através de contagens volumétricas.” (ALLERS, 2017, p. 06). Allers (2017) ainda afirma que “a contagem de tráfego é de extrema importância e tem como objetivo conhecer o número de veículos que passa em um certo ponto de uma estrada, durante um período de tempo”.

Figura 1 – Ponte FHC



Fonte: Revista eletrônica Araguaína Notícias (2017)

A Resolução do CONTRAN nº 396 possui duas definições para os veículos transeuntes: leves (ciclomotor, motoneta, motocicleta, triciclo, quadriculo, automóvel, utilitário, caminhonete e camioneta, com Peso Bruto Total - PBT inferior ou igual a 3.500 kg) e pesados (ônibus, micro-ônibus, caminhão, caminhão-trator, trator de rodas, trator misto, chassi-plataforma, motor-casa, reboque ou semirreboque e suas combinações). E além desses, existe o trânsito de ciclistas e pedestres com a finalidade de lazer sobre a passarela adjunto à ponte (Figura 2 e 3).

Figura 2 – Transito de ciclistas



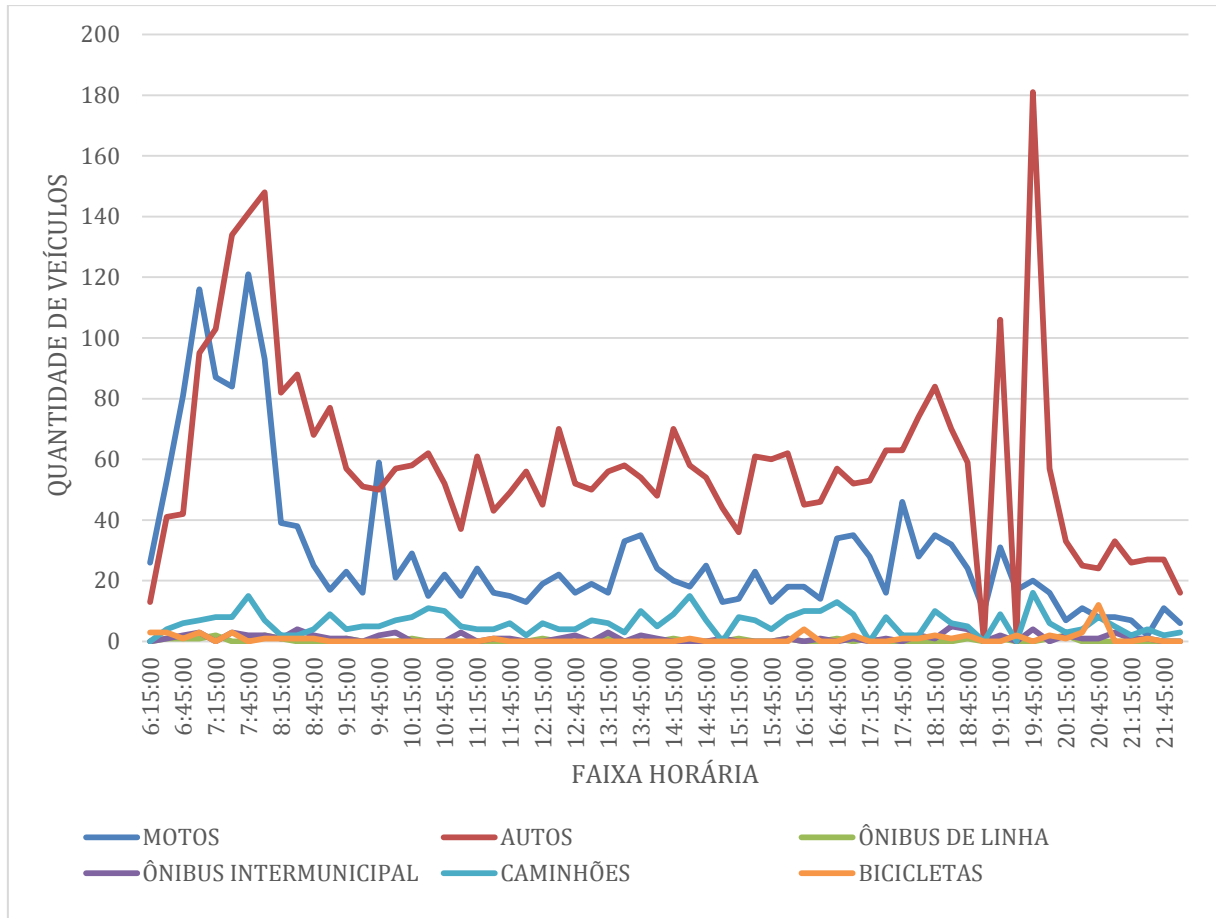
Fonte: Conexão Tocantins (2014)

Figura 3 – Passarela adjunto a ponte FHC

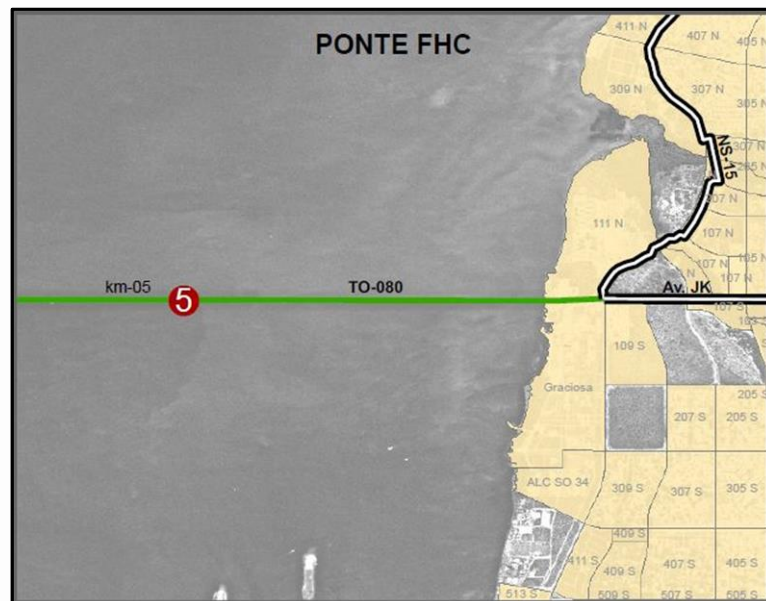


Fonte: Mapio (2008)

No estudo de tráfego (Gráfico 1) da Secretaria de Infraestrutura, Serviços Públicos, Trânsito e Transporte do Município de Palmas – TO (Seinfra) apresenta dois horários com grande fluxo de veículos (horário de pico), no sentido Luzimangues-Palmas, sendo em dois intervalos, pela manhã das 06h30min às 08h30min e a noite das 17h45min às 19h45min. Respectivamente transitam um total de 1671 e 951 veículos, nesse período diário, entre leves e pesados, em que, no ano de 2017, de acordo com o Comissão de Gestão de Dados e Informações (CGDI) do Programa Vida no Transito foram responsáveis por 5 acidentes fatais (Figura 4).

Gráfico 1 – Estudo de Tráfego Ponte FHC - Sentido Luzimangues/Palmas (2017)

Fonte: Seinfra. Imagem: Autor

Figura 4 – Vítimas fatais em acidentes de trânsito

Fonte: Secretaria Municipal de Segurança e Mobilidade Urbana (2017) (adaptado)

Ainda se tem a circulação de ciclistas tendo a sua intensidade atenuada fora do horário de pico dos automóveis uma vez que há a troca do carro ou moto pela bicicleta, como atividade de lazer, e também, devido às temperaturas se demonstrarem amenas no período noturno.

Outro dado não apresentado pelo estudo é o tráfego de pedestres na passarela que também pode ser observado depois das 18h, seja caminhada ou corrida.

3 SOLUÇÃO DE ENGENHARIA

A solução proposta para o conflito é a criação de uma passarela em aço que acompanharia o nível do lago, com o objetivo de retirar a passarela já existente, para a criação de uma nova faixa de rolamento, sem a necessidade de ampliação do tabuleiro.

Essa deve ser confeccionada em aço, em forma treliçada, facilitando a montagem da estrutura e reduzindo o peso da mesma, uma vez que ela seria apoiada aos pilares já existentes, e não comprometendo a essência da mesma como cartão postal da capital tocantinense.

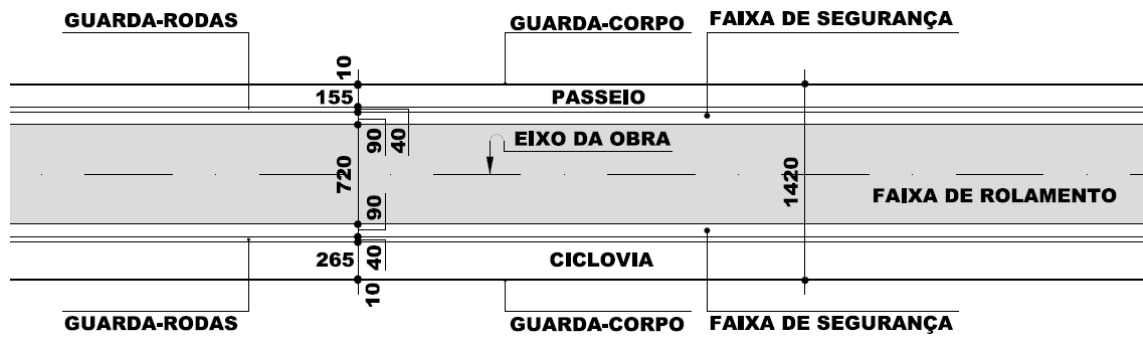
Estando a uma cota de aproximadamente 5 (cinco) metros do nível da água (Figuras 7 e 8), a estrutura aproximaria o lazer do espelho d'água ao ser usuário – em 2017, somente aqueles que possuíam, ou alugaram jet-skis, flutuantes, barcos e outros usufruíram de todo o comprimento, restando àqueles que não possuíam meios de se deslocar, as margens e as praias - democratizando a sua utilização e permitindo que pequenas embarcações ainda transitem por baixo da mesma.

No maior vão, onde há a passagem de balsas, barcos, entre outros meios de transporte, estaria uma estrutura levadiça. Esta, seria acionada apenas quando houver a necessidade de passagem de um transporte aquático que possua altura superior a 5 metros.

Outros pontos a serem considerados são o turismo local e o potencial esportivo que o lago proporciona. Competições como Travessia do Lago de Palmas e Iron Man movimentam muitos atletas e espectadores. No caso do Iron Man, que é um triátlon, a parte da maratona poderia ser competida pela passarela, com os espectadores, repórteres, corpo médico, entre outros, próximo aos atletas, tornando-a mais atrativa e não ocorrendo a interdição do fluxo das pistas.

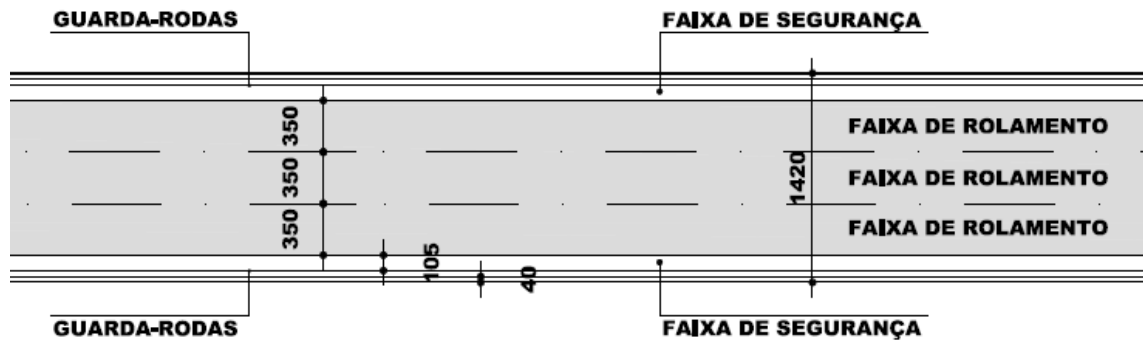
Uma vez retirada a passarela existente, pode-se acrescentar mais uma faixa de rolamento de largura de 3,5 m, uma vez que o tabuleiro possui largura de 14,20 m (Figura 5). A terceira faixa funcionaria de acordo com o maior fluxo (Figura 6), podendo ser invertido o seu sentido, através de um trabalho de lógica, ou seja, no período de maior fluxo de Luzimangues à capital, das 06h30min às 08h30min, a faixa estará disponível, totalizando duas vias. E ao final da tarde, entre 17h45min às 19h45min, alterna-se o seu sentido, estando duas vias disponíveis no sentido Capital-Luzimangues.

Figura 5 – Atual configuração das faixas de rolamento



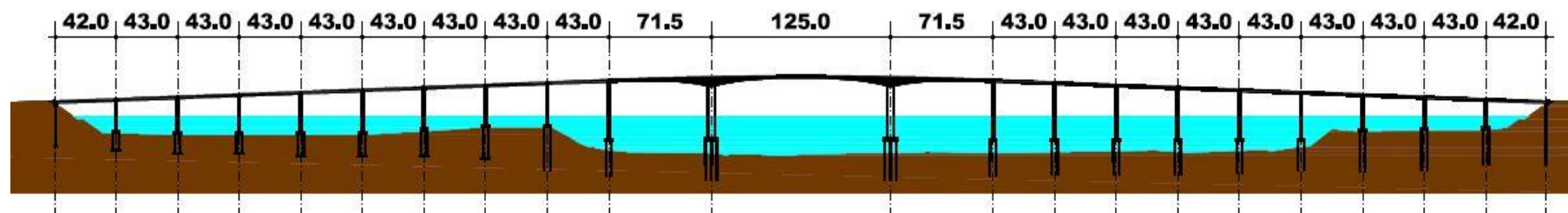
Fonte: Autor

Figura 6 – Proposta de configuração das faixas de rolamento



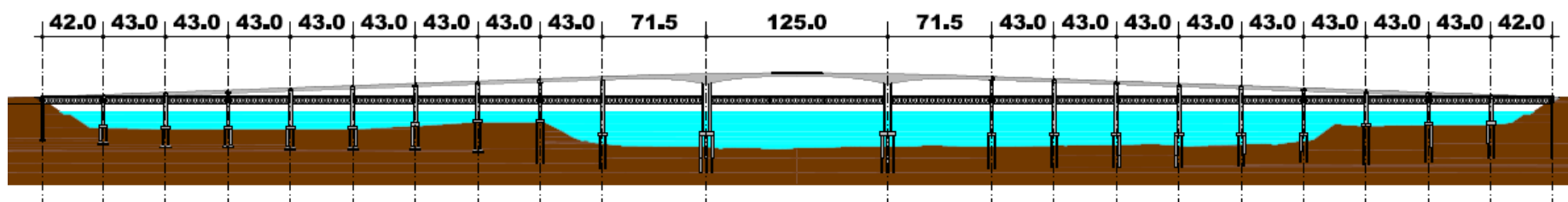
Fonte: Autor

Figura 7 – Perfil atual da ponte FHC



Fonte: Autor

Figura 8 – Perfil sugerido para a ponte FHC



Fonte: Autor

4 CONTEXTO HISTÓRICO E GEOGRÁFICO

4.1 Usina Hidroelétrica Luís Eduardo Magalhães

Antes da construção de uma obra com grandes impactos ambientais e sociais, como uma usina hidroelétrica, se faz necessário um estudo de viabilidade técnica a fim de verificar a capacidade de produção energética do corpo hídrico.

Araújo (2003) afirma que:

Registra-se que para o estudo oficial para o aproveitamento hidrelétrico ao longo da bacia do rio Tocantins foi iniciado a partir do ano de 1972, após a Eletrobrás obter os dados preliminares de viagens, fotos aéreas, mapas e relatórios que já tinham sido realizados a partir de 1964 pelo “Bureau of Reclamation” (Projeto - United States Agency for International Development - USAID) [...]. No ano de 1976 foi apresentado o primeiro inventário completo da bacia do Tocantins incluindo seus tributários, realizado pelo consórcio Engevix/Ecotec para Eletrobrás/Eletronorte, conforme os dados da Eletronorte, 1988. (ARAÚJO, 2003, p. 2)

O posicionamento geográfico da UHE LEM saiu na revisão do inventário hidroelétrico do Médio Tocantins de 1984, para uma potência instalada de 950MW (CELTINS, 1996).

Ampliando a produção de energia nacional, construída pela INVESTCO S.A., a Usina Hidroelétrica Luís Eduardo Magalhães, está localizada entre os municípios de Lajeado e Miracema do Tocantins, que inundou uma área de 630 km² abrangendo 6 cidades: Brejinho de Nazaré, Ipueiras do Tocantins, Lajeado, Palmas, Porto Nacional e Miracema (SOUZA, 2014).

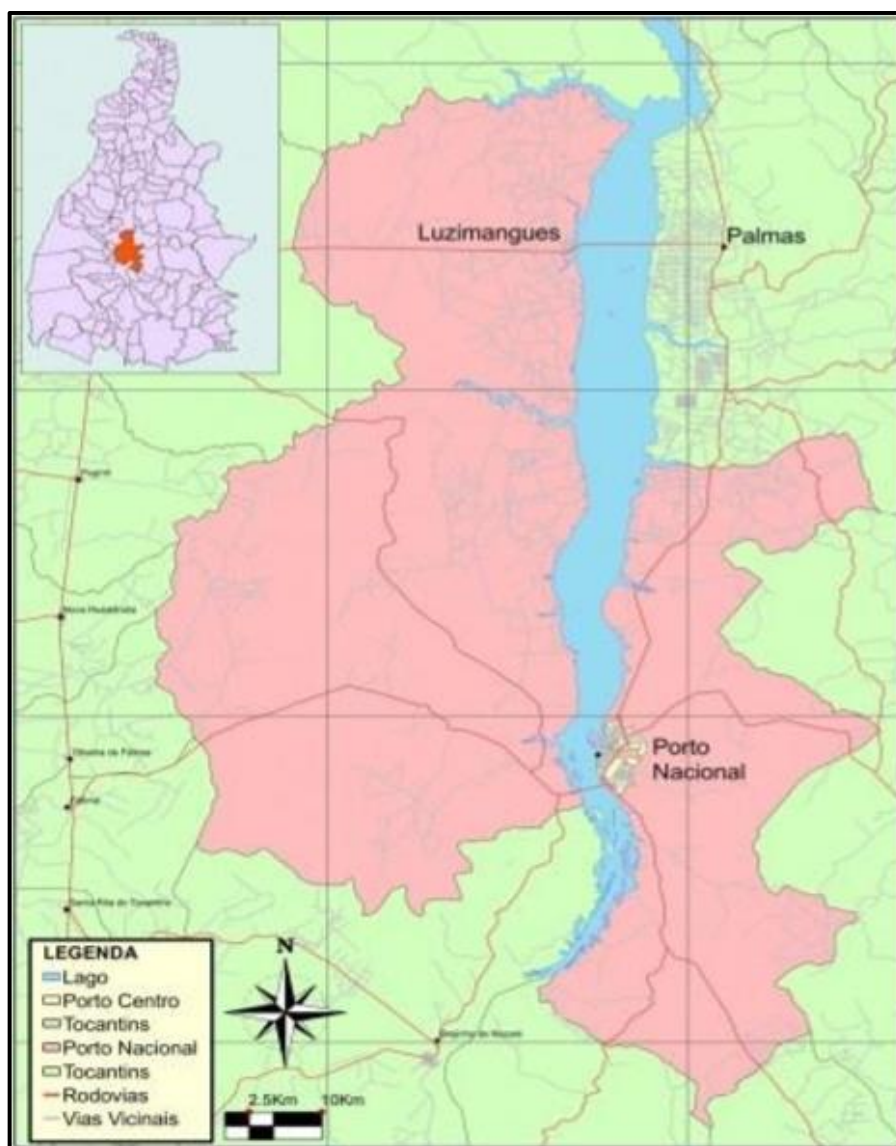
Com início de suas obras em julho de 1998 e entrando em operação em dezembro de 2001 e a sua capacidade plena em novembro de 2002, com o seu última e quinta unidade geradora (INVESTCO, 2018).

Além dos empregos diretos e indiretos que a sua construção promoveu, têm-se o surgimento de novas estruturas urbanas e reassentamentos rurais. Estas novas estruturas serviram para promover melhores condições de vida aos assentados. Assim, transformando o uso e a apropriação do espaço urbano (SOUZA, 2014).

4.2 Distrito de Luzimangues

Luzimangues (Figura 9), pertencente à cidade de Porto Nacional – TO, surgiu através do reassentamento das famílias oriundas de fazendas e vilas que ficavam as margens do rio Tocantins, desapropriadas para a formação do lago da UHE Luís Eduardo Magalhães, em 2001 (SOUZA, 2014).

Figura 9 – Limites do município de Porto Nacional, com a localização da sede do município, do Distrito de Luzimangues e da área urbana de Palmas

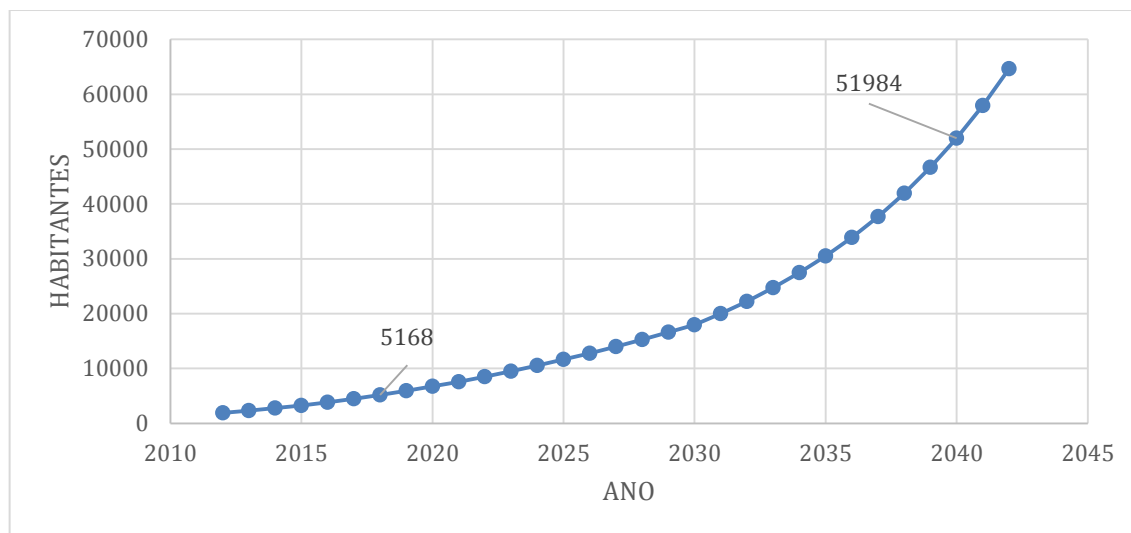


Fonte: SOUZA, 2014 apud PINTO (2012).

A necessidade de melhoria da infraestrutura torna-se evidente à medida que a população aumenta. De acordo com o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no censo de 2010, o distrito possuía 2.310 pessoas residentes e conforme o Plano Municipal de Água e Esgoto do Município de Porto Nacional

(PMAE/PN-TO), através projeção no cenário tendencial, a população é de 5.158 habitantes para o ano de 2018. Levando essa projeção ao ano de 2040 tem-se 51.984 habitantes residentes (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Projeção Populacional Urbana do Distrito de Luzimangues – 2018/2045



Fonte: PMAE/PN-TO (Adaptado) (2018).

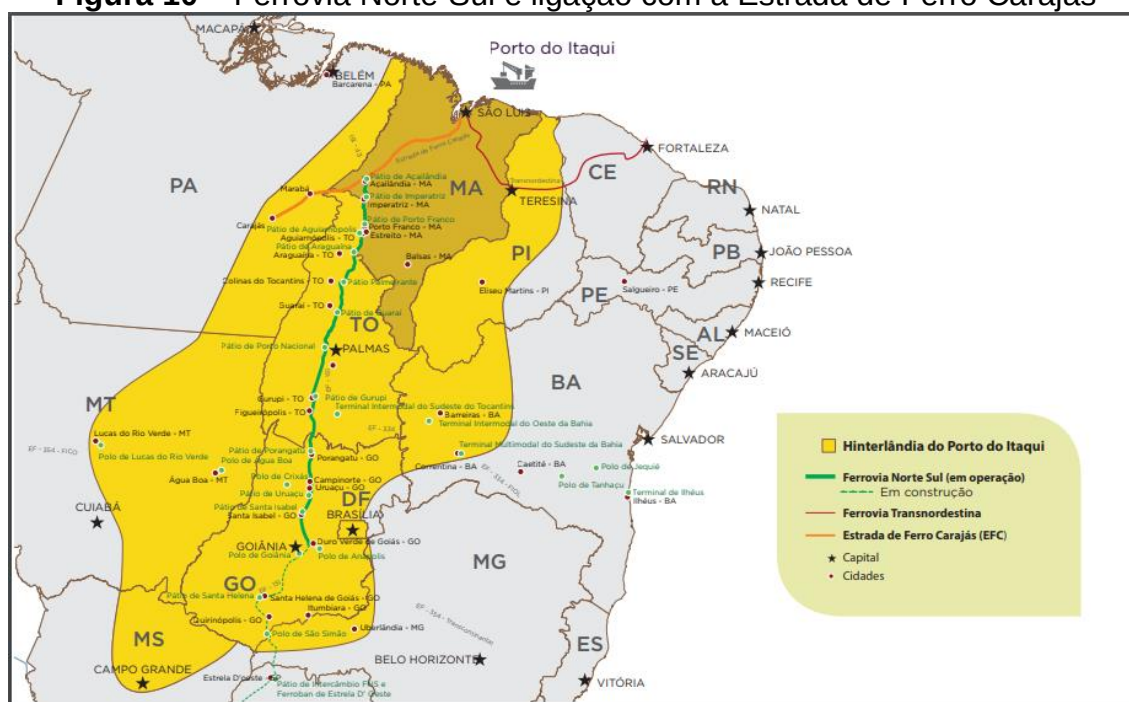
4.3 Ponte Fernando Henrique Cardoso

Sobre o lago da UHE Luís Eduardo Magalhães, encontra-se a Ponte Fernando Henrique Cardoso – da Amizade e Integração, ligando a margem direita, a capital – Palmas – à margem esquerda, o distrito de Luzimangues pertencente ao município de Porto Nacional, por meio da rodovia TO – 080.

Inaugurada em setembro de 2002, teve o objetivo de fortalecer a região do MATOPIBA (constituídos pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), produtores de grãos, por meio do acesso à BR-153 (Transbrasiliana), através da BR – 010 (Belém-Brasília), que possibilita a escoação de sua produção de soja – principal produto da região (CONAB, 2018); principalmente os municípios de Luís Eduardo Magalhães e Barreiras, localizados ao oeste da Bahia.

A ligação entre as rodovias se mostra em um trajeto ao Porto de Itaqui, em São Luís – MA, que recebe a maior parte das produções de soja do MATOPIBA, visada para exportação (BRUGNERA; DALCHIAVON, 2017). Outro trajeto utilizado pelo transporte da soja que passa pela ponte FHC é o acesso à Ferrovia Norte-Sul, que liga indiretamente ao Porto de Itaqui através da Estrada de Ferro Carajás em Açailândia – MA (EMAP, 2018) (Figura 10).

Figura 10 – Ferrovia Norte-Sul e ligação com a Estrada de Ferro Carajás



Fonte: EMAP (2018).

Constituída de uma ponte principal de 1.042 metros de extensão e outras duas secundárias com 83 metros cada uma, formam com o aterro, um comprimento total de 7.500 metros sobre o lago da UHE Luís Eduardo Magalhães. Encontrando-se a 25 metros acima da cota do lago (AGÊNCIA BRASIL, 2002), em sua maior altura, a qual permite a passagem de barcos e balsas.

Tratando-se de uma cidade dormitório (PMAE/PN – TO, 2018), uma parcela dos moradores de Luzimangues cruza a ponte todos os dias, com o destino a Palmas, uma vez que, a capital possui uma melhor infraestrutura, no intuito de trabalhar, estudar, lazer, entre outras atividades.

Em 2017 foi realizada a competição internacional IRONMAN® 70.3 (Figura 11), que reuniu 800 triatletas de nove países, entre amadores e profissionais. A prova consistiu em 1.9 km de natação, 90.1 km de ciclismo e 21.1 km de corrida, utilizando o lago, as avenidas da capital e a ponte. No mesmo ano aconteceu a Etapa Palmas Sesc Triathlon, que reuniu mais de 300 triatletas oriundos dos estados de Amazonas, Bahia, Distrito Federal, Goiás, Pará, Paraíba, Paraná, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Tocantins. Apresentando um circuito contendo natação no lago, prova de pedal sobre a Ponte FHC e corrida pela orla da Praia da Graciosa.

Figura 11 – Prova IRONMAN 70.3 sobre a Ponte FHC



Fonte: IRONMAN BRASIL (2017).

Outro ponto relevante é a contribuição da obra de arte como cartão postal da cidade, principalmente à noite, que se tem uma vista da obra com suas pistas iluminadas mostrando o seu reflexo sobre o lago (Figura 12).

Figura 12 – Ponte FHC como cartão postal



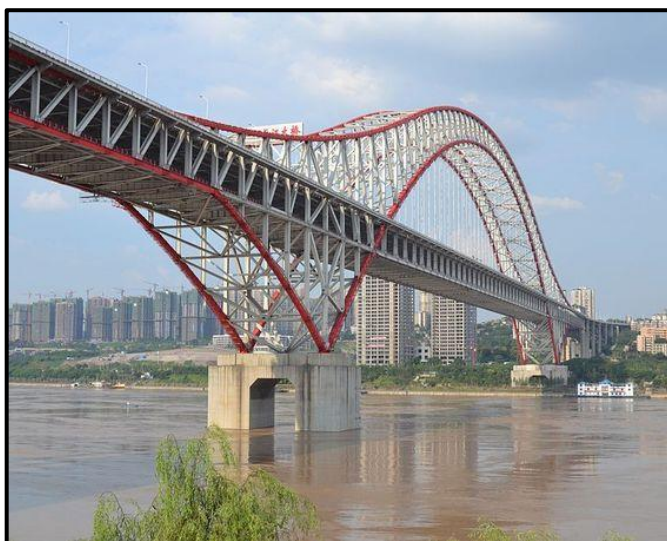
Fonte: Skyscrepaercity (2015).

Foto: Clovis Cruvinel

5 MODELOS ESTRUTURAIS DE PASSARELA METÁLICA

Segundo Fialho (2004), existem 5 tipos de sistema estruturais para passarela, sendo eles: arcos (Figuras 13, 14 e 15), vigas de alma cheia e pórticos, suspensas ou pênséis (Figuras 16 e 17), estaiadas (Figuras 18 e 19) e treliçadas. As treliçadas se subdividem em mais 4 tipos: Pratt, Howe, K e Warren.

Figura 13 – Ponte CHAOTIANMEN, China

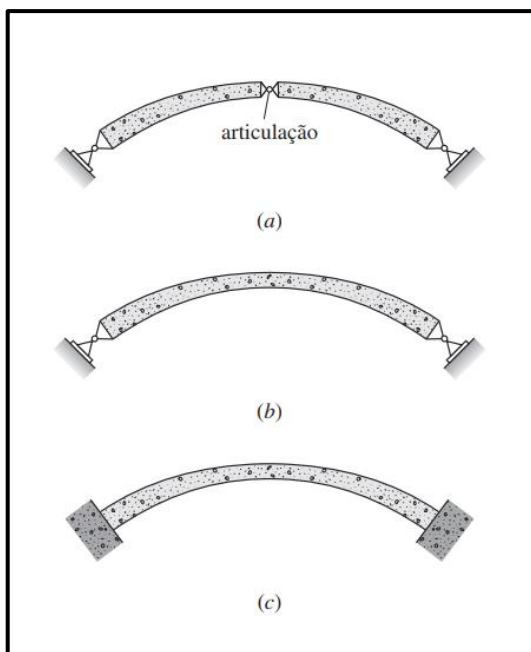


Fonte: Pinterest (2015).

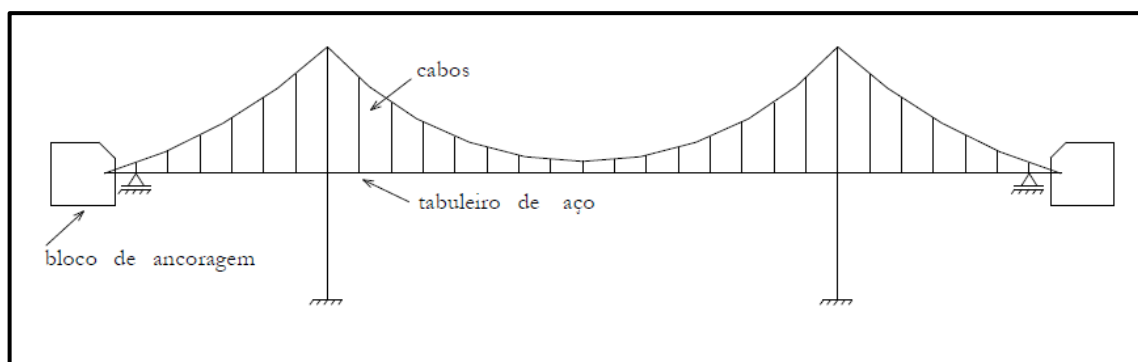
Figura 14 – Ponte em Arco Treliçado D. Maria Pia – Cidade do Porto - Portugal



Fonte: MARGARIDO, pg. 1 (2007).

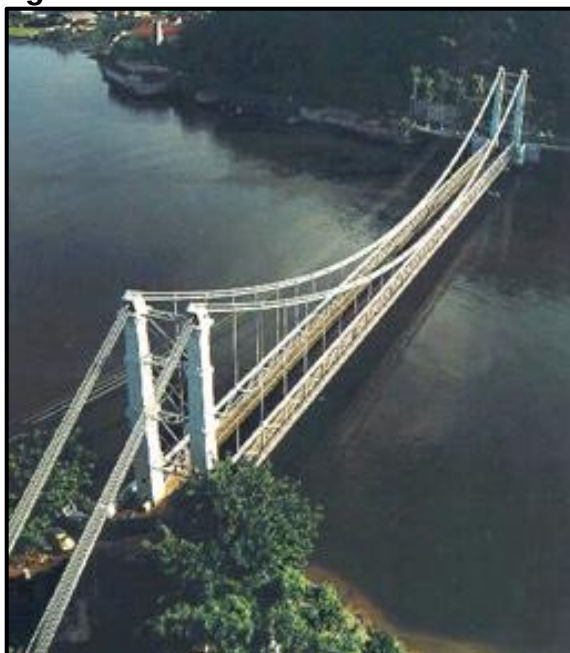
Figura 15 – Tipos de Arcos

Fonte: LEET, pg. 241 (2010).

Figura 16 – Estrutura pênsil

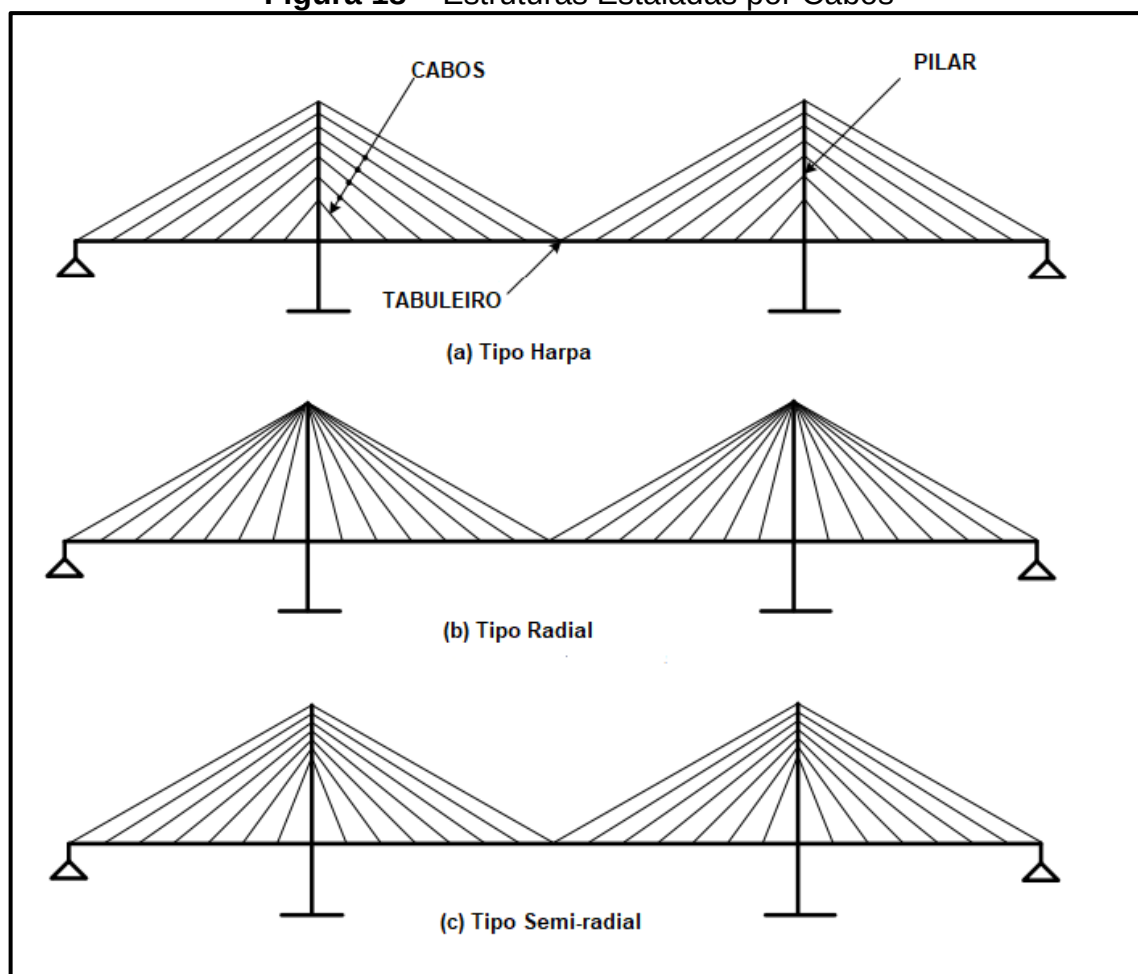
Fonte: STUCCHI, pág. 23 (2006).

Figura 17 – Ponte Pênsil em São Vicente



Fonte: MARGARIDO, pg. 4 (2007).

Figura 18 – Estruturas Estaiadas por Cabos



Fonte: ZARHANG, pag. 06 (2012).

Figura 19 – Ponte Estaiada da Normandia - França



Fonte: MARGARIDO, pg. 4 (2007).

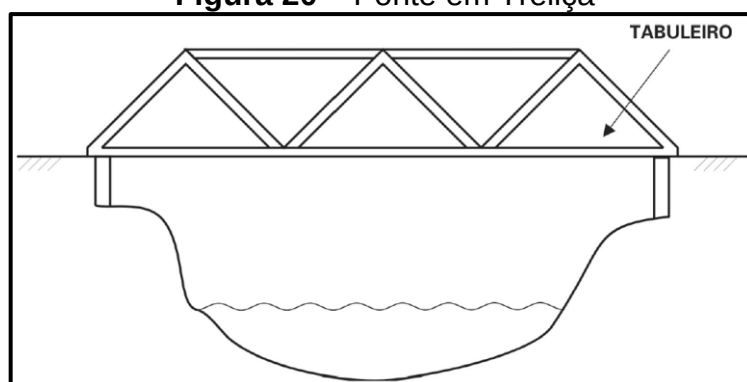
5.1 Sistema de Treliças

São barras retas conectadas entre si por nós, denominados rótulas. Essas rótulas são responsáveis pela não transferência de momentos de uma barra a outra deixando-as apenas com esforço axiais de tração e compressão. Outro fator que a possibilita ter apenas esforços axiais é em relação à aplicação das cargas, estas devem ser inseridas apenas nos nós, por cargas pontuais. Porém, essa situação não ocorre dessa forma, algumas cargas são linearmente distribuídas pela estrutura treliçada, tais como: peso próprio, cargas de ventos, cargas móveis, entre outras; o que ocorre é uma simplificação da modelagem para que tal situação – a de transferência de momentos – não ocorra (FIALHO, 2004)

Afim de facilitar modelagem, geralmente, as treliças são estruturas estaticamente determináveis, possuindo no mínimo dois apoios, sendo um deles do segundo gênero e o outro do primeiro gênero. Treliças estaticamente indeterminadas também são possíveis, tornam a estrutura mais leve, conseqüentemente mais econômica e com uma estética mais trabalhável. Outro ponto favorável à indeterminação é que permite a treliça ser construída por segmentos de balanços, permitindo a estrutura não ser escorada (FIALHO, 2004).

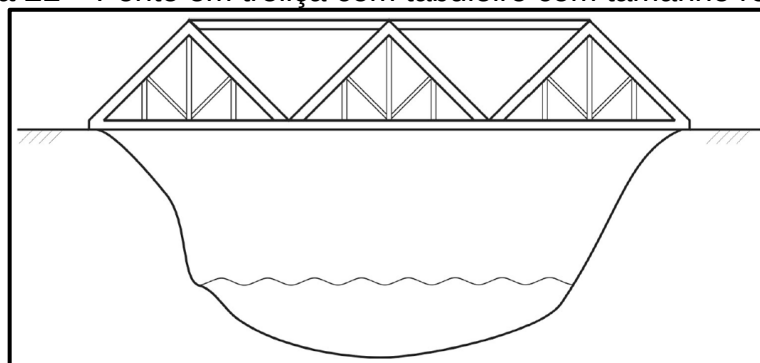
As treliças se dividem em outros dois grupos, as planas (Figuras 20 e 21) e as tridimensionais (Figura 22). Treliças planas são aquelas que resistem a esforços apenas em seu plano, em determinados casos há a necessidade de travamento em seus banzos para que a estrutura não sofra instabilidade por esforços de compressão – flambagens de suas barras (lateral, global, tem alguma outras). A partir do instante que a estrutura passa a receber esforços fora do seu plano principal, deixa de seguir o conceito de treliça, pois ocorre a geração de momento em suas barras, que são transmitidos aos nós até chegar aos apoios (FIALHO, 2004).

Figura 20 – Ponte em Treliça



Fonte: MARGARIDO, pg. 4, 2007.

Figura 21 – Ponte em treliça com tabuleiro com tamanho reduzido



Fonte: MARGARIDO, pg. 4 (2007).

Figura 22 – Espaço Cultural - Palmas - TO

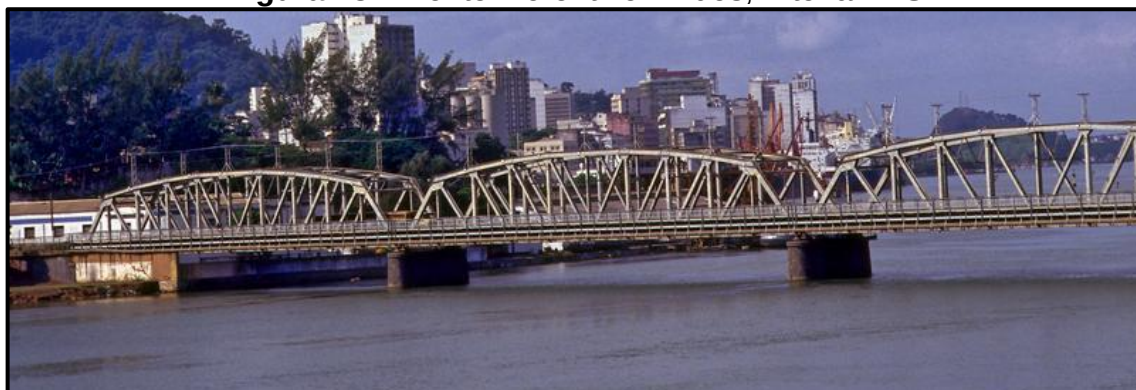


Fonte: Seinfra (2013).

As treliças não possuem apenas um modelo estrutural, cada modelo influencia no comportamento das forças axiais, podendo alternar o tipo de carregamento em cada barra (tração ou compressão), apenas mudando a orientação da mesma. A nomenclatura desse tipo de estrutura é em relação a quem às modificou, sendo algumas delas:

- a) Pratt: para a treliça com apoios no banzo superior, as barras se configuram de forma que as diagonais ficam tracionadas e montantes internos comprimidos; já para a estrutura com apoios no banzo inferior as diagonais e os montantes internos continuam tracionadas, porém os montantes internos ficam tracionados (Figura 23).

Figura 23 – Ponte Florentino Avidos, Vitória - ES



Fonte: Kimage (2012).

- b) Howe: tanto com apoios no banzo superior quanto no banzo inferior, as diagonais e os montantes apresentam o mesmo comportamento, sendo compressão e tração, respectivamente, o banzo superior é comprimido e o inferior é tracionado (Figura 24).

Figura 24 – Passarela HOWE, Praça Demetrius, Rio de Janeiro



Fonte: Journal Petit Efant (2014).

- c) K: a estrutura, como o próprio nome a explana, forma literalmente um K entre o banzo superior e inferior, as diagonais se encontram na metade dos montantes (Figura 25).

Figura 25 – Sivadal Bridge – Ponte em K



Fonte: GVG Consultants Pvt. Ltd. (2015)

- d) Warren, duplo Warren ou X: esse modelo há uma particularidade que se o conjunto de três barras formarem um triângulo isósceles não há a necessidade de montantes, pois o esforço na barra é nulo. Porém, caso as barras formem ângulos diferenciados é melhor o emprego de montantes, pois reduzem os esforços axiais nas demais barras. As diagonais descarregam nos nós esforços de tração e compressão

simultaneamente, porém, cada barra com um esforço, assim, o sistema se equilibra de forma mais simples, pois no mesmo nó há ações de sentidos contrários. Semelhante à treliça Howe, as cargas nos banzos superiores são de compressão e a escala também são parecidas, cerca de duas vezes maior, quando os apoios se alocam na parte inferior da estrutura. Outro ponto a ser relatado é quando a estrutura é formada por dois conjuntos isósceles, formando um X, apresenta esforços bem menores em suas diagonais, porém, nos banzos as cargas são semelhantes ao arranjo simples (Figuras 26 e 27).

Figura 26 – Passarela em treliça Warren, Av. Tancredo Neves, Salvador - BA



Fonte: Metalúrgica Universo (2016)

Figura 27 – Passarela em treliça Warren, Rodoanel, São Paulo - SP



Fonte: MARGARIDO, pg. 03 (2007).

Foto: Gerdau Açominas

6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

6.1 Software utilizado

O software utilizado para modelagem e dimensionamento da passarela é o CYPE 3D, versão 2016. O CYPE 3D é uma ferramenta que trabalha com elementos de barras que podem ser alocadas tridimensionalmente, possibilitando a inserção de cargas pré-estabelecidas, além das restrições de contorno, tais como: recalque, deslocabilidades laterais, restrição dos graus de liberdade dos apoios, entre outros.

Com origem na Espanha, o software trabalha tanto com o Sistema Internacional de Unidades e também possibilita ao usuário habilitar a unidade que está mais familiarizado a usar.

Para a análise da frequência da passarela será utilizado o SAP 2000 que é um software de análise estrutural e dinâmica, de estruturas lineares e não lineares, por elementos finitos.

6.2 Escolha do modelo estrutural da passarela

Uma vez que há a limitação da altura devido ao tabuleiro da ponte FHC descarta-se o uso da passarela em sistema pênsil e o sistema estaiado. Como o objetivo é aproximar o cidadão da lâmina d'água dispensa-se o modelo em arco, pois este se assemelha ao modelo já existente da ponte. Para vencer o vão de 120 m do vão central descarta-se o sistema de viga isostática, como demonstra o Quadro 1. Assim, o sistema treliçado é o mais indicado para a passarela, uma vez que, vence vãos entre 80 a 500 metros.

Quadro 1 – Comparativo dos sistemas estruturais

Forma	Vãos em metros
Viga isostática	15 a 40
Arco	80 a 200
Arco em aço	80 a 350
Treliça	80 a 500
Pênsil tabuleiro concreto	300 a 1200
Pênsil tabuleiro em aço	300 a 2000
Estaiada concreto	100 a 600
Estaiada em aço	100 a 2000

Fonte: MARGARIDO. pg. 01 (2007). Adaptado.

Entre as treliças, a do tipo Warren “por ter menor quantidade de barras é sempre mais econômica” (REBELLO, 2009, pg. 17), uma vez que, entre as diagonais e o banzo formem um triângulo isósceles, ou seja, os três ângulos internos de mesmo valor, 60° .

6.3 Pré-dimensionamento da passarela Warren

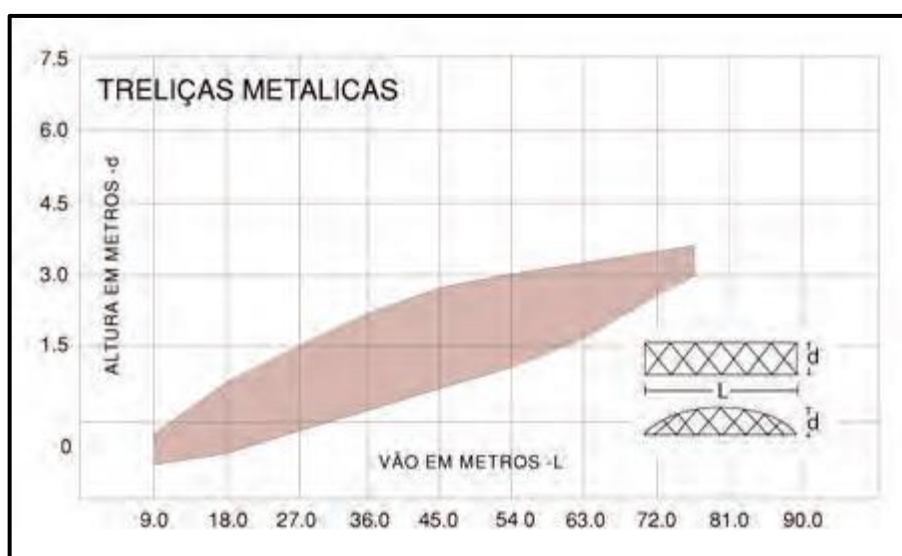
A ponte FHC possui três tipos de vãos característicos, entre eixos, sendo eles de 43,00 m (Figuras 30 e 31), 71,50 m (Figuras 32 e 33) e 120,00 m (vão central). O pré-dimensionamento foi para o vão de 71,50 m devido ser o maior vão fixo, uma vez que o vão de 120 m possuirá uma parte levadiça. Utilizando a forma empírica e por uso de gráfico.

A forma empírica, de acordo com Rebello (2009):

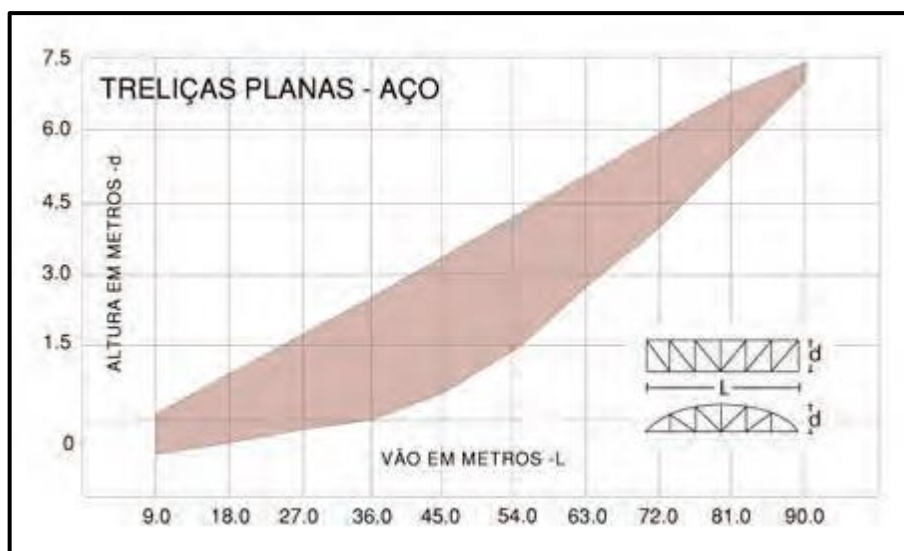
Quanto mais alta for a treliça, menores serão os esforços nas barras, mas, por outro lado, quando muito altas resultam num peso maior. As treliças mais econômicas são as que apresentam a relação entre altura da treliça e do vão compreendida entre $1/7$ e $1/10$. Em casos extremos podem ser utilizados valores entre $1/5$ e $1/15$, já não tão econômicos (REBELLO, 2009, pg. 18).

A leitura dos gráficos das Figuras 28 e 29 dar-se da seguinte forma: a treliça econômica deve estar contida dentro da área sombreada levando em consideração o comprimento do vão para determinar a sua altura.

Figura 28 – Pré-dimensionamento de treliça metálica

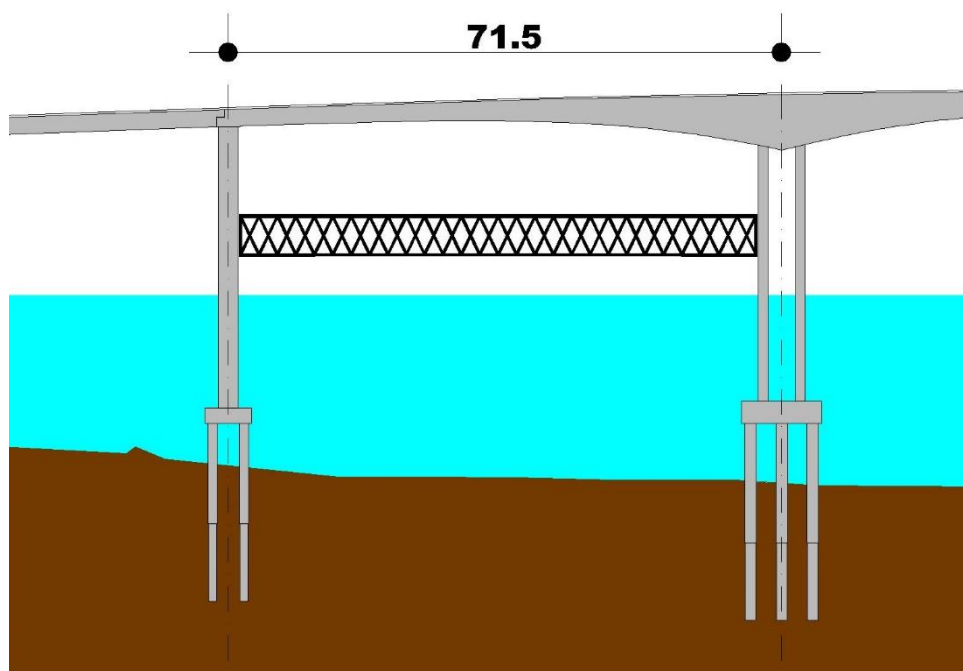


Fonte: REBELLO, pg. 19 (2009).

Figura 29 – Trelças planas em aço

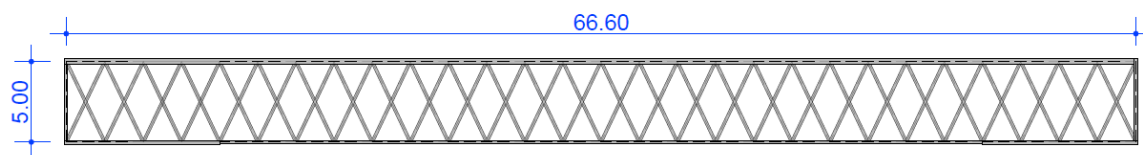
Fonte: REBELLO. pg. 19 (2009).

Sendo assim, a altura da treliça Warren, de acordo com a figura 29, para o vão de 71,5 m a sua altura será de 5 m, compreendido um comprimento de 66,60 m (deixando espaço para ser realizado um console de apoio).

Figura 30 – Vão intermediário

Fonte: Autor.

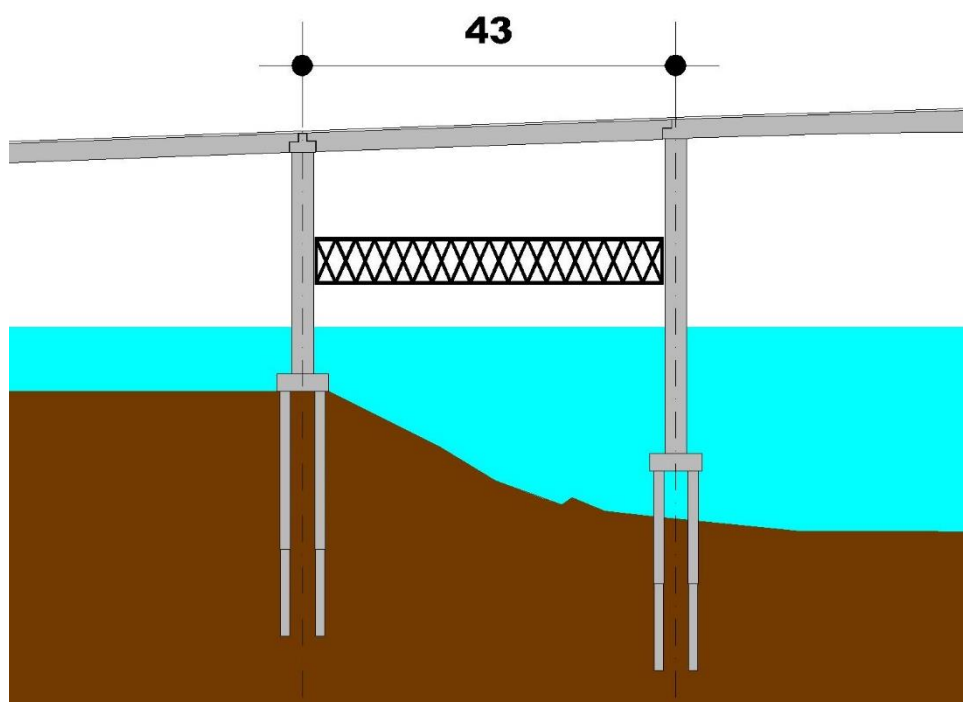
Figura 31 – Treliça vão intermediário



Fonte: Autor.

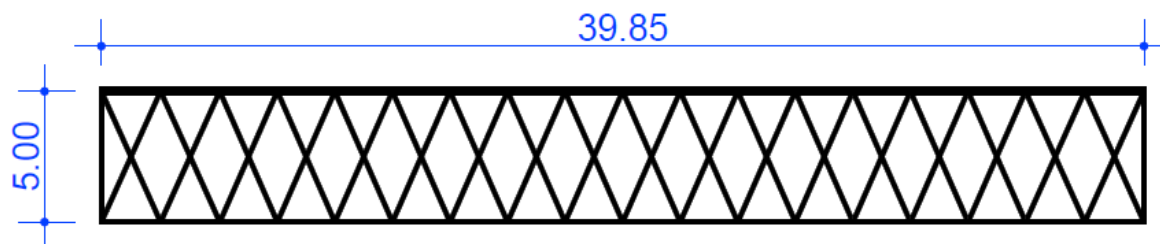
As demais seções estão demonstradas a seguir:

Figura 32 – Menor vão da ponte FHC



Fonte: Autor.

Figura 33 – Treliça menor vão



Fonte: Autor.

7 ESTADOS LIMITES

Alguns critérios devem ser definidos para o perfeito dimensionamento da passarela. Pelas normas NBR 14762/2010 e NBR 8800/2008, a segurança da estrutura, devido às combinações das cargas mais desfavoráveis (as que atingem maior valor por toda a sua vida útil), devem ser atendidos pelos estados limites últimos (ELU) e de serviço (ELS); causados pelas ações permanentes, ações variáveis e ações excepcionais. Caso as ações aplicadas excedam os critérios dos estados limites à estrutura não atende mais aos objetivos para qual foi projetada.

7.1 Estados Limites Últimos

As combinações de ações necessárias para o ELU da passarela devem estar enquadradas em um dos seguintes grupos:

- Combinações Últimas Normais

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k}) \quad (1)$$

Em que:

$F_{Gi,k}$: ações permanentes;

$F_{Q1,k}$ ação variável principal;

$F_{Qj,k}$ ações variáveis secundárias.

- Combinações Últimas Especiais

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j,ef} F_{Qj,k}) \quad (2)$$

Em que:

$F_{Q1,k}$ ação variável especial;

$\psi_{0j,ef}$ fator de combinação da ação variável que pode agir concomitante mente com a ação especial.

- Combinações Últimas Excepcionais

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + F_{Q,exc} + \sum_{j=1}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j,ef} F_{Qj,k}) \quad (3)$$

Em que:

$F_{Q,exc}$ ação excepcional;

7.2 Estados Limites de Serviço

As combinações de ações necessárias para o ELS da passarela devem estar enquadradas em um dos seguintes grupos:

Combinações quase permanentes de serviço:

$$F_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \sum_{j=1}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k}) \quad (4)$$

Em que:

$F_{Gi,k}$: ações permanentes;

$F_{Qj,k}$ ações variáveis.

Combinações frequentes de serviço:

$$F_{ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k}) \quad (5)$$

$F_{Gi,k}$: ações permanentes;

$F_{Q1,k}$ ação variável principal;

$F_{Qj,k}$ ações variáveis secundárias;

ψ_1 fator de combinação da ação variável principal;

ψ_{2j} fator de redução da ação variável secundária

8 AÇÕES

Devem-se considerar todas as ações que influenciam na análise estrutural de forma significativa.

Nas estruturas, atuam cargas de peso próprio (dos elementos que a constituem), cargas permanentes (oriundas do peso da laje, guarda corpos, entre outros) e ações dinâmicas ou variáveis (vento e multidão), e sobrecargas.

As ações de vento provocam vibrações nas estruturas, principalmente nas esbeltas, que dependendo da intensidade da carga, pode leva-la ao colapso (CHAMBERLAIN, s/d).

A carga de multidão define-se como a multidão de pequenos veículos passantes que acompanham os caminhões, sendo uma carga gravitacional, atuando de forma uniformemente distribuída tanto no tabuleiro como nos passeios (CALVALCANTI, 2004), que no caso trata-se da passarela.

8.1 Ações Permanentes

Estas são ações que ocorrem com valores constantes ou com crescimento periódico durante toda a vida útil da estrutura podendo ser divididas em ações permanentes diretas – relacionadas ao peso próprio, instalação e elementos construtivos fixos (no caso, peso próprio de guarda-corpo, quiosques, entre outros) – , e ações permanentes indiretas – são as ações predominantemente causadas pela retração e fluência do concreto, que não é o caso desta passarela.

8.1.1 Peso Próprio

O peso próprio da estrutura refere-se ao peso dos elementos constituintes da passarela, que será obtido com o lançamento no CYPE 3D (que já aplica os valores logo após a inserção das barras), facilitando a alteração dos valores dessa carga assim que houver uma troca do perfil.

8.1.2 Peso da laje

Com a finalidade de aumentar a rigidez da estrutura, será empregada no piso placas cimentícia armada cujo o peso específico é de 25 kN/m^3 , como descreve a NBR 6120/80 – Cargas para cálculo de estruturas de edificações, adotando uma espessura de 11 cm.

RP 1 – Laje: 2,75 kN/m²

8.1.3 Guarda-corpo

Com a finalidade de proteger o transeunte da passarela, se faz necessário o dimensionamento do guarda-corpo, obedecendo os critérios da NBR 14718/2001.

RP 2 – Guarda-corpo: 0,4 kN/m (ver Apêndice A)

8.2 Ações Variáveis

As ações variáveis são as que apresentam variações durante toda a vida útil da edificação decorrentes do uso e a ocupação como sobrecarga no piso da passarela, vento atuante, variação da temperatura, equipamentos, entre outros.

8.2.1 Carga Móvel

De acordo com a NBR 7188/2013, no item 6.1, para a atuação das cargas móveis sobre uma passarela, adota-se uma carga uniformemente distribuída, atuando como sobrecarga.

SC = 5,0 kN/m²

8.2.2 Carga Horizontal Excepcional

Afim de aliviar possíveis impactos sobre a passarela, deve-se considerar uma carga horizontal, no ponto mais desfavorável, de 100 kN, no sentido do tráfego – como a passarela para a ponte FHC possuirá os dois sentidos de tráfego em ambos os seus lados, essa verificação ocorrerá em ambos os sentidos.

Essa verificação não elimina a hipótese de colapso da estrutura por essa eventual colisão, de acordo com a NBR 7188/2013, item 6.2.

A = 100 kN

9 AÇÕES DE VENTO

As ações de vento se enquadram nas ações variáveis pois essas podem exercer diferentes valores sobre a estrutura durante um curto período de tempo. Que se faz necessário mensurar o seu valor a fim de não comprometer a estrutura devido a sua ação.

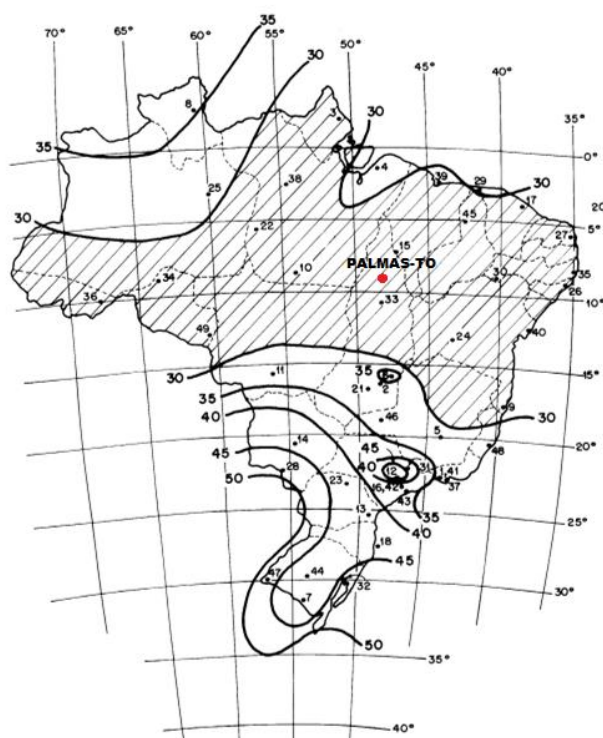
Chamberlain afirma que:

O vento não é um problema em construções baixas e pesadas com paredes grossas, porém em estruturas esbeltas passa a ser uma das ações mais importantes a determinar no projeto de estruturas. [...] A maioria dos acidentes ocorre em construções leves, principalmente de grandes vãos livres, tais como hangares, pavilhões de feiras e de exposições, pavilhões industriais, coberturas de estádios, ginásios cobertos (CHAMBERLAIN, s.d. p. 01).

9.1 Velocidade característica do vento

Sendo uma estrutura esbelta e extensa, com o maior vão possuindo 70 metros, necessita-se realizar os cálculos das ações de vento, para isso, determina-se a velocidade básica do vento (V_0) que é a velocidade de uma rajada de 3 segundos a ser excedida uma vez a cada 50 anos, que de acordo com as Isopletas é de 30 m/s (Figura 34).

Figura 34 – Isopletas da velocidade básica do Vento



Fonte: NBR 6123 (1998) (Adaptado).

Após a velocidade básica, classifica-se a estrutura referente a:

- a) Fator S_1 : fator topográfico, que de acordo com Pitta (2015) é o responsável por considerar as variações de relevo. Relevo este que é responsável pela aceleração ou diminuição da velocidade do vento, que de acordo com a Quadro 2 podem ser:

Quadro 2 – Fator Topográfico

Topografia	S_1
Terreno plano ou fracamente acidentado	1,0
Taludes e morros	NBR 6123
Vales profundos, protegidos do vento	0,9

Fonte: CHAMBERLAIN², pg. 28, 2013.

- b) Fator S_2 : fator que combina as condições de rugosidade do terreno, da variação da velocidade do vento com a altura acima do terreno e das dimensões da edificação ou de parte dela (PITTA, 2015). A rugosidade do terreno divide-se em 5 categorias, como mostra o Quadro 3. O Quadro 4 é classificação da edificação quanto aos intervalos de tempo para o cálculo da velocidade média da rajada de vento. As rajadas são de três, cinco e dez segundos, correspondendo às classes, A, B e C, respectivamente. O Fator pode ser obtido pela relação direta entre os valores definidos no Quadro 5, ou pela interpolação entre eles, levando em consideração as classificações dos Quadros 3 e 4 com a altura acima do nível geral do terreno (z), em ambos os métodos.

Quadro 3 – Classificação da rugosidade do terreno

Categoria	Descrição de rugosidade do local
I	Superfícies lisas, mar calmo, lagos e rios, pântanos sem vegetação (Figura 35).
II	Terrenos abertos em nível com poucos obstáculos isolados, tais como árvores e edificações baixas (zonas costeiras planas, pântanos com vegetação rala, campos de aviação, pradarias, fazendas sem sebes ou muros), sendo que a cota média do topo dos obstáculos é menor ou igual a 1,0 m (Figura 36).
III	Terrenos planos ou ondulados com obstáculos, tais como sebes e muros, granjas e casas de campo, fazendas com sebes e muros, subúrbios com casas baixas e esparsas (granjas e casas de campo, com exceção das partes com mata, subúrbios a considerável distância do centro). A cota média do topo dos obstáculos é considerada igual a 3 m (Figura 37).

Categoria	Descrição de rugosidade do local
IV	Terrenos cobertos por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona florestal, industrial ou urbanizada, zonas de parques e bosques, cidades pequenas, áreas industriais plenas, com cota média do topo dos obstáculos igual a 10m (Figura 38).
V	Terrenos cobertos por obstáculos numeroso, grandes, altos e pouco espaçados, florestas com árvores, com cota média do topo dos obstáculos igual ou superior a 25m (Figura 39).

Fonte: PITTA (adaptado), pg. 16 e 17, 2015.

Figura 35 – Rugosidade I – Lago da UHE de Lajeado



Fonte: Gazeta do Cerrado (2018).

Figura 36 – Rugosidade II – Produção agrícola em Mato Grosso do Sul



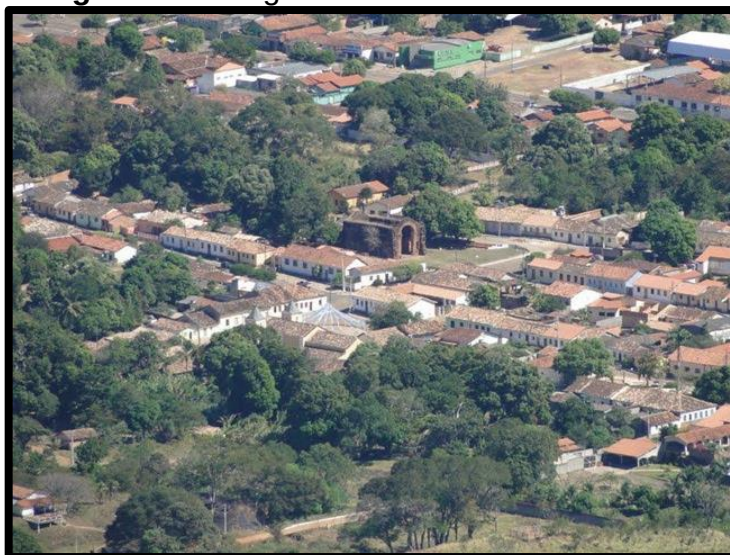
Fonte: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA-MS) (2016).

Figura 37 – Rugosidade III – Oberwil-Lieli, Suíça



Fonte: BBC News (2015).

Figura 38 – Rugosidade IV – Natividade – TO



Fonte: Bouquet de Cravos & Conchavos (2014).

Figura 39 – Rugosidade V – Goiânia – GO



Fonte: Diário de Goiás (2017).

Quadro 4 – Definição da classe da edificação

Dimensões da edificação	
Classe	Descrição
A	Todas as unidades de vedação, seus elementos de fixação e peças individuais de estruturas sem vedação. Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal não exceda 20 m.
B	Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.
C	Toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.

Fonte: CHAMBERLAIN², pg. 29 (2013)

Tabela 1 – Fator de Rugosidade S_z

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
<5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,83	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01

Fonte: CHAMBERLAIN², pg. 30 (2013).

- c) Fator Estatístico, S_3 : Considera o grau de segurança requerida e a vida útil da estrutura, para a probabilidade da rajada de vento V_0 , de duração de 3 segundos, venha a ser igualada ou excedida uma vez em 50 anos (PITTA, 2015). Pela classificação da estrutura em um dos cinco grupos tem-se o Quadro 6 e para outros níveis de probabilidade e períodos de ocorrência tem-se a Fórmula (6). Para valores típicos tem-se a Tabela 2.

Quadro 5 – Fator estatístico S_3

Grupo	Descrição	S_3
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiro e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para o comércio e indústria com alto índice de ocupação.	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo índice de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos a 1 a 3 durante construção	0,83

Fonte: CHAMBERLAIN², pg. 30 (2013).

$$S_3 = 0,54 \left[-\frac{\ln(1 - P_m)}{m} \right]^{-0,157} \quad (6)$$

Em que:

m Vida útil (anos);

P_m Nível de probabilidade.

Tabela 2 – Valores mínimos do fator S_3

m (anos)	Índice de probabilidade P_m					
	0,10	0,20	0,20	0,50	0,75	0,90
2	0,86	0,76	0,64	0,60	0,57	0,53
10	1,10	0,98	0,82	0,78	0,74	0,68
25	1,27	1,13	0,95	0,90	0,85	0,79
50	1,42	1,26	1,06	1,00	0,95	0,88
100	1,58	1,41	1,18	1,11	1,06	0,98
200	1,77	1,57	1,31	1,24	1,18	1,09

Fonte: PITTA, pg. 22 (2015).

Após a determinação dos fatores obtém-se a velocidade característica do vento (V_k) usada em projeto:

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \text{ (m/s)} \quad (7)$$

Para o trecho em que se comportará a passarela tem-se:

$V_0 = 30$ m/s (Velocidade básica do vento – isopletras);

$S_1 = 1,00$ (Terreno plano);

$S_2 = 1,06$ (Rugosidade do terreno I – rio; Classe C; $z = 10$ m)

$S_3 = 1,11$ (Índice de probabilidade 0,5; vida útil 100 anos)

Logo:

$$V_k = 35,30 \text{ m/s}$$

9.2 Pressão dinâmica

Assim, pode-se calcular o valor da pressão dinâmica do vento (q):

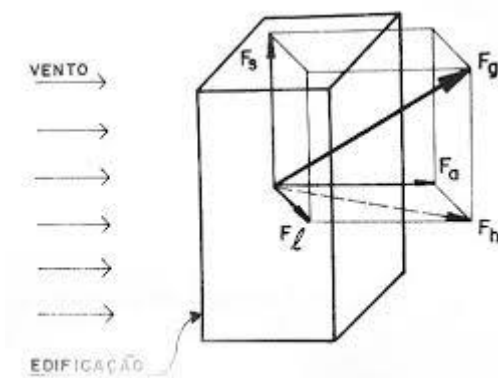
$$q = 0,613 \cdot V_k^2 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (8)$$

$$q = 0,764 \text{ kN/m}^2$$

9.3 Coeficiente de arrasto

Em estruturas que não apresentam fechamento lateral, a consideração de vento deve ser adotada em função do coeficiente de arrasto gerado pelos perfis expostos à ação do vento (CHAMBERLAIN, 2013). Em suma, “o coeficiente de arrasto é quando a componente da força global F_g tem a mesma direção do vento” (PITTA, 2015, pg. 32) (Figura 40).

Figura 40 – Forças aerodinâmicas sobre uma edificação



Fonte: PITTA, pg. 31 (2015).

Onde:

F_g	Força global;
F_l	Força lateral;
F_h	Força horizontal;
F_a	Força de arrasto;
F_s	Força de sustentação.

9.3.1 Barras prismáticas de faces planas

Para barras prismáticas de face plana a ação do vento se decompõe em duas forças, F_x e F_y , nos eixos ortogonais da barra, que levam em consideração a inclinação da ação do vento (Figura 41), que para estruturas simétricas são 0° , 45° e 90° , já para estruturas sem simetria regular a ação do vento deve ser considerada para todas as possíveis direções (CHAMBERLAIN, 2013).

Os cálculos das ações são realizados pelas seguintes formulas:

$$F_x = C_x \cdot q \cdot k \cdot l \cdot c \text{ (kN/m)} \quad (9)$$

$$F_y = C_y \cdot q \cdot k \cdot l \cdot c \text{ (kN/m)} \quad (10)$$

Onde:

$F_{x,y}$ Força de arrasto decomposta nas direções x e y do eixo da barra;

$C_{x,y}$ Coeficiente de força (Tabela 4);

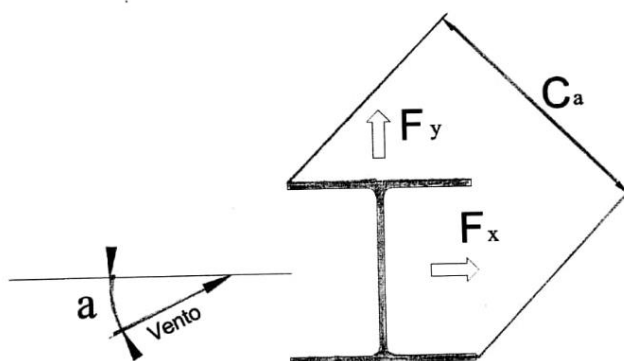
q Pressão dinâmica do vento (Fórmula 8);

k Fator de redução para barras prismáticas de comprimento finito (Tabela 3);

l Comprimento da barra prismática (mm);

c Largura da barra prismática na direção perpendicular ao vento (mm).

Figura 41 – Ações do vento em barras prismáticas de faces planas



Fonte: CHAMBERLAIN², pg. 39 (2013).

Tabela 3 - Valores do fator de redução, K, para barras de comprimento finito

l/c_e ou l/d	2	5	10	20	40	50	100	∞
Barras prismáticas de seção circular em regime subcrítico ($Re < 4,2 \cdot 10^5$)	0,58	0,62	0,68	0,74	0,82	0,87	0,98	1,0
Barras prismáticas de seção circular em regime acima do crítico ($Re \geq 4,2 \cdot 10^5$)	0,80	0,80	0,82	0,90	0,98	0,99	1,0	1,0
Barras prismáticas de faces planas	0,62	0,66	0,69	0,81	0,87	0,90	0,95	1,0

Fonte: NBR 6123, pg. 25 (1988).

Tabela 4 – Coeficiente de força, C_x e C_y , para barras prismáticas de faces planas de comprimento finito

α	C_x	C_y	C_x	C_y	C_x	C_y	C_x	C_y	C_x	C_y	
0°	+1,9	+0,95	+1,8	+1,8	+1,75	+0,1	+1,6	0			
45°	+1,8	+0,8	+2,1	+1,8	+0,85	+0,85	+1,5	-0,1			
90°	+2,0	+1,7	-1,9	-1,0	+0,1	+1,75	-0,95	+0,7			
135°	-1,8	-0,1	-2,0	+0,3	-0,75	+0,75	-0,5	+1,05			
180°	-2,0	+0,1	-1,4	-1,4	-1,75	-0,1	-1,5	0			
α	C_x	C_y	C_x	C_y	C_x	C_y	C_x	C_y	C_x	C_y	
0°	+2,0	0	+2,5	0	+1,4	0	+2,05	0			
45°	+1,2	+0,9	+1,85	+0,6	+1,2	+1,6	+1,95	+0,6			
90°	-1,6	+2,15	0	+0,6	0	+2,2	+0,5	+0,9			
135°	-1,1	+2,4	-1,6	+0,4	-	-	-	-			
180°	-1,7	$\pm 2,1$	-1,8	0	-	-	-	-			
α	C_x	C_y	C_x	C_y	C_x	C_y	C_x	C_y	C_x	C_y	
0°	+1,6	0	+2,0	0	+2,1	0	+2,0	0			
45°	+1,5	+1,5	+1,8	+0,1	+1,4	+0,7	+1,55	+1,55			
90°	0	+1,9	0	+0,1	0	+0,75	0	+2,0			

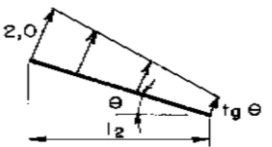
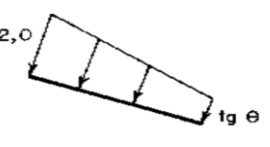
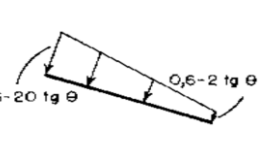
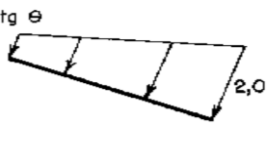
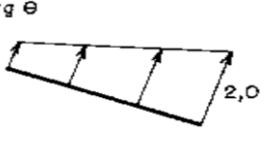
Fonte: NBR 6123, pg. 25 (1988).

9.4 Ação do vento em coberturas isoladas e águas planas

Em estruturas em que não há a presença de fechamentos laterais e a cobertura esteja apoiada sobre suportes de reduzidas dimensões (em barras, por exemplo), não oferecendo obstáculo significativo para o fluxo de ar, dar-se a denominação de coberturas isoladas, pois a ação do vento incide diretamente sobre a mesma.

Para a determinação das ações no piso é necessário que a estrutura atenda às condições da Tabela 5.

Tabela 5 – Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a uma água plana

Vento	1º Carregamento	2º Carregamento	
	$0 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,7$	$0 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,2$	$0,2 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,3$
→			
←			

Fonte: NBR 6123, pg. 34 (1988).

Assim, para a inclinação (θ) de 0° temos para o piso os seguintes coeficientes:

- Primeiro carregamento: 2,0;
- Segundo carregamento: 2,0.

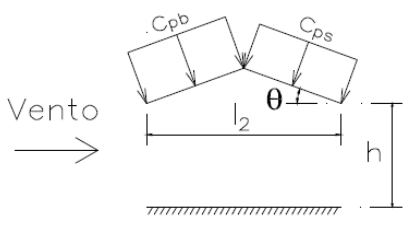
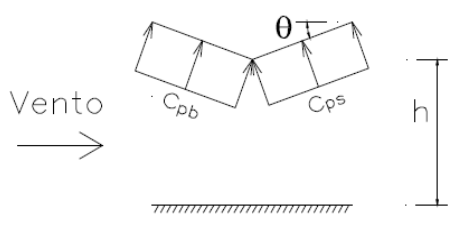
Então, para as ações de vento no piso temos:

$$F = c.q \text{ (kN/m)} \quad (11)$$

$$F=1,53 \text{ kN/m}^2$$

Para a determinação das ações nas coberturas é necessário que a estrutura atenda às condições das Tabelas 6.

Tabela 6 – Coeficiente de pressão em coberturas isoladas a duas águas planas simétricas

Coeficientes	Primeiro carregamento		Segundo carregamento	
	$0,07 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,4$	$0,4 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,6$	$0,07 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,4$	$0,4 \leq \operatorname{tg} \theta \leq 0,6$
C_{pb}	$2,4 \cdot \operatorname{tg} \theta + 0,6$	$2,4 \cdot \operatorname{tg} \theta + 0,6 \leq 2,0$	$0,6 \cdot \operatorname{tg} \theta - 0,74$	$6,5 \cdot \operatorname{tg} \theta - 3,1$
C_{ps}	$3,0 \cdot \operatorname{tg} \theta - 0,5$	$+0,7$	$-1,0$	$5,0 \operatorname{tg} \theta - 3,0$
Sentindo positivos dos coeficientes de pressão				

Fonte: NBR 6123, pg. 34 (1988).

Onde:

H é a altura entre o piso e a aresta mais baixa da cobertura;

l_2 é a profundidade da cobertura;

θ é o ângulo de inclinação da cobertura.

10 DIMENSIONAMENTO DE PERFIS

A norma que estabelece os critérios de dimensionamento para perfis formados a frio é a NBR 14762/2010 e para perfis laminados é a NBR 8800/2008 que determina a verificação das resistências aos esforços axiais de tração e compressão, aos de flexão simples e cisalhamento, como também a atuação desses esforços combinados, para ser estabelecida a segurança da estrutura.

Como a passarela a ser modelada será em sistema treliçado, ou seja, atuando apenas esforços axiais, o dimensionamento será apenas para esforços de tração e compressão.

10.1 Barras submetidas á força axial de tração

As peças tracionadas devem ser dimensionadas verificando o escoamento da seção bruta – o dimensionamento pela ruptura na área líquida não será abordada nesse trabalho, uma vez que não será dimensionada as ligações para a estrutura treliçada –, com a seguinte condição:

$$N_{t,Sd} \leq N_{t,Rd} \quad (12)$$

Onde:

$N_{t,Sd}$ é a força axial de tração solicitante de cálculo;

$N_{t,Rd}$ é a força axial de tração resistente de cálculo.

Sendo o escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_y / \gamma \quad (\gamma = 1,10) \quad (13)$$

Onde:

A é a área bruta da seção transversal da barra;

f_y é a resistência ao escoamento do aço;

γ é o coeficiente de ponderação da resistência do aço.

10.2 Barras submetidas á força axial de compressão

No dimensionamento à compressão deve ser atendida a seguinte condição:

$$N_{c,Sd} \leq N_{c,Rd} \quad (14)$$

Onde:

$N_{c,Sd}$ é a força axial de compressão solicitante de cálculo;

$N_{c,Rd}$ é a força axial de compressão resistente de cálculo.

A força axial de compressão resistente de cálculo $N_{c,Rd}$, levando em consideração apenas a flambagem global deve ser calculada por:

$$N_{c,Rd} = \chi Q A_g f_y / \gamma_{al} \quad (\gamma_{al} = 1,20) \quad (15)$$

Onde:

A_g é a área efetiva da seção transversal da barra;

Q é o fator de redução total associado a flambagem local;

χ é o fator de redução da força axial de compressão resistente, associado à flambagem global, calculado conforme indicado a seguir;

$$\text{para } \lambda_0 \leq 1,5: \chi = 0,658^{\lambda_0^2} \quad (16)$$

$$\text{para } \lambda_0 > 1,5: \chi = \frac{0,877}{\lambda_0^2} \quad (17)$$

Sendo:

$$\lambda_0 = \left(\frac{Q A f_y}{N_e} \right)^{0,5} \quad (18)$$

Onde:

N_e é a força axial de flambagem global elástica;

λ_0 é o índice de esbeltez reduzido associado à flambagem global, dado por:

A é a área bruta da seção transversal da barra.

10.3 Barras submetidas a momento fletor e esforço cortante

No dimensionamento ao momento fletor deve ser atendida a seguinte condição:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd} \quad (19)$$

M_{Sd} é o momento fletor solicitante de cálculo;

M_{Rd} é o momento fletor resistente de cálculo.

No dimensionamento ao esforço cortante deve ser atendida a seguinte condição:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd} \quad (20)$$

V_{Sd} é o esforço cortante solicitante de cálculo;

V_{Rd} é o esforço cortante resistente de cálculo.

11 MATERIAIS

Os materiais utilizados para o dimensionamento da passarela estão indicados nos Quadros 6, 7 e 8.

Quadro 6 – Aços Estruturais

Elementos Estruturais	Classes de resistência
Chapas e perfis laminados	A - 572
Chapas e perfis dobrados	CF - 26

Fonte: Autor

Quadro 7 – Principais características do Aço em perfis laminados

Características do aço A – 572	
f_y	345 MPa
f_u	450 MPa
E	200 GPa
G	77 GPa
ν_s	0,3
γ	78,5 kN/m ³

Fonte: Autor

Quadro 8 – Principais características do Aço em perfis dobrados

Características do aço A – 36	
f_y	260 MPa
f_u	410 MPa
E	200 GPa
G	77 GPa
ν_s	0,3
γ	78,5 kN/m ³

Fonte: Autor

Em que:

f_y Tensão de escoamento;

f_u Tensão de ruptura

E Módulo de elasticidade;

G Módulo de elasticidade transversal;

ν_s Coeficiente de *Poisson*;

γ Peso específico.

12 PLANO DE COBERTURA

12.1 Perfis

Para o dimensionamento das terças foi adotado o perfil de aço dobrado do tipo C enrijecido CR 127 x 50 x 17 x 2,66 por atender os critérios de resistência, flambagem e flecha.

12.2 Ações e combinações nas terças

O Quadro 9 demonstra as ações utilizadas para o dimensionamento dos perfis da estrutura da cobertura e de acordo com o software Cype 3D o Quadro 10 demonstra as combinações que apresentaram maiores valores de ações para o dimensionamento dos perfis.

Quadro 9 – Ações atuantes

Cargas		
PP (Peso Próprio)	de acordo com cada perfil	
RP3 (Peso da Telha)	0,06 kN/m ²	
SC1 (Sobrecarga de Multidão)	5 kN/m ²	
A2 (Carga Acidental Homem)	1 kN	
V7 (Vento Cobertura 1º Carregamento)	Cpb	Cps
	0,65 kN/m ²	-0.14 kN/m ²
V8 (Vento Cobertura 2º Carregamento)	Cpb	Cps
	-0,68 kN/m ²	-0.76 kN/m ²

Fonte: Autor

Quadro 10 – Combinações para terças

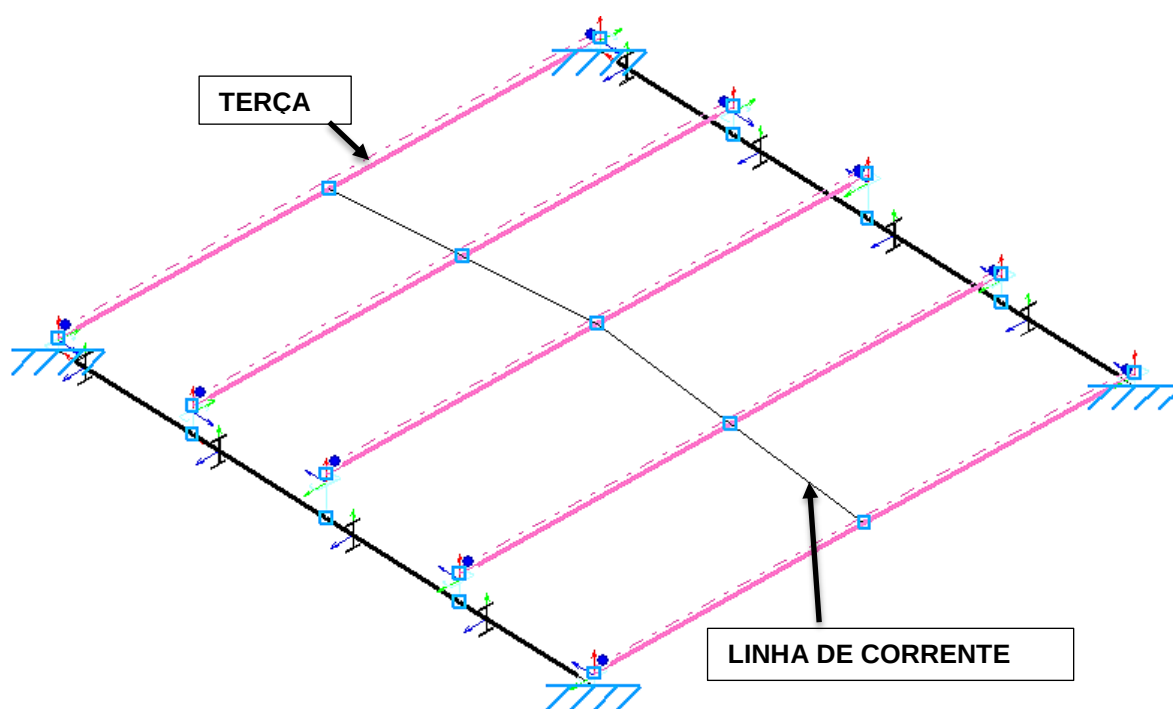
Combinação	
1	1.4·PP+1.4·RP3+1.5·SC2
2	PP+RP3+1.4·V7
3	PP+RP3+1.4·V8

Fonte: Autor

12.3 Disposição da terça de cobertura

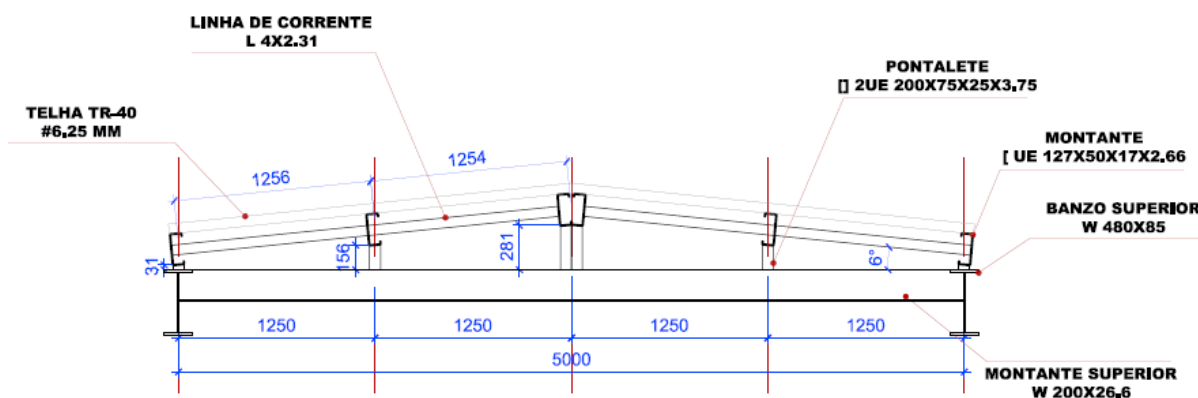
A disposição do perfil foi realizada conforme a inclinação de 10%. Para isso, foi calculado o ângulo de rotação da terça a partir da inclinação adotada e da distância da metade do vão conforme (Figuras 42, 43 e 44).

Figura 42 – Plano de cobertura

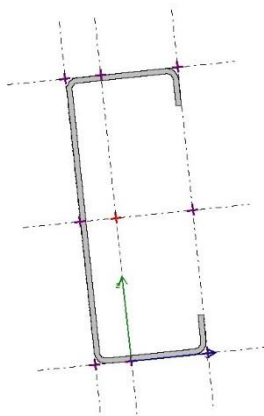


Fonte: Autor

Figura 43 – Corte plano de cobertura



Fonte: Autor

Figura 44 – Disposição da terça no plano de cobertura

Fonte: Autor

12.4 Flecha limite

A flecha máxima relativa para o plano XZ foi adotada conforme o Quadro 11.

Quadro 11 – Flechas limites terças de cobertura

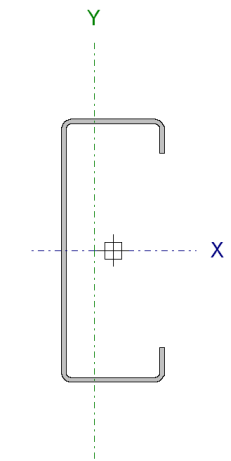
Descrição	δ^a
- Travessas de fechamento	$L/180^b$
	$L/120^{cd}$
- Terças de cobertura ^{g)}	$L/180^e$
	$L/120^f$

Fonte: NBR 14762 (2010)

12.5 Dados do perfil dimensionado

Do resultado do dimensionamento tem-se os Quadros 12 e 13.

Quadro 12 – Dados do perfil calculado

	Elemento:	Terça					
	Perfil:	C127X50X17X2.66					
	Material:	Aço (CF-26)					
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
	N11	N24	4,8	6.47	157.36	21.50	0.15
				Flambagem		Flambagem Lateral	
				Eixo - X	Eixo - Y	Eixo - X	Eixo - Y
	β: Coeficiente de Flambagem			1.00	0.50	1.00	0.50
	Lk: Comprimento de Flambagem			4.80	2.40	4.80	2.40
	Cb: Fator de modificação para momento crítico					1.00	

Fonte: Autor

Quadro 13 – Relação entre esforços (Resistente/Solicitante) das terças de cobertura

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	I	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _c M _x M _y	N _t M _x M _y	M _t	
N11/N24	(b _w /t) < 500 (b _t /t) < 60 Verifica	I _{xx} < 200 I _{yy} < 200 Verifica	η = 0.1	η = 0.1	η = 63.4	N.P.	η = 0.4	η = 4.7	η = 15.9	N.P. ⁽²⁾	η = 44.9	η = 65.0	N.P.	VERIFICA η = 65.0

Anotação:

b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura

I: Limitação de esbeltez

N_t: Resistência à traçãoN_c: Resistência à compressãoM_x: Resistência à flexão eixo XM_y: Resistência à flexão eixo YV_x: Resistência ao esforço cortante XV_y: Resistência ao esforço cortante YM_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinadosM_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinadosN_cM_xM_y: Resistência à flexo-compressãoN_tM_xM_y: Resistência à flexo-traçãoM_t: Resistência à torção

x: Distância à origem da barra

h: Coeficiente de aproveitamento (%)

N.P.: Não procede

Fonte: Autor

13 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DA PASSARELA

13.1 Ações

O Quadro 14 demonstra as ações utilizadas para o dimensionamento dos perfis da estrutura da passarela

Quadro 14 – Ações atuantes

Cargas		
PP (Peso Próprio)	de acordo com cada perfil	
RP1 (Peso da Laje)	2,75 kN/m ²	
RP2 (Peso Guarda Corpo)	0,4 kN/m	
RP3 (Peso da Telha)	0,06 kN/m ²	
RP4 (Peso da Terça)	0,05 kN/m	
SC1 (Sobrecarga de Multidão)	5 kN/m ²	
A1 (Carga Acidental Excepcional)	100 kN	
V1 (Vento Piso 1º Carregamento)	1,53 kN/m ²	
V2 (Vento Piso 2º Carregamento)	-1,53 kN/m ²	
V3 (V0 Arrasto X)	ver Apêndice C	
V4 (V0 Arrasto Y)	ver Apêndice C	
V5 (V90 Arrasto X)	ver Apêndice C	
V6 (V90 Arrasto Y)	ver Apêndice C	
V7 (Vento Cobertura 1º Carregamento)	Cpb	Cps
	0,65 kN/m ²	-0.14 kN/m ²
V8 (Vento Cobertura 2º Carregamento)	Cpb	Cps
	-0,68 kN/m ²	-0.76 kN/m ²

Fonte: Autor

13.2 Coeficientes de combinação

O Quadro 15 mostra os coeficientes de combinações para cada ação atuante.

Quadro 15 – Coeficientes de combinações

Coeficientes de combinações				
	Coeficientes parciais (g)		Coeficientes (y)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (y _p)	Acompanhamento (y _a)
PP – Peso Próprio (G)	1.00	1.40		
RP 1 – Peso Laje (G)	1.00	1.40		
RP 2 – Peso Guarda-corpo (G)	1.00	1.40		
RP 3 – Peso Telha (G)	1.00	1.40		
RP 4 – Peso Terça (G)	1.00	1.40		

Coeficientes de combinações				
	Coeficientes parciais (g)		Coeficientes (y)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (y_p)	Acompanhamento (y_a)
SC 1 – Sobrecarga Piso (Q)	0.00	1.50	1.00	0.70
SC 2 – Sobrecarga Cobertura (Q)	0.00	1.50	1.00	0.80
A1 – Acidental Excepcional (Q)	0.00	1.50	1.00	0.50
A1 – Acidental Homem Cobertura (Q)	0.00	1.50	1.00	0.50
V1 – Vento Piso 1º Carregamento	0.00	1.40	1.00	0.60
V2 – Vento Piso 2º Carregamento	0.00	1.40	1.00	0.60
V3 – V0 Arrasto X	0.00	1.40	1.00	0.60
V4 – V0 Arrasto Y	0.00	1.40	1.00	0.60
V5 – V90 Arrasto X	0.00	1.40	1.00	0.60
V6 – V90 Arrasto Y	0.00	1.40	1.00	0.60
V7 – Vento – Primeiro Carregamento Cobertura (Q)	0.00	1.40	1.00	0.60
V8 – Vento – Segundo Carregamento Cobertura (Q)	0.00	1.40	1.00	0.60

Fonte: Autor

De acordo com o software Cype 3D o Quadro 16 demonstra as combinações que apresentaram maiores valores de ações para o dimensionamento dos perfis.

Quadro 16 – Combinações para passarela

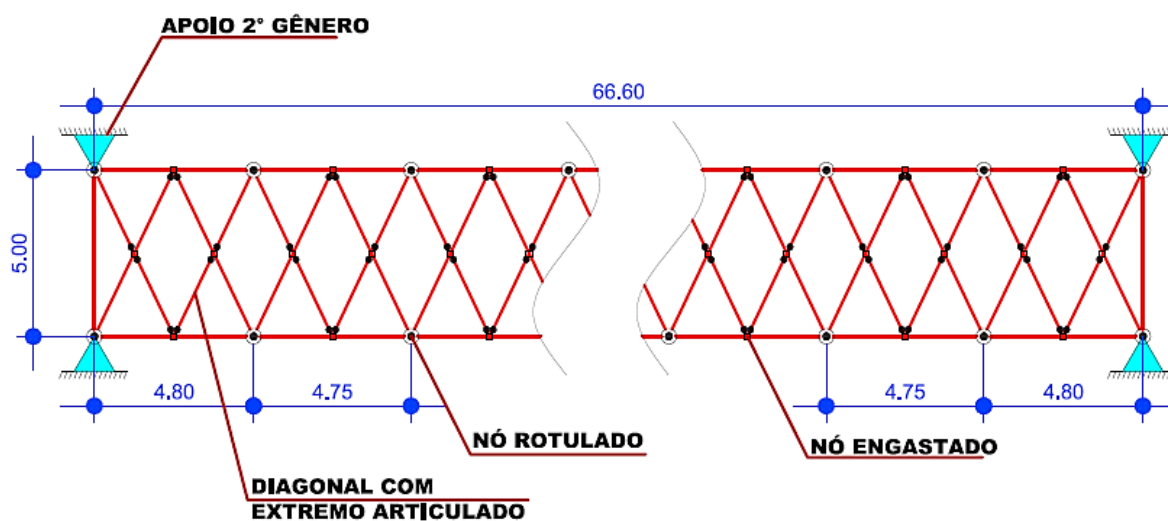
Combinação	
1	PP+RP1+RP2+RP3+RP4+1.4·V3
2	1.4·PP+1.4·RP1+RP2+RP3+RP4+1.5·SC1
3	1.4·PP+1.4·RP1+1.4·RP2+1.4·RP3+1.4·RP4+1.5·SC1+1.5·SC2+1.12·V7
4	PP+RP1+RP2+RP3+RP4+1.4·V8
5	1.3·PP+ RP1+RP2+RP3+RP4+A1
6	PP+RP1+RP2+RP3+RP4+1.4·V5
7	1.4·PP+1.4·RP1+RP2+RP3+RP4+1.5·SC1+1.5·SC2

Fonte: Autor

13.3 Modelo estrutural

Como trata-se de uma treliça, os nós dos modelos foram adotados roturados (não transferindo momentos) a cada 4,80m (extremidade) e a cada 4,75 m (intermediário), em que, entre eles, há o cruzamento de diagonais. As diagonais se encontram em nós rotulados e em nós engastado (que ficam ao meio dos 4,80 m e 4,75m), sendo aos nós engastados, as barras ficam rotulados nos extremos, para que não seja transferido momentos. Os apoios foram adotados de segundo gênero visando aliviar as reações das ligações de apoio que transferirão os esforços aos pilares (Figura 45)

Figura 45 – Modelo estrutural



Fonte: Autor

13.4 Dados dos perfis dimensionados

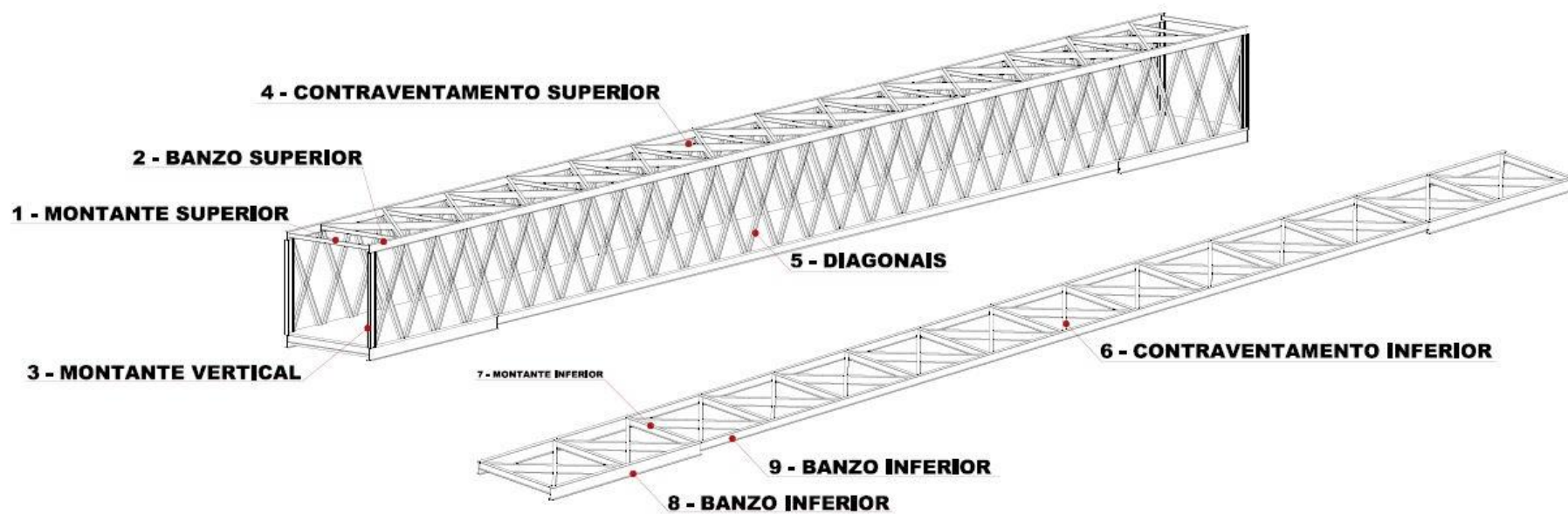
A flecha máxima relativa para o plano XZ foi adotada conforme o Quadro 17. A Figura 46 mostra a disposição dos perfis e o Quadro 18 tem-se a relação dos esforços atuantes nas barras e a suas respectivas verificações.

Quadro 17 – Flechas

Barra	Flecha Limite	Aproveitamento da flecha
Montante Superior	$L/250$	37,47%
Banzo Superior	$L/250$	4,71%
Montante Inferior	$L/350$	73,62%
Banzo Inferior	$L/350$	4,47%

Fonte: Autor

Figura 46 – Disposição dos elementos da passarela



Fonte: Autor

Quadro 18 – Relação entre esforços (Resistente/Solicitante)

Perfil	Barra		VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 8800:2008)									Estado
			λ	N_t	N_c	M_x	M_y	V_x	V_y	NM_xM_y	$\sigma \tau f$	
W200x15	1	Montante Superior	N.P.	$\eta = 12.9$	N.P.	$\eta = 20.9$	N.P.	N.P.	$\eta = 4.2$	$\eta = 25.8$	N.P. ⁽⁷⁾	$\eta = 25.8$
W410X85	2	Banzo Superior	N.P.	$\eta = 75.2$	N.P.	$\eta = 0.9$	N.P.	N.P.	$\eta = 0.8$	$\eta = 75.3$	N.P. ⁽⁷⁾	$\eta = 75.3$
W410X85	3	Montante Vertical	$\lambda < 200$	$\eta = 0.1$	$\eta = 0.2$	N.P.	N.P.	N.P.	N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁶⁾	$\eta = 0.2$
W360X44	4	Contraventamentos Superior	$\lambda < 200$	N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 39.7$	$\eta = 4.9$	N.P.	N.P.	$\eta = 0.5$	$\eta = 43.6$	N.P. ⁽⁶⁾	$\eta = 43.6$
W410X85	5	Diagonais	$\lambda < 200$	N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 81.5$	$\eta = 4.8$	N.P.	N.P.	$\eta = 2.7$	$\eta = 85.6$	N.P. ⁽⁶⁾	$\eta = 85.6$
W410X85	6	Contraventamentos Inferior	$\lambda < 200$	N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 81.8$	$\eta = 2.7$	N.P.	N.P.	$\eta = 0.4$	$\eta = 84.1$	N.P. ⁽⁶⁾	$\eta = 84.1$
W360X72	7	Montante Inferior	$\lambda < 200$	N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 26.2$	$\eta = 56.4$	N.P.	N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 23.3$	$\eta = 76.3$	N.P. ⁽⁶⁾	$\eta = 76.3$
W610X140	8	Banzo Inferior	$\lambda < 200$	N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 55.1$	$\eta = 5.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.0$	$\eta = 60.0$	$\eta = 2.9$	$\eta = 69.88$
W410X85	9	Banzo Inferior	$\lambda \leq 200.0$	$\eta = 0.2$	$\eta = 22.8$	$\eta = 22.8$	N.P.	N.P.	$\eta = 1.7$	$\eta = 28.0$	N.P.	$\eta = 28.0$

Anotação:

 λ : Limitação do índice de esbeltez N_t : Resistência à tracção N_c : Resistência à compressão M_x : Resistência à flexão eixo X M_y : Resistência à flexão eixo Y V_x : Resistência ao esforço transversal X V_y : Resistência ao esforço transversal Y NM_xM_y : Resistência ao esforço axial e flexão combinados $\sigma \tau f$: Resistência a interações de esforços e momento de torção

x: Distância à origem da barra

 η : Coeficiente de aproveitamento (%)

N.P.: Não procede

Fonte: Autor

14 QUANTITATIVO

Levando em consideração a extensão de 1.042 metros da ponte, os quadros 19 e 20 demonstram a quantidade de materiais necessários para a montagem das passarelas assim como a superfície de pintura das mesmas, respectivamente. Não foram considerados na contagem a quantidade em relação às ligações e apoios.

Quadro 19 – Resumo de materiais

Material		Perfil	Comprimento (m)	Volume (m³)	Peso (kg)
Tipo	Designação				
Aço laminado	A-572 345MPa	W 200 X 15	2.630,00	5,11	40.052,48
		W 250 X 32.7	19.016,51	80,08	628.466,88
		W 360 X 44	5.200,22	30,01	235.541,50
		W 360 X 72	2.400,00	21,93	172.009,42
		W 410 X 85	14.349,77	155,84	1.223.331,58
		W 610 X 140	152,80	2,74	21.506,72
		Sub-Total	43.749,30	295,72	2.320.908,58
Aço enformado	CF-26	C200X75X25X3.75	868,00	1,30	9.582,72
		C127X50X17X2.66	7.679,00	4,83	39.018,56
		C127X50X17X2.66, Duplo em I união soldada	1.919,75	2,60	19.509,00
		L 4x2.31	2.180,85	0,43	5.025,72
		Sub-Total	12.647,60	9,17	73.136,00
Total			56.396,90	304,89	2.394.044,58

Fonte: Autor

Quadro 20 – Superfície de pintura

Perfil	Superfície unitária (m²/m)	Comprimento (m)	Superfícies (m²)
W 200 X 15	36,39	2.630,00	2.081,38
W 250 X 32.7	50,05	19.016,51	20.686,16
W 360 X 44	63,70	4.782,70	6.609,78
W 360 X 72	68,45	2.817,52	4.133,49
W 410 X 85	70,66	14.349,77	22.044,13
W 610 X140	8,51	152,80	325,13
Sub-Total			55.880,07
C200X75X25X3.75	328,97	868,00	657,51
C127X50X17X2.66	213,53	7.679,00	3.778,50
C127X50X17X2.66, Duplo em I união soldada	325,93	1.919,75	1.442,35
L 4x2.31	67,27	2.180,85	337,65
Sub-Total			6.216,01
Total			62.096,08

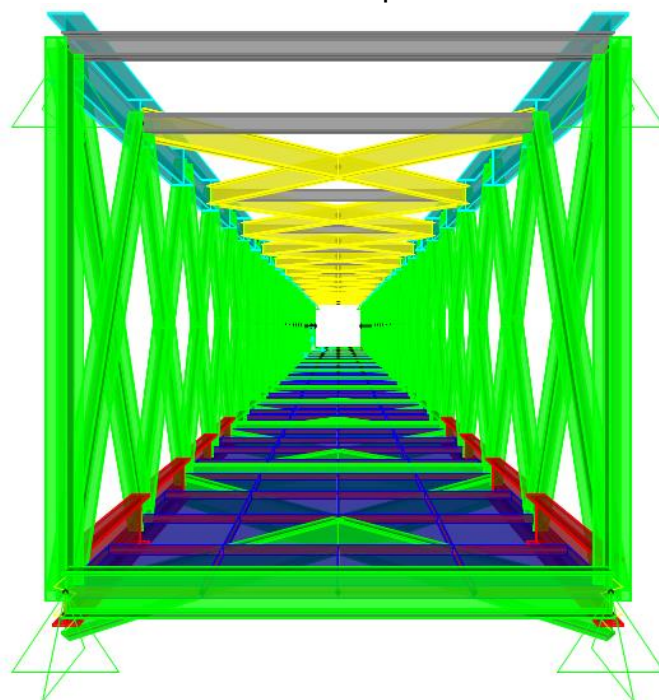
Fonte: Autor

15 ANÁLISE DA FREQUÊNCIA

As ações de vento e da sobrecarga de multidão provocam vibrações nas estruturas, as quais devem ser absorvidas pela estrutura, não a levando a colapso. De acordo com a NBR 6123/88 a frequência natural das estruturas não deve ser inferior a 1 Hz quando analisado em relação ao vento (PP+Vento). No primeiro modo de análise a frequência foi de 2,81 Hz, satisfazendo a condição (Figuras 47 e 48).

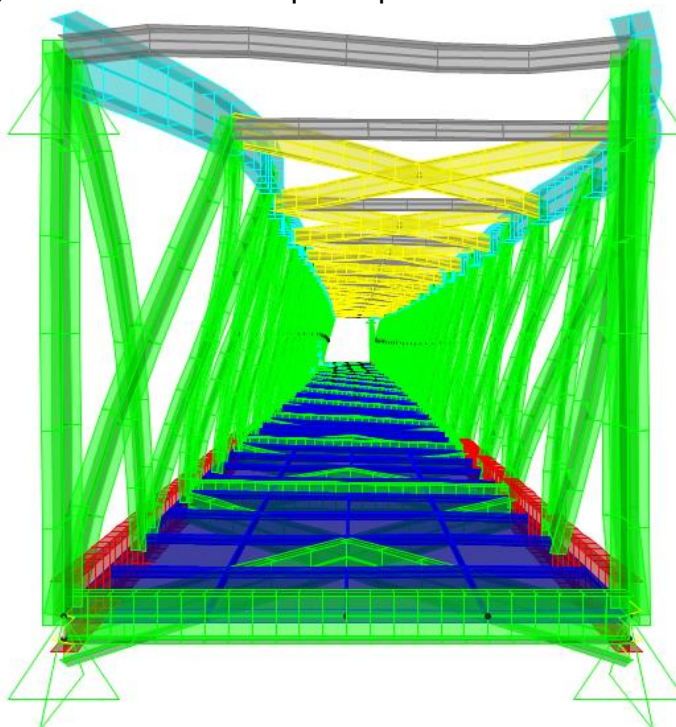
Em pisos em que pessoas caminham regularmente (NBR 8800/2008) como na passarela, a menor frequência natural não pode ser menor que 4 Hz, no segundo modo de análise, que consiste na combinação do PP+SC a frequência ficou em 4,44 Hz (Figuras 49 e 50).

Figura 47 – Estrutura antes do primeiro modo de análise



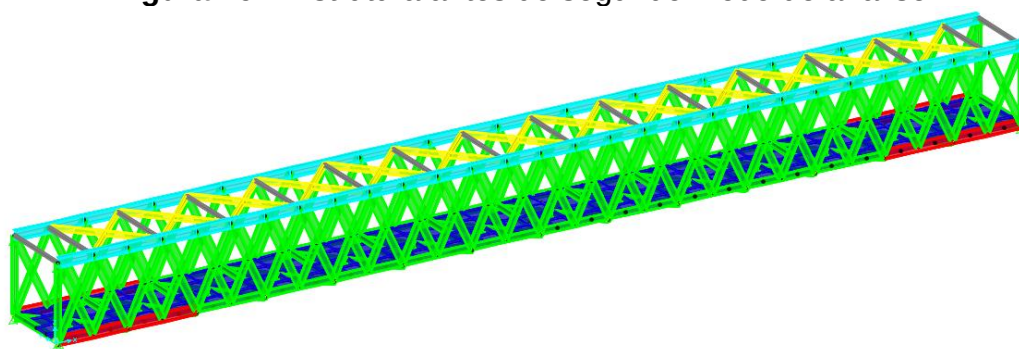
Fonte: Autor

Figura 48 – Estrutura após o primeiro modo de análise



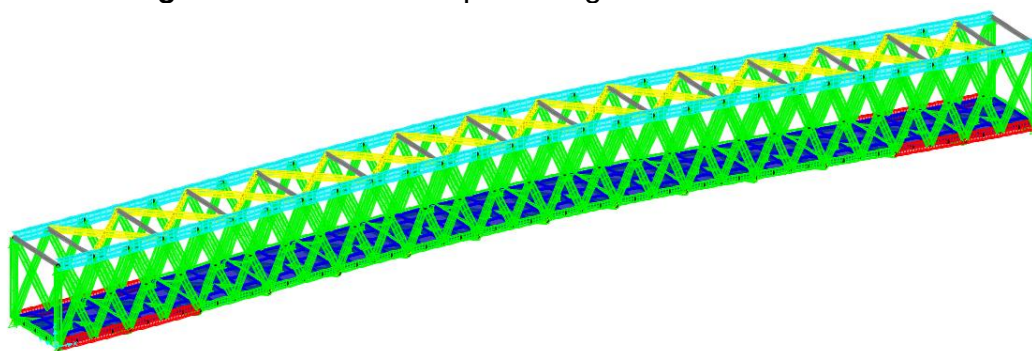
Fonte: Autor

Figura 49 – Estrutura antes do segundo modo de análise



Fonte: Autor

Figura 50 – Estrutura após o segundo modo de análise



Fonte: Autor

16 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo será apresentado de forma resumida a análise da frequência da passarela, a análise conclusiva do dimensionamento da estrutura e sugestão para trabalhos futuros.

16.1 Análise conclusiva

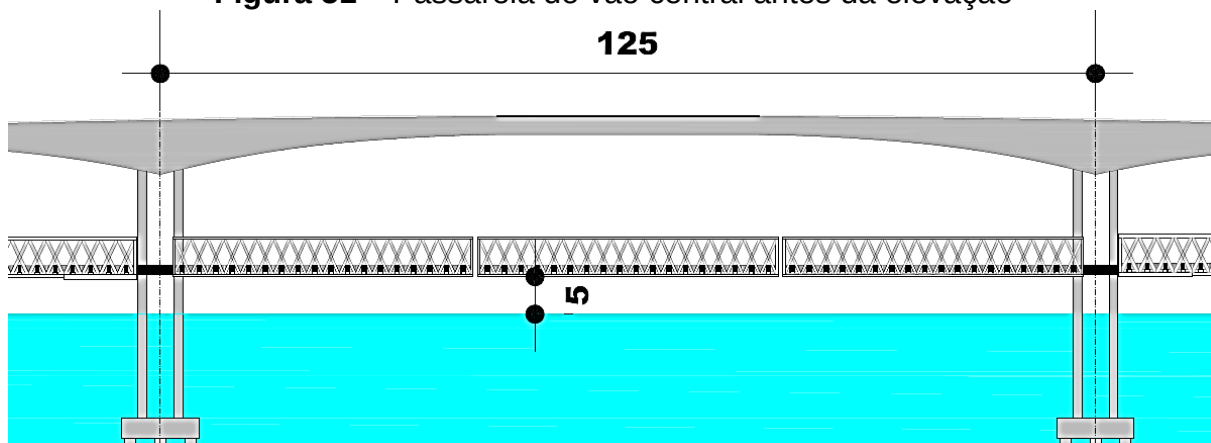
Pode-se concluir com esse trabalho que o dimensionamento deve buscar os perfis que possuem o menor peso para que a passarela seja a mais leve possível uma vez que esta estará apoiada aos pilares da ponte, gerando a menor carga de esforços pelo peso próprio possíveis. O trecho de 66,60 m possui um peso de aproximadamente 78 toneladas e a passarela sua extensão de 1.042 m possui aproximadamente 2.400 toneladas.

Durante a fase de dimensionamento da estrutura pode-se notar que apenas a resistência do perfil não era suficiente se a frequência natural da estrutura não atendia às recomendações da norma, restando gerar novos modelos e novos dimensionamentos.

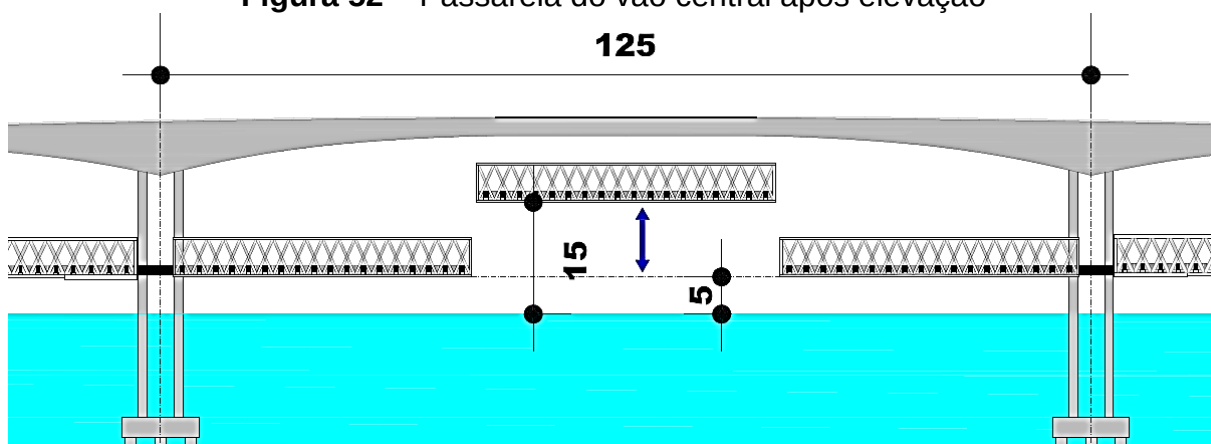
Como critério de projeto, optou-se por usar dois perfis para os banzos inferiores com a intenção de reduzir o peso da estrutura. O perfil W 610 x 140 ficou com 69,88% de aproveitamento da sua resistência próximo aos apoios e ao longo do vão, o perfil W 410 x 85, com 28,00% de aproveitamento de sua resistência em seu ponto mais desfavorável. A cobertura foi dimensionada separadamente, uma vez que as suas cargas atuantes são as de peso próprio, vento e sobrecarga, a qual não tinha o propósito de vencer o vão de 71m.

As ligações foram previstas sendo rotuladas, entre as distâncias de 4,8 m e 4,75m, entre as diagonais; como também, as diagonais dispostas no interior desses vãos possuem o nó engastado e as barras articuladas, afim de não transmitir momentos para as outras barras, assim, os esforços ficam concentrados nos nós.

Ao vão de 125 m, foi previsto um sistema em elevação para a parte central, a qual, embarcações com altura superior a 5 m possa transitar (Figura 51), a qual, o trecho da passarela seria erguido por motores, até uma altura de 15 m (estimada de forma empírica) (Figura 52).

Figura 51 – Passarela do vão central antes da elevação

Fonte: Autor

Figura 52 – Passarela do vão central após elevação

Fonte: Autor

Foram produzidas pranchas (Anexo E) contendo medidas dos perfis, assim como a disposição das barras, detalhamento do plano de cobertura, do guarda-corpo, como também o quantitativo e sua respectiva área de pintura. Além disso, imagens renderizadas foram confeccionadas com o intuito de se ter uma cena aproximada do que viria a ser a passarela caso esta fosse construída (Apêndice D).

16.2 Sugestões para trabalhos futuros

Além de possuir diversos modelos para se dimensionar uma passarela, os critérios de projetos também são distintos. Além disso, por abranger uma questão multidisciplinar, os próximos trabalhos podem seguir essa temática:

- Dimensionamento das ligações do modelo proposto, assim como os apoios nos pilares da ponte;
- Dimensionamento de um sistema levadiço;

- c) Análise de resistência do aterro existente para a continuação de implantação da passarela paralela a pista;
- d) Elaboração de planejamento de montagem e transporte;
- e) Projeto de iluminação pública da passarela;
- f) Análise da atual estrutura de concreto adicionando as reações da passarela (pilares da ponte).

REFERENCIAL

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

_____**NBR 6120**: Cargas para cálculo de estruturas. Rio de Janeiro. 1980.

_____**NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro. 2008.

_____**NBR 14762**: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas de perfis formados a frio. Rio de Janeiro. 2010.

_____**NBR 7188**: Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas. Rio de Janeiro. 2013.

_____**NBR 14718**: Guarda – corpo para Edificações. Rio de Janeiro. 2001.

ADRIELSON FURTADO. **Contexto histórico das Rodovias Bernado Sayão (BR-010) e Capitão Pedro Teixeira**. 2015. Disponível em: <<http://adrielsonfurtado.blogspot.com.br/2015/08/contexto-historico-da-abertura-das.html>>. Acesso em: 15 de mai. de 2018.

AGÊNCIA BRASIL. **Presidente inaugura Ponte da Amizade e da Integração em Palmas**. Agência Brasil Empresa de Comunicação. 2002. Disponível em: <<http://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/node/585417>>. Acesso em: 11 de jun. de 2018.

ALLERS, Luma Reis. **Impactos da construção da ponte do saber no tráfego e no pavimento das principais vias da ilha do fundão**. 2017. Projeto de Graduação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola Politécnica. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufri.br/monografias/monopoli10019716.pdf>>. Acesso em: 03 de ago. de 2018.

ARAÚJO, Rubens Milagre. **Uma retrospectiva da expansão do sistema elétrico na bacia do rio Tocantins, com estudo de caso na região de Lajeado – Palmas – Porto Nacional, (TO), 1996-2003**. 2003. 155 f. Dissertação de Mestrado – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~seva/dissertMestr_RubensAraujo_03.pdf>. Acesso em: 18 de jan. de 2019.

BRUGNERA, João Victor; DALCHIAVON, Flávio Carlos. **Modal ferroviário de soja no MATOPIBA**. Revista IPecege. 2016. Disponível em: <<http://www.emap.ma.gov.br/porto-do-itaqui/historico>>. Acesso em: 11 de jun. de 2018.

CAVALCANTI, Paulo de Sá Pereira. **Pontes – Trens tipo de projeto AP-02**. 2004. Faculdade de Engenharia de Sorocaba. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABFgYAF/ap-02-trens-tipo-abnt-r1>>. Acesso em: 03 de ago. 2018.

CELTINS. **Estudo de Impacto Ambiental – EIA**: Volume I – Caracterização do Empreendimento. Tocantins, 1996. Disponível em: <https://investco.com.br/sites/default/files/edp_brasil/3vol_i_caracterizacao_empreen_dimento.pdf>. Acesso em: 18 de jan. de 2019.

CHAMBERLAIN, Zacarias. **Ações de Vento nas Edificações**. S/D. Disponível em: <http://usuarios.upf.br/~zacarias/acoes_vento.pdf>. Acesso em: 01 de out. 2018.

_____. **Projeto e cálculo de estruturas de aço**. Edifício industrial detalhado. Rio de Janeiro. Elsevier. 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos Maio de 2018**. 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/>>. Acesso em 15 de mai. de 2018.

CONAB. **Acompanhamento da safra de grãos**. Companhia Nacional de Abastecimento. Maio de 2018. Mensal. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 15 de mai. de 2018.

DELTACON, Engenharia Ltda. **Solução estrutural para alargamento de pontes existentes sem reforço de fundação – solução mista em concreto e aço**. Relatório final de pesquisa. 2011. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/001__k_solucao_estrutural_para_a_largamento_de_pontes_existentes.pdf>. Acesso em: 15 de mai. de 2018.

EMAP. **Histórico**. Empresa Maranhense de Administração Portuária. 2016. Disponível em: <<http://www.emap.ma.gov.br/emap/historico>>. Acesso em: 11 de jun. de 2018.

FIALHO, Antônio de Pádua Felga. **Passarelas Urbanas em estruturas de aço**. 2004. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp101302.pdf>>. Acesso em: 16 de jan. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sinopse por Setores – Distrito: Luzimangues – Porto Nacional – TO**. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>>. Acesso em: 11 de jun. de 2018.

_____. **Censo Demográfico de 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>>. Acesso em: 11 de jun. de 2018.

INVESTICO. **A Usina – Equilíbrio entre geração de energia e responsabilidade socioambiental**. INVESTICO, s/d. Disponível em: <<https://investco.com.br/pt-br/a-usina-0>>. Acesso em: 18 de jan. de 2019.

IRONMANBRASIL. **IRONMAN 70.3 Palmas com 800 atletas de nove países**. 2017. Disponível em: <<http://ironmanbrasil.com.br/novo/pal/ironman-70-3-palmas-com-800-atletas-de-nove-paises/>>. Acesso em: 14 de mai. de 2018.

LEET, Kenneth M. **Fundamentos da análise estrutural** / Keneth M. Leet, Chia-Ming Uang, Anne M. Gilbert; tradução: João Eduardo Nóbrega Tortello; revisão técnica: Pedro V. P. Mendonça. – 3. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre: AMGH, 2010.

Resolução CONTRAN nº 396 de 13/12/2011. 2011. Disponível em: <
[//www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO_CONTRAN_396_11.pdf](http://www.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO_CONTRAN_396_11.pdf)
>. Acesso em: 11 de jun. de 2018.

MARGARIDO, Aluizio Fontana. **O uso do aço na arquitetura.** Capítulo 14. Centro brasileiro de construção em aço. Rio de Janeiro. 2007.

PALMAS. **Revisão do Plano Diretor.** 2017. Disponível em: <
<http://planodiretor.palmas.to.gov.br/media/arquivos/49af59c5d5984572add3bb0683bb38b9.pdf>>. Acesso em: 11 de jun. 2018.

PARATYONLINE. **Obras de ampliação da ponte do Caborê.** 2016. Disponível em: <
<http://www.paratyonline.com/jornal/2010/10/obras-de-ampliacao-da-ponte-do-cabore/>>. Acesso em: 09 out. 2017.

PINTO, Lúcio Milhomem Cavalcante. Luzimangues: **Uma nova cidade na periferia de Palmas / TO.** Publicado em 14 de jan. 2014. Disponível em: <
<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/14.164/5019>> . Acesso em: 11 de jun. 2018.

PITTA, João Alfredo Azzi. **Ações devido ao vento em edificações – Série Apontamentos.** 2015. 47p. Universidade Federal de São Carlos – Departamento de Engenharia Civil.

PORTAL DOS EQUIPAMENTOS. **Ampliação de Ponte sobre o Rio Tietê.** Disponível em: < https://www.portaldosequipamentos.com.br/emp/cont/m/ampliacao-da-ponte-sobre-o-rio-tiete-e-construida-em-tecnica-balanco-sucessivo_1466_12512>. Acesso em: 09 out. 2017.

PORTO DE ITAQUI. **Empresa Maranhense de Administração Portuária.** Disponível em: <<http://www.emap.ma.gov.br/porto-do-itaqui/infraestrutura>>. Acesso em: 15 de mai. de 2018.

PORTO NACIONAL. **Plano Municipal de Água e Esgoto.** 2018. Disponível em: <
http://www.portonacional.to.gov.br/images/audiencia_publica%20-%20doc/Minuta%20PMAE_v1.5.pdf> . Acesso em: 11 de jun. 2018.

PREFEITURA DE PORTO NACIONAL. **Agenda positiva: vereadores se reúnem com secretárias em Luzimangues.** 2017. Disponível em: <
<http://www.portonacional.to.gov.br/index.php/noticias/sec-de-comunicacao/926-agenda-positiva-vereadores-se-reunem-com-secretarias-em-luzimangues>> . Acesso em: 28 de jan. 2018.

PRIMEIRA PÁGINA. **Ponte no Lago de Palmas tem 15 anos e já sofre com tráfego intenso.** 2017. Disponível em: <http://primeirapagina-to.com.br/noticias/ponte-no-lago-de-palmas-tem-15-anos-e-ja-sofre-com-trafego-intenso/>. Acesso em: 28 de jan. 2018.

REBELLO, Yopanan Conrado Pereira. **A concepção e a arquitetura.** Zigurate Editora. São Paulo. 2000.

_____. **Sistemas estruturais em aço na arquitetura**. Modulo 4. Os sistemas estruturais em aço. IBS/CBCA. Rio de Janeiro. 2009.

REVISTA IPECEGE. **Modal ferroviário e escoamento de soja no MATOPIBA**. 2017. Disponível em: <<https://revista.ipecege.com/Revista/article/view/163>>. Acesso em: 15 de mai. de 2018.

RODOVALHO, Juliano Afonso. **Projeto de um galpão estruturado em aço**. Projeto Final. Publicação ENC. PF-019A/04. Curso de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Goiás. Anaápolis. GO. 173 p. 2004.

SARHANG Zadeh, Olfat. **Comparison Between Three Types of Cable Stayed Bridges Using Structural Optimization**. 2012. Electronic Thesis and Dissertation Repository. 897. Disponível em: <<https://ir.lib.uwo.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=2246&context=etd>>. Acesso em: 28 de jan. de 2018.

SECRETÁRIA DE PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO DO TOCANTINS (SEPLAN). **Mapa Rodoviário**. 2015. Disponível em: <http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/ZEE/Estado_do_Tocantins_Mapas_A0_2015/Rodoviario_TO_2015.pdf>. Acesso em: 22 de mai. de 2018.

_____. **Mapa de Divisão Político-Administrativa**. 2015. Disponível em: <http://web.seplan.to.gov.br/Arquivos/download/ZEE/Estado_do_Tocantins_Mapas_A0_2015/Divisao_Politico-Administrativa_TO_2015.pdf>. Acesso em: 22 de mai. de 2018.

SOUZA, Delvani Pereira de. **Desenvolvimento e Meio Ambiente: um estudo sobre a percepção da Comunidade do Reassentamento Luzimangues, Porto Nacional – TO**. 2014. 68f. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Aberta do Brasil (Universidade Brasília), Tocantins, Palmas, 2014. Disponível em: <<http://bdm.unb.br/handle/10483/10451>>. Acesso em: 22 de mai. de 2018.

STUCCHI, Fernando. **Pontes e grandes estruturas – Notas de aula**. 2006. Universidade De São Paulo Escola Politécnica – Departamento de Estruturas e Fundações. Disponível em: <<http://www.lem.ep.usp.br/PEF2404/Apostila%20Super.pdf>>. Acesso em 28 de jan. 2018.

VALEC ENGENHARIA, CONSTRUÇÕES E FERROVIAS S.A. **A ferrovia Norte-Sul**. Disponível em: <<http://www.valec.gov.br/ferrovias/ferrovia-norte-sul/a-ferrovia-norte-sul>>. Acesso em: 15 de mai. de 2018.

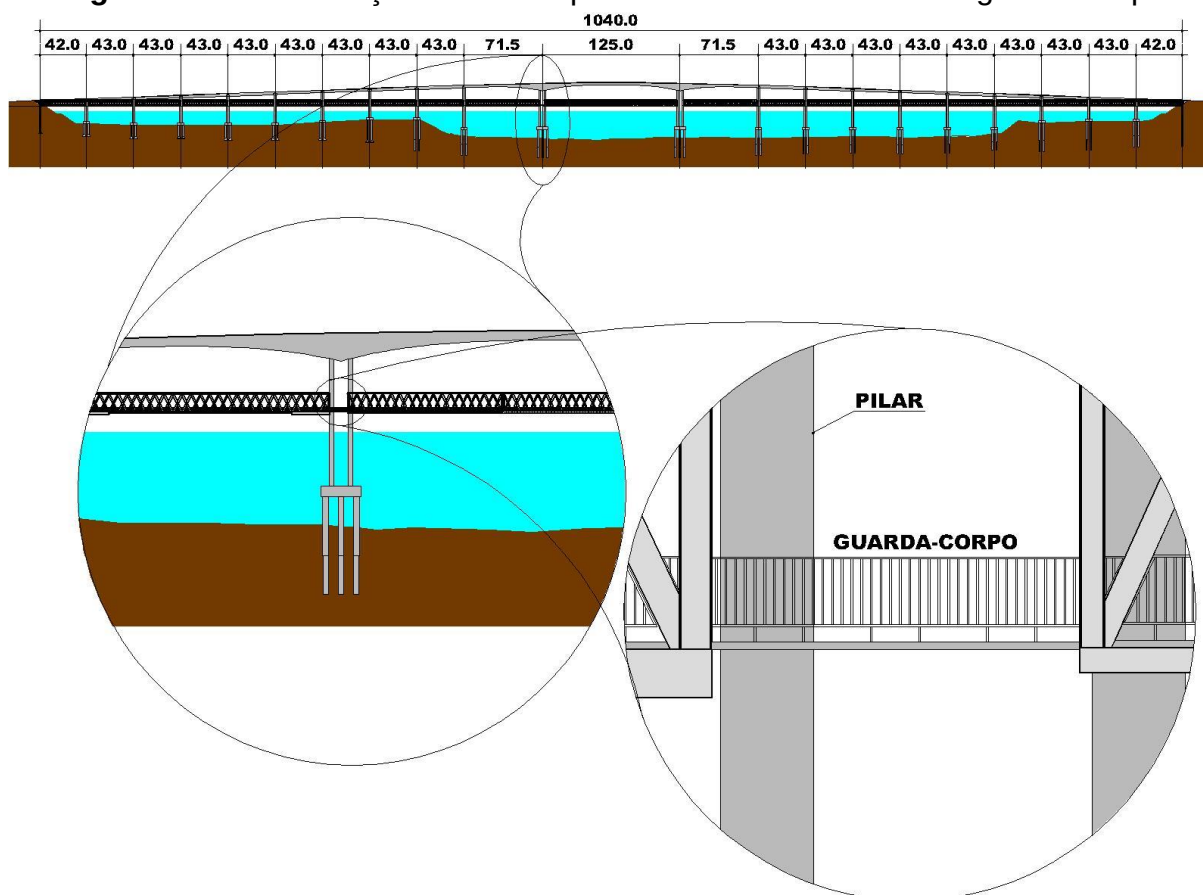
VASCONCELOS, Augusto Carlos de. **Pontes brasileiras – viadutos e passarelas notáveis**. Edição do autor. São Paulo. 2012

VISLUMBRANDO ENGENHARIA. **Definição de Modelo de Projeto**. 2016. Disponível em: <http://vislumbrandoengenharia.blogspot.com.br/2016/05/estudando-as-trelicas_47.html>. Acesso em: 24 de jan. 2018.

APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO DO GUARDA – CORPO

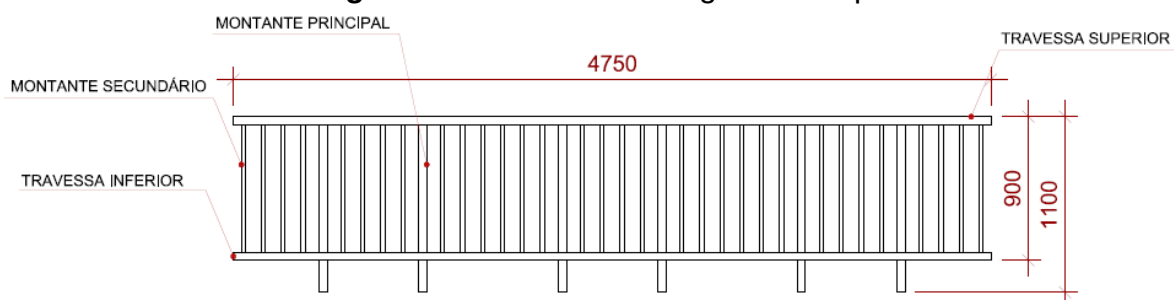
Para o dimensionamento foi escolhido o trecho entre os vãos de 71,50 m e 125 m da ponte FHC (Figura 53) obedecendo os critérios da NBR 14718/2001 Guarda-corpo para Edificações. Entre o piso acabado e a parte superior do peitoril deve-se conter altura (h) 1,10 m (Figura 54).

Figura 53 – Identificação do trecho para o dimensionamento do guarda-corpo



Fonte: Autor

Figura 54 – Elementos do guarda-corpo

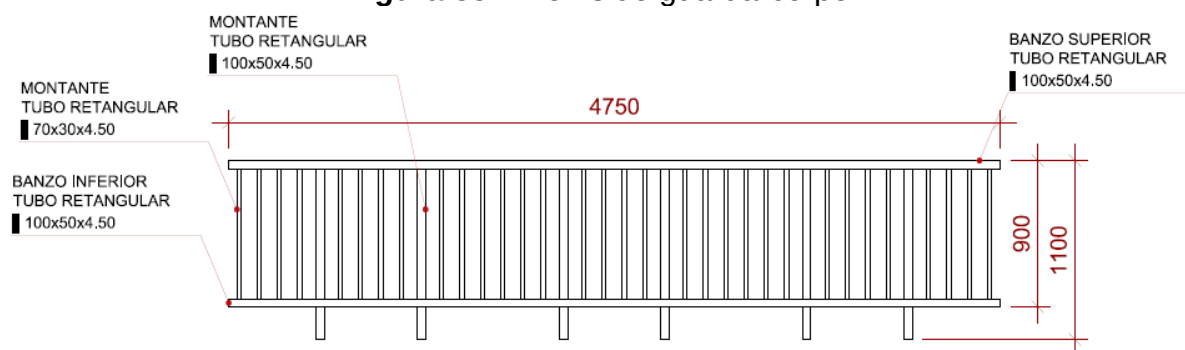


Fonte: Autor

A.1 Perfis

Para o dimensionamento dos guarda-corpos foram utilizados tubos retangulares: 70x30x3.00 mm para os montantes secundários e 100x50x4.50 mm para as travessas inferiores e superiores, e para os montantes principais (Figura 55).

Figura 55 – Perfis do guarda-corpo



Fonte: Autor

A.2 Ações e combinações

A.2.1 Ações

Em relação às cargas atuantes ao longo de guarda-corpos, deve-se considerar uma carga vertical mínima (CV) de 2,0 kN/m e uma carga horizontal transversal (CH) de 2,0 kN/m.

PP: 0,05 kN/m

CV: 2,0 kN/m

CH: 2,0 kN/m

A.2.2 Combinação última normal

A Tabela 7 mostra os coeficientes de combinações para o dimensionamento do guarda corpo e Tabela 8 tem-se as combinações utilizadas.

Tabela 7 – Coeficientes de combinações para o guarda-corpo

Coeficientes de combinações				
	Coeficientes parciais (g)		Coeficientes (y)	
	Favorável	Desfavorável	Principal (y_p)	Acompanhamento (y_a)
PP – Peso próprio (G)	1.000	1.250		
CV – Carga Vertical Mínima (Q)	1.000	1.500		
CH – Carga horizontal Excepcional (Q)	1.000	1.500		

Fonte: Autor

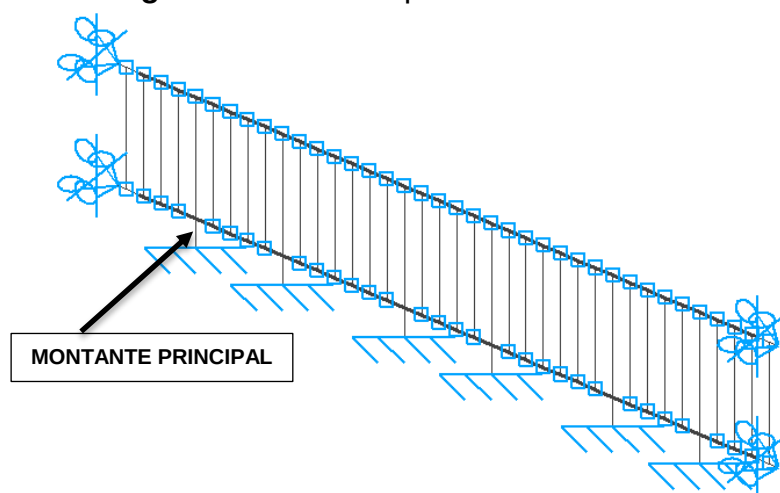
Tabela 8 – Combinações do Guarda-corpo

Barra	Combinação
N35/N36	PP
	$1.25 \cdot PP$
	$PP + 1.5 \cdot CV$
	$1.25 \cdot PP + 1.5 \cdot CV$
	$PP + 1.5 \cdot CH$
	$1.25 \cdot PP + 1.5 \cdot CH$
	$PP + 1.5 \cdot CV + 1.5 \cdot CH$
	$1.25 \cdot PP + 1.5 \cdot CV + 1.5 \cdot CH$

Fonte: Autor

A.3 Flambagem

Para o dimensionamento foi escolhida o montante principal do guarda-corpo devido em sua extremidade inferior ser um apoio (Figura 56):

Figura 56 – Modelo para dimensionamento

Fonte: Autor

- Plano XY: Comprimento de flambagem igual a 0,90 m;
- Plano XZ: Comprimento de flambagem igual a 1,10 m;

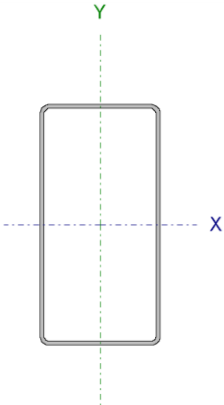
A.4 Flambagem lateral

Na flambagem lateral do montante principal foi considerado uma distância de travamento igual a 1,10 m e o coeficiente de momentos igual a 1 nas abas superiores e nas abas inferiores.

A.6 Dados do perfil dimensionado

O resultado do dimensionamento dos perfis para as diagonais tem-se os Quadros 21 e 22.

Quadro 21 – Dados do perfil calculado para os montantes principais do guarda-corpo



Elemento:	Montante principal do Guarda-Corpo						
Perfil:	W 250 x 32.7						
Material:	Aço (A-572)						
Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas				
Inicial	Final		Área (cm2)	Ix (cm4)	Iy (cm4)	It (cm4)	
N35	N36	1,10	5.73	74.89	35.63	61.57	
			Flambagem		Flambagem Lateral		
			Eixo - X	Eixo - Y	Eixo - X	Eixo - Y	
β: Coeficiente de Flambagem			0.83	1.00	1.00	1.00	
Lk: Comprimento de Flambagem			0.90	1.10	1.00	1.00	
Cb: Fator de modificação para momento crítico					1.00		

Fonte: Autor

Quadro 22 – Relação entre esforços (Resistente/Solicitante) montantes principais do guarda-corpo

Barra	VERIFICAÇÕES (ABNT NBR 14762:2010)													Estado
	b/t	I	N _t	N _c	M _x	M _y	V _x	V _y	M _x V _y	M _y V _x	N _c M _x M _y	N _t M _x M _y	M _t	
N35/N36	(b _w /t) ≤ 500 (b _w /t) ≤ 500 Verifica	I _{xx} ≤ 200 I _{yy} ≤ 200 Verifica	N.P. ⁽¹⁾	η = 3.0	η = 79.7	N.P. ⁽²⁾	η = 0.2	η = 5.1	η = 63.7	N.P. ⁽³⁾	η = 83.6	N.P. ⁽⁴⁾	η = 2.3	η = 83.6
Anotação: b/t: Valores máximos da relação comprimento-espessura I: Limitação de esbeltez N_t: Resistência à tração N_c: Resistência à compressão M_x: Resistência à flexão eixo X M_y: Resistência à flexão eixo Y V_x: Resistência ao esforço cortante X V_y: Resistência ao esforço cortante Y M_xV_y: Resistência ao momento fletor X e esforço cortante Y combinados M_yV_x: Resistência ao momento fletor Y e esforço cortante X combinados N_cM_xM_y: Resistência à flexo-compressão N_tM_xM_y: Resistência à flexo-tração M_t: Resistência à torção x: Distância à origem da barra h: Coeficiente de aproveitamento (%) N.P.: Não procede Verificações que não são necessárias (N.P.): ⁽¹⁾ A verificação não é necessária, já que não existe esforço axial de tração. ⁽²⁾ A verificação não é necessária, já que não existe momento fletor. ⁽³⁾ Não há interação entre o momento fletor e o esforço transversal para nenhuma combinação. Assim a verificação não é necessária. ⁽⁴⁾ Não há interação entre o esforço axial de tração e o momento fletor para nenhuma combinação. Assim a verificação não é necessária.														

Fonte: Autor

A.7 Dados do perfil dimensionado

Para o referido dimensionamento tem-se as Tabelas 9 e 10 que demonstra o resumo de materiais e a superfície de pintura.

Tabela 9 – Resumo de materiais para o trecho de guarda-corpo

Material		Perfil	Comprimento (m)	Volume (m³)	Peso (kg)
Tipo	Designação				
Aço enformado	CF-26	Tubo 10.0x5.0x4.50	16,025	0,009	72,14
		Tubo 7.0x3.0x3.00	28,000	0,010	82,09
Total			44,025	0,020	154,22

Fonte: Autor

Tabela 10 – Superfície de pintura do guarda-corpo

Série	Perfil	Superfície unitária (m²/m)	Comprimento (m)	Superfícies (m²)
Tubo 10.0x5.0x4.50		0,293	16,025	4,695
Tubo 7.0x3.0x3.00		0,193	28,000	5,404
Total				10,099

Fonte: Autor

Como quantitativo total, que abrange a extensão de 1.042 de passarela, tem-se as Tabelas 11 e 12 de resumo de materiais e superfície de pintura.

Tabela 11 – Resumo de materiais totais para o guarda-corpo

Material		Perfil	Comprimento (m)	Volume (m³)	Peso (kg)
Tipo	Designação				
Aço enformado	CF-26	Tubo 10.0x5.0x4.50	8584,200	4,821	38643,631
		Tubo 7.0x3.0x3.00	7485,650	2,673	21946,322
Total			16069,850	7,495	60589,953

Fonte: Autor

Tabela 12 – Superfície de pintura total do guarda-corpo

Perfil	Superfície unitária	Comprimento	Superfícies
	(m²/m)		
Tubo 10.0x5.0x4.50	0,293	38.643,63	11.322,58
Tubo 7.0x3.0x3.00	0,193	21.946,32	4.235,64
Total			15.558,22

Fonte: Autor

APÊNDICE B– DIMENSIONAMENTO DA TELHA DE COBERTURA

Para o dimensionamento das telhas de cobertura foram considerados as cargas de primeiro e segundo carregamento de cobertura em duas águas:

- 1º carregamento:
 - $V_{Cpb1} = 600 \text{ N/m}^2$
 - $V_{Cps1} = -130 \text{ N/m}^2$
- 2º carregamento:
 - $V_{Cpb2} = -480 \text{ N/m}^2$
 - $V_{Cps2} = -704 \text{ N/m}^2$

O peso da telha, utilizando o catalogo da Kingspan Isoeste (Figura 57), varia entre $41,3 \text{ N/m}^2$ a $62,5 \text{ N/m}^2$, e para fim de dimensionamento utilizou-se o maior peso.

- $PP = 62,5 \text{ N/m}^2$

Figura 57 – Dados telha Isoeste

DADOS BÁSICOS	
Largura Útil	980 mm
Comprimento	Conforme projeto, limitado pelo transporte
Acabamento	Aço pré-pintado ou Aço galvalume
Espessura do Aço	#0,43 / #0,50 / #0,65 mm
Peso	4,13 / 4,81 / 6,25 Kg/m ²

Fonte: Kingspan Isoeste (2019)

As combinações (Tabela 13) são entre o peso próprio, a sobrecarga e as ações de vento e de acordo com Rodvalho (2005, p. 79) “para o dimensionamento de telhas não leva em conta o coeficiente de segurança, pois os catálogos dos fabricantes são elaborados seguindo o método das tensões admissíveis”.

Tabela 13 – Combinações telha de cobertura

Combinações		
PP+SC	$62,5 \text{ (N/m}^2\text{)} \cdot \cos(6^\circ) + 250 \text{ (N/m}^2\text{)}$	310 (N/m ²)
PP+ V_{Cpb1}	$62,5 \text{ (N/m}^2\text{)} \cdot \cos(6^\circ) + 600 \text{ (N/m}^2\text{)}$	660 (N/m ²)
PP+ V_{Cps1}	$62,5 \text{ (N/m}^2\text{)} \cdot \cos(6^\circ) + (-130) \text{ (N/m}^2\text{)}$	-70 (N/m ²)
PP+ V_{Cpb2}	$62,5 \text{ (N/m}^2\text{)} \cdot \cos(6^\circ) + (-480) \text{ (N/m}^2\text{)}$	-420 (N/m ²)
PP+ V_{Cps2}	$62,5 \text{ (N/m}^2\text{)} \cdot \cos(6^\circ) + (-704) \text{ (N/m}^2\text{)}$	-644 (N/m ²)

Fonte: Autor

O valor mais crítico foi apresentado pela combinação PP+Cps2 e de acordo com o catalogo, para 3 apoios, deve-se usar a telha com espessura de 0,65mm para espaçamento entre terças até 1,80 m (Figuras 58 e 59).

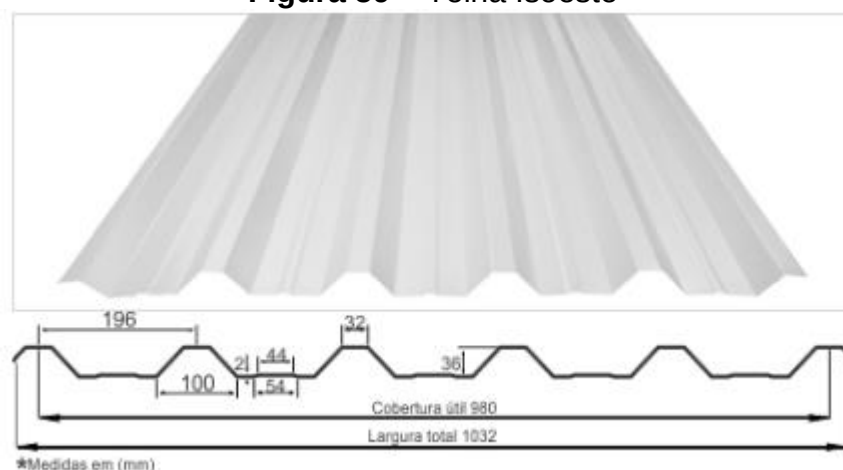
$$RP \text{ telha} = 0,06 \text{ kN/m}^2$$

Figura 58 – Cargas máxima admissíveis para telhas

CARGAS MÁXIMAS ADMISSÍVEIS ENTRE APOIOS OU VÃOS EM KG/M²																	
Nº DE APOIOS	ESP	DISTÂNCIA ENTRE APOIOS OU VÃOS															
		1,80		2,00		2,20		2,40		2,60		2,80		3,00		3,20	
		C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F	C	F
2 Apoios	0,43	142	142	114	106	94	78	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,50	168	168	135	125	111	93	92	70	78	-	-	-	-	-	-	-
	0,65	223	223	180	167	147	124	123	94	104	73	89	-	76	-	-	-
3 Apoios	0,43	142	142	114	106	94	78	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	0,50	168	168	135	125	111	93	92	70	78	-	-	-	-	-	-	-
	0,65	223	223	180	167	147	124	123	94	104	73	89	-	76	-	-	-
4 Apoios ou +	0,43	226	226	169	169	138	137	113	115	95	97	82	82	-	-	-	-
	0,50	264	264	195	195	162	161	133	133	113	112	96	96	83	83	-	-
	0,65	292	292	256	256	210	210	176	176	149	149	127	127	110	110	96	96
C – COBERTURA – FLECHA DE L/120 F – FECHAMENTO – FLECHA DE L/200																	
*A inclinação mínima recomendada é de 8% para coberturas com comprimento da água de no máximo 20m. Demais sob consulta.																	
** O sistema em telhas sanduíche, tanto para as opções de isolamento em EPS ou lã mineral, são montados "in-loco", sendo usado um perfil espaçador tipo cartola entre as telhas, para opção em lã mineral.																	

Fonte: Kingspan Isoeste (2019)

Figura 59 – Telha Isoeste



Fonte: Kingspan Isoeste (2019)

APÊNDICE C – AÇÕES DE ARRASTO

Tabela 14 – Ações do Vento 0° de arrasto nos montantes verticais

Perfil I	d (mm)	bf (mm)	Cx	Cy	q (kN/m ²)	l (mm)	l/d	k	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
W 150 x 13,0	148	100	2,05	0,00	0,764	5000	33,78	0,851	0,99	0,00
W 150 x 18,0	153	102	2,05	0,00	0,764	5000	32,68	0,848	1,02	0,00
W 150 x 24,0	160	102	2,05	0,00	0,764	5000	31,25	0,844	1,06	0,00
W 200 x 15,0	200	100	2,05	0,00	0,764	5000	25,00	0,825	1,29	0,00
W 200 x 19,3	203	102	2,05	0,00	0,764	5000	24,63	0,824	1,31	0,00
W 200 x 22,5	206	102	2,05	0,00	0,764	5000	24,27	0,823	1,33	0,00
W 200 x 26,6	207	133	2,05	0,00	0,764	5000	24,15	0,822	1,33	0,00
W 200 x 31,3	210	134	2,05	0,00	0,764	5000	23,81	0,821	1,35	0,00
W 250 x 17,9	251	101	2,05	0,00	0,764	5000	19,92	0,809	1,59	0,00
W 250 x 22,3	254	102	2,05	0,00	0,764	5000	19,69	0,806	1,60	0,00
W 250 x 25,3	257	102	2,05	0,00	0,764	5000	19,46	0,803	1,62	0,00
W 250 x 28,4	260	102	2,05	0,00	0,764	5000	19,23	0,801	1,63	0,00
W 250 x 32,7	258	146	2,05	0,00	0,764	5000	19,38	0,803	1,62	0,00
W 250 x 38,7	262	147	2,05	0,00	0,764	5000	19,08	0,799	1,64	0,00
W 250 x 44,8	266	148	2,05	0,00	0,764	5000	18,80	0,796	1,66	0,00
W 310 x 21,0	303	101	2,05	0,00	0,764	5000	16,50	0,768	1,82	0,00
W 310 x 23,8	305	101	2,05	0,00	0,764	5000	16,39	0,767	1,83	0,00
W 310 x 28,3	309	102	2,05	0,00	0,764	5000	16,18	0,764	1,85	0,00
W 310 x 32,7	313	102	2,05	0,00	0,764	5000	15,97	0,762	1,87	0,00
W 310 x 38,7	310	165	2,05	0,00	0,764	5000	16,13	0,764	1,85	0,00
W 310 x 44,5	313	166	2,05	0,00	0,764	5000	15,97	0,762	1,87	0,00
W 310 x 52,0	317	167	2,05	0,00	0,764	5000	15,77	0,759	1,88	0,00
W 360 x 32,9	349	127	2,05	0,00	0,764	5000	14,33	0,742	2,03	0,00
W 360 x 39,0	353	128	2,05	0,00	0,764	5000	14,16	0,740	2,05	0,00
W 360 x 44,0	352	171	2,05	0,00	0,764	5000	14,20	0,740	2,04	0,00
W 360 x 51,0	355	171	2,05	0,00	0,764	5000	14,08	0,739	2,05	0,00
W 360 x 57,8	358	172	2,05	0,00	0,764	5000	13,97	0,738	2,07	0,00
W 360 x 64,0	347	203	2,05	0,00	0,764	5000	14,41	0,743	2,02	0,00
W 360 x 72,0	350	204	2,05	0,00	0,764	5000	14,29	0,741	2,03	0,00
W 360 x 79,0	354	205	2,05	0,00	0,764	5000	14,12	0,739	2,05	0,00
W 410 x 38,8	399	140	2,05	0,00	0,764	5000	12,53	0,720	2,25	0,00
W 410 x 46,1	403	140	2,05	0,00	0,764	5000	12,41	0,719	2,27	0,00
W 410 x 53,0	403	177	2,05	0,00	0,764	5000	12,41	0,719	2,27	0,00
W 410 x 60,0	407	178	2,05	0,00	0,764	5000	12,29	0,717	2,29	0,00
W 410 x 67,0	410	179	2,05	0,00	0,764	5000	12,20	0,716	2,30	0,00
W 410 x 75,0	413	180	2,05	0,00	0,764	5000	12,11	0,715	2,31	0,00
W 410 x 85,0	417	181	2,05	0,00	0,764	5000	11,99	0,714	2,33	0,00
W 460 x 52,0	450	152	2,05	0,00	0,764	5000	11,11	0,703	2,48	0,00
W 460 x 60,0	455	153	2,05	0,00	0,764	5000	10,99	0,702	2,50	0,00
W 460 x 68,0	459	154	2,05	0,00	0,764	5000	10,89	0,701	2,52	0,00
W 460 x 74,0	457	190	2,05	0,00	0,764	5000	10,94	0,701	2,51	0,00
W 460 x 82,0	460	191	2,05	0,00	0,764	5000	10,87	0,700	2,52	0,00
W 460 x 89,0	463	192	2,05	0,00	0,764	5000	10,80	0,700	2,54	0,00
W 460 x 97,0	466	193	2,05	0,00	0,764	5000	10,73	0,699	2,55	0,00
W 460 x 106,0	469	194	2,05	0,00	0,764	5000	10,66	0,698	2,56	0,00
W 530 x 66,0	525	165	2,05	0,00	0,764	5000	9,52	0,720	2,96	0,00
W 530 x 72,0	524	207	2,05	0,00	0,764	5000	9,54	0,721	2,96	0,00

Perfil I	d (mm)	bf (mm)	Cx	Cy	q (kN/m ²)	l (mm)	l/d	k	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
W 530 x 74,0	529	166	2,05	0,00	0,764	5000	9,45	0,719	2,98	0,00
W 530 x 82,0	528	209	2,05	0,00	0,764	5000	9,47	0,720	2,98	0,00
W 530 x 85,0	535	166	2,05	0,00	0,764	5000	9,35	0,718	3,01	0,00
W 530 x 92,0	533	209	2,05	0,00	0,764	5000	9,38	0,718	3,00	0,00
W 530 x 101,0	537	210	2,05	0,00	0,764	5000	9,31	0,717	3,02	0,00
W 530 x 109,0	539	211	2,05	0,00	0,764	5000	9,28	0,717	3,03	0,00
W 610 x 101,0	603	228	2,05	0,00	0,764	5000	8,29	0,704	3,32	0,00
W 610 x 113,0	608	228	2,05	0,00	0,764	5000	8,22	0,703	3,35	0,00
W 610 x 125,0	612	229	2,05	0,00	0,764	5000	8,17	0,702	3,37	0,00
W 610 x 140,0	617	230	2,05	0,00	0,764	5000	8,10	0,701	3,39	0,00
W 610 x 155,0	611	324	2,05	0,00	0,764	5000	8,18	0,702	3,36	0,00
W 610 x 174,0	616	325	2,05	0,00	0,764	5000	8,12	0,702	3,38	0,00

Fonte: Autor

Tabela 15 – Ações do Vento 90° de arrasto nos montantes verticais

Perfil I	d (mm)	bf (mm)	Cx	Cy	q (tf/m ²)	l (mm)	l/d	k	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
W 150 x 13,0	148	100	0,50	0,90	0,764	5000	33,78	0,851	0,24	0,29
W 150 x 18,0	153	102	0,50	0,90	0,764	5000	32,68	0,848	0,25	0,30
W 150 x 24,0	160	102	0,50	0,90	0,764	5000	31,25	0,844	0,26	0,30
W 200 x 15,0	200	100	0,50	0,90	0,764	5000	25,00	0,825	0,32	0,28
W 200 x 19,3	203	102	0,50	0,90	0,764	5000	24,63	0,824	0,32	0,29
W 200 x 22,5	206	102	0,50	0,90	0,764	5000	24,27	0,823	0,32	0,29
W 200 x 26,6	207	133	0,50	0,90	0,764	5000	24,15	0,822	0,33	0,38
W 200 x 31,3	210	134	0,50	0,90	0,764	5000	23,81	0,821	0,33	0,38
W 250 x 17,9	251	101	0,50	0,90	0,764	5000	19,92	0,809	0,39	0,28
W 250 x 22,3	254	102	0,50	0,90	0,764	5000	19,69	0,806	0,39	0,28
W 250 x 25,3	257	102	0,50	0,90	0,764	5000	19,46	0,803	0,39	0,28
W 250 x 28,4	260	102	0,50	0,90	0,764	5000	19,23	0,801	0,40	0,28
W 250 x 32,7	258	146	0,50	0,90	0,764	5000	19,38	0,803	0,40	0,40
W 250 x 38,7	262	147	0,50	0,90	0,764	5000	19,08	0,799	0,40	0,40
W 250 x 44,8	266	148	0,50	0,90	0,764	5000	18,80	0,796	0,40	0,40
W 310 x 21,0	303	101	0,50	0,90	0,764	5000	16,50	0,768	0,44	0,27
W 310 x 23,8	305	101	0,50	0,90	0,764	5000	16,39	0,767	0,45	0,27
W 310 x 28,3	309	102	0,50	0,90	0,764	5000	16,18	0,764	0,45	0,27
W 310 x 32,7	313	102	0,50	0,90	0,764	5000	15,97	0,762	0,46	0,27
W 310 x 38,7	310	165	0,50	0,90	0,764	5000	16,13	0,764	0,45	0,43
W 310 x 44,5	313	166	0,50	0,90	0,764	5000	15,97	0,762	0,46	0,43
W 310 x 52,0	317	167	0,50	0,90	0,764	5000	15,77	0,759	0,46	0,44
W 360 x 32,9	349	127	0,50	0,90	0,764	5000	14,33	0,742	0,49	0,32
W 360 x 39,0	353	128	0,50	0,90	0,764	5000	14,16	0,740	0,50	0,33
W 360 x 44,0	352	171	0,50	0,90	0,764	5000	14,20	0,740	0,50	0,44
W 360 x 51,0	355	171	0,50	0,90	0,764	5000	14,08	0,739	0,50	0,43
W 360 x 57,8	358	172	0,50	0,90	0,764	5000	13,97	0,738	0,50	0,44
W 360 x 64,0	347	203	0,50	0,90	0,764	5000	14,41	0,743	0,49	0,52
W 360 x 72,0	350	204	0,50	0,90	0,764	5000	14,29	0,741	0,50	0,52
W 360 x 79,0	354	205	0,50	0,90	0,764	5000	14,12	0,739	0,50	0,52
W 410 x 38,8	399	140	0,50	0,90	0,764	5000	12,53	0,720	0,55	0,35
W 410 x 46,1	403	140	0,50	0,90	0,764	5000	12,41	0,719	0,55	0,35

Perfil I	d (mm)	bf (mm)	Cx	Cy	q (tf/m ²)	l (mm)	l/d	k	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
W 410 x 53,0	403	177	0,50	0,90	0,764	5000	12,41	0,719	0,55	0,44
W 410 x 60,0	407	178	0,50	0,90	0,764	5000	12,29	0,717	0,56	0,44
W 410 x 67,0	410	179	0,50	0,90	0,764	5000	12,20	0,716	0,56	0,44
W 410 x 75,0	413	180	0,50	0,90	0,764	5000	12,11	0,715	0,56	0,44
W 410 x 85,0	417	181	0,50	0,90	0,764	5000	11,99	0,714	0,57	0,44
W 460 x 52,0	450	152	0,50	0,90	0,764	5000	11,11	0,703	0,60	0,37
W 460 x 60,0	455	153	0,50	0,90	0,764	5000	10,99	0,702	0,61	0,37
W 460 x 68,0	459	154	0,50	0,90	0,764	5000	10,89	0,701	0,61	0,37
W 460 x 74,0	457	190	0,50	0,90	0,764	5000	10,94	0,701	0,61	0,46
W 460 x 82,0	460	191	0,50	0,90	0,764	5000	10,87	0,700	0,62	0,46
W 460 x 89,0	463	192	0,50	0,90	0,764	5000	10,80	0,700	0,62	0,46
W 460 x 97,0	466	193	0,50	0,90	0,764	5000	10,73	0,699	0,62	0,46
W 460 x 106,0	469	194	0,50	0,90	0,764	5000	10,66	0,698	0,63	0,47
W 530 x 66,0	525	165	0,50	0,90	0,764	5000	9,52	0,720	0,72	0,41
W 530 x 72,0	524	207	0,50	0,90	0,764	5000	9,54	0,721	0,72	0,51
W 530 x 74,0	529	166	0,50	0,90	0,764	5000	9,45	0,719	0,73	0,41
W 530 x 82,0	528	209	0,50	0,90	0,764	5000	9,47	0,720	0,73	0,52
W 530 x 85,0	535	166	0,50	0,90	0,764	5000	9,35	0,718	0,73	0,41
W 530 x 92,0	533	209	0,50	0,90	0,764	5000	9,38	0,718	0,73	0,52
W 530 x 101,0	537	210	0,50	0,90	0,764	5000	9,31	0,717	0,74	0,52
W 530 x 109,0	539	211	0,50	0,90	0,764	5000	9,28	0,717	0,74	0,52
W 610 x 101,0	603	228	0,50	0,90	0,764	5000	8,29	0,704	0,81	0,55
W 610 x 113,0	608	228	0,50	0,90	0,764	5000	8,22	0,703	0,82	0,55
W 610 x 125,0	612	229	0,50	0,90	0,764	5000	8,17	0,702	0,82	0,55
W 610 x 140,0	617	230	0,50	0,90	0,764	5000	8,10	0,701	0,83	0,55
W 610 x 155,0	611	324	0,50	0,90	0,764	5000	8,18	0,702	0,82	0,78
W 610 x 174,0	616	325	0,50	0,90	0,764	5000	8,12	0,702	0,83	0,78

Fonte: Autor

Tabela 16 – Ações do Vento 0° de arrasto nas diagonais

Perfil I	d (mm)	bf (mm)	Cx	Cy	q (kN/m ²)	l (mm)	l/d	k	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
W 150 x 13,0	148	100	2,05	0,00	0,764	5545	37,47	0,862	0,99	0,00
W 150 x 18,0	153	102	2,05	0,00	0,764	5545	36,24	0,859	1,14	0,00
W 150 x 24,0	160	102	2,05	0,00	0,764	5545	34,66	0,854	1,19	0,00
W 200 x 15,0	200	100	2,05	0,00	0,764	5545	27,73	0,833	1,45	0,00
W 200 x 19,3	203	102	2,05	0,00	0,764	5545	27,32	0,832	1,47	0,00
W 200 x 22,5	206	102	2,05	0,00	0,764	5545	26,92	0,831	1,49	0,00
W 200 x 26,6	207	133	2,05	0,00	0,764	5545	26,79	0,830	1,49	0,00
W 200 x 31,3	210	134	2,05	0,00	0,764	5545	26,40	0,829	1,51	0,00
W 250 x 17,9	251	101	2,05	0,00	0,764	5545	22,09	0,816	1,78	0,00
W 250 x 22,3	254	102	2,05	0,00	0,764	5545	21,83	0,815	1,80	0,00
W 250 x 25,3	257	102	2,05	0,00	0,764	5545	21,58	0,815	1,82	0,00
W 250 x 28,4	260	102	2,05	0,00	0,764	5545	21,33	0,814	1,84	0,00
W 250 x 32,7	258	146	2,05	0,00	0,764	5545	21,49	0,814	1,82	0,00
W 250 x 38,7	262	147	2,05	0,00	0,764	5545	21,16	0,813	1,85	0,00
W 250 x 44,8	266	148	2,05	0,00	0,764	5545	20,85	0,813	1,88	0,00
W 310 x 21,0	303	101	2,05	0,00	0,764	5545	18,30	0,790	2,08	0,00

Perfil I	d (mm)	bf (mm)	Cx	Cy	q (kN/m ²)	I (mm)	I/d	k	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
W 310 x 23,8	305	101	2,05	0,00	0,764	5545	18,18	0,788	2,09	0,00
W 310 x 28,3	309	102	2,05	0,00	0,764	5545	17,94	0,785	2,11	0,00
W 310 x 32,7	313	102	2,05	0,00	0,764	5545	17,72	0,783	2,13	0,00
W 310 x 38,7	310	165	2,05	0,00	0,764	5545	17,89	0,785	2,11	0,00
W 310 x 44,5	313	166	2,05	0,00	0,764	5545	17,72	0,783	2,13	0,00
W 310 x 52,0	317	167	2,05	0,00	0,764	5545	17,49	0,780	2,15	0,00
W 360 x 32,9	349	127	2,05	0,00	0,764	5545	15,89	0,761	2,31	0,00
W 360 x 39,0	353	128	2,05	0,00	0,764	5545	15,71	0,758	2,33	0,00
W 360 x 44,0	352	171	2,05	0,00	0,764	5545	15,75	0,759	2,32	0,00
W 360 x 51,0	355	171	2,05	0,00	0,764	5545	15,62	0,757	2,34	0,00
W 360 x 57,8	358	172	2,05	0,00	0,764	5545	15,49	0,756	2,35	0,00
W 360 x 64,0	347	203	2,05	0,00	0,764	5545	15,98	0,762	2,30	0,00
W 360 x 72,0	350	204	2,05	0,00	0,764	5545	15,84	0,760	2,31	0,00
W 360 x 79,0	354	205	2,05	0,00	0,764	5545	15,66	0,758	2,33	0,00
W 410 x 38,8	399	140	2,05	0,00	0,764	5545	13,90	0,737	2,55	0,00
W 410 x 46,1	403	140	2,05	0,00	0,764	5545	13,76	0,735	2,57	0,00
W 410 x 53,0	403	177	2,05	0,00	0,764	5545	13,76	0,735	2,57	0,00
W 410 x 60,0	407	178	2,05	0,00	0,764	5545	13,62	0,733	2,59	0,00
W 410 x 67,0	410	179	2,05	0,00	0,764	5545	13,52	0,732	2,61	0,00
W 410 x 75,0	413	180	2,05	0,00	0,764	5545	13,43	0,731	2,62	0,00
W 410 x 85,0	417	181	2,05	0,00	0,764	5545	13,30	0,730	2,64	0,00
W 460 x 52,0	450	152	2,05	0,00	0,764	5545	12,32	0,718	2,81	0,00
W 460 x 60,0	455	153	2,05	0,00	0,764	5545	12,19	0,716	2,83	0,00
W 460 x 68,0	459	154	2,05	0,00	0,764	5545	12,08	0,715	2,85	0,00
W 460 x 74,0	457	190	2,05	0,00	0,764	5545	12,13	0,716	2,84	0,00
W 460 x 82,0	460	191	2,05	0,00	0,764	5545	12,05	0,715	2,85	0,00
W 460 x 89,0	463	192	2,05	0,00	0,764	5545	11,98	0,714	2,87	0,00
W 460 x 97,0	466	193	2,05	0,00	0,764	5545	11,90	0,713	2,88	0,00
W 460 x 106,0	469	194	2,05	0,00	0,764	5545	11,82	0,712	2,90	0,00
W 530 x 66,0	525	165	2,05	0,00	0,764	5545	10,56	0,697	3,18	0,00
W 530 x 72,0	524	207	2,05	0,00	0,764	5545	10,58	0,697	3,17	0,00
W 530 x 74,0	529	166	2,05	0,00	0,764	5545	10,48	0,696	3,20	0,00
W 530 x 82,0	528	209	2,05	0,00	0,764	5545	10,50	0,696	3,19	0,00
W 530 x 85,0	535	166	2,05	0,00	0,764	5545	10,36	0,694	3,23	0,00
W 530 x 92,0	533	209	2,05	0,00	0,764	5545	10,40	0,695	3,22	0,00
W 530 x 101,0	537	210	2,05	0,00	0,764	5545	10,33	0,694	3,24	0,00
W 530 x 109,0	539	211	2,05	0,00	0,764	5545	10,29	0,693	3,25	0,00
W 610 x 101,0	603	228	2,05	0,00	0,764	5545	9,20	0,716	3,75	0,00
W 610 x 113,0	608	228	2,05	0,00	0,764	5545	9,12	0,715	3,78	0,00
W 610 x 125,0	612	229	2,05	0,00	0,764	5545	9,06	0,714	3,80	0,00
W 610 x 140,0	617	230	2,05	0,00	0,764	5545	8,99	0,713	3,82	0,00
W 610 x 155,0	611	324	2,05	0,00	0,764	5545	9,08	0,714	3,79	0,00
W 610 x 174,0	616	325	2,05	0,00	0,764	5545	9,00	0,713	3,82	0,00

Fonte: Autor

Tabela 17 – Ações do Vento 90° de arrasto nas diagonais

Perfil I	d (mm)	bf (mm)	Cx	Cy	q (kN/m ²)	l (mm)	l/d	k	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
W 150 x 13,0	148	100	0,50	0,90	0,764	5545	37,47	0,862	0,27	0,33
W 150 x 18,0	153	102	0,50	0,90	0,764	5545	36,24	0,859	0,28	0,33
W 150 x 24,0	160	102	0,50	0,90	0,764	5545	34,66	0,854	0,29	0,33
W 200 x 15,0	200	100	0,50	0,90	0,764	5545	27,73	0,833	0,35	0,32
W 200 x 19,3	203	102	0,50	0,90	0,764	5545	27,32	0,832	0,36	0,32
W 200 x 22,5	206	102	0,50	0,90	0,764	5545	26,92	0,831	0,36	0,32
W 200 x 26,6	207	133	0,50	0,90	0,764	5545	26,79	0,830	0,36	0,42
W 200 x 31,3	210	134	0,50	0,90	0,764	5545	26,40	0,829	0,37	0,42
W 250 x 17,9	251	101	0,50	0,90	0,764	5545	22,09	0,816	0,43	0,31
W 250 x 22,3	254	102	0,50	0,90	0,764	5545	21,83	0,815	0,44	0,32
W 250 x 25,3	257	102	0,50	0,90	0,764	5545	21,58	0,815	0,44	0,32
W 250 x 28,4	260	102	0,50	0,90	0,764	5545	21,33	0,814	0,45	0,32
W 250 x 32,7	258	146	0,50	0,90	0,764	5545	21,49	0,814	0,45	0,45
W 250 x 38,7	262	147	0,50	0,90	0,764	5545	21,16	0,813	0,45	0,46
W 250 x 44,8	266	148	0,50	0,90	0,764	5545	20,85	0,813	0,46	0,46
W 310 x 21,0	303	101	0,50	0,90	0,764	5545	18,30	0,790	0,51	0,30
W 310 x 23,8	305	101	0,50	0,90	0,764	5545	18,18	0,788	0,51	0,30
W 310 x 28,3	309	102	0,50	0,90	0,764	5545	17,94	0,785	0,51	0,31
W 310 x 32,7	313	102	0,50	0,90	0,764	5545	17,72	0,783	0,52	0,30
W 310 x 38,7	310	165	0,50	0,90	0,764	5545	17,89	0,785	0,52	0,49
W 310 x 44,5	313	166	0,50	0,90	0,764	5545	17,72	0,783	0,52	0,50
W 310 x 52,0	317	167	0,50	0,90	0,764	5545	17,49	0,780	0,52	0,50
W 360 x 32,9	349	127	0,50	0,90	0,764	5545	15,89	0,761	0,56	0,37
W 360 x 39,0	353	128	0,50	0,90	0,764	5545	15,71	0,758	0,57	0,37
W 360 x 44,0	352	171	0,50	0,90	0,764	5545	15,75	0,759	0,57	0,49
W 360 x 51,0	355	171	0,50	0,90	0,764	5545	15,62	0,757	0,57	0,49
W 360 x 57,8	358	172	0,50	0,90	0,764	5545	15,49	0,756	0,57	0,50
W 360 x 64,0	347	203	0,50	0,90	0,764	5545	15,98	0,762	0,56	0,59
W 360 x 72,0	350	204	0,50	0,90	0,764	5545	15,84	0,760	0,56	0,59
W 360 x 79,0	354	205	0,50	0,90	0,764	5545	15,66	0,758	0,57	0,59
W 410 x 38,8	399	140	0,50	0,90	0,764	5545	13,90	0,737	0,62	0,39
W 410 x 46,1	403	140	0,50	0,90	0,764	5545	13,76	0,735	0,63	0,39
W 410 x 53,0	403	177	0,50	0,90	0,764	5545	13,76	0,735	0,63	0,50
W 410 x 60,0	407	178	0,50	0,90	0,764	5545	13,62	0,733	0,63	0,50
W 410 x 67,0	410	179	0,50	0,90	0,764	5545	13,52	0,732	0,64	0,50
W 410 x 75,0	413	180	0,50	0,90	0,764	5545	13,43	0,731	0,64	0,50
W 410 x 85,0	417	181	0,50	0,90	0,764	5545	13,30	0,730	0,64	0,50
W 460 x 52,0	450	152	0,50	0,90	0,764	5545	12,32	0,718	0,68	0,42
W 460 x 60,0	455	153	0,50	0,90	0,764	5545	12,19	0,716	0,69	0,42
W 460 x 68,0	459	154	0,50	0,90	0,764	5545	12,08	0,715	0,70	0,42
W 460 x 74,0	457	190	0,50	0,90	0,764	5545	12,13	0,716	0,69	0,52
W 460 x 82,0	460	191	0,50	0,90	0,764	5545	12,05	0,715	0,70	0,52
W 460 x 89,0	463	192	0,50	0,90	0,764	5545	11,98	0,714	0,70	0,52
W 460 x 97,0	466	193	0,50	0,90	0,764	5545	11,90	0,713	0,70	0,52
W 460 x 106,0	469	194	0,50	0,90	0,764	5545	11,82	0,712	0,71	0,53
W 530 x 66,0	525	165	0,50	0,90	0,764	5545	10,56	0,697	0,77	0,44
W 530 x 72,0	524	207	0,50	0,90	0,764	5545	10,58	0,697	0,77	0,55

Perfil I	d (mm)	bf (mm)	Cx	Cy	q (kN/m ²)	I (mm)	I/d	k	Fx (kN/m)	Fy (kN/m)
W 530 x 74,0	529	166	0,50	0,90	0,764	5545	10,48	0,696	0,78	0,44
W 530 x 82,0	528	209	0,50	0,90	0,764	5545	10,50	0,696	0,78	0,55
W 530 x 85,0	535	166	0,50	0,90	0,764	5545	10,36	0,694	0,79	0,44
W 530 x 92,0	533	209	0,50	0,90	0,764	5545	10,40	0,695	0,78	0,55
W 530 x 101,0	537	210	0,50	0,90	0,764	5545	10,33	0,694	0,79	0,56
W 530 x109,0	539	211	0,50	0,90	0,764	5545	10,29	0,693	0,79	0,56
W 610 x 101,0	603	228	0,50	0,90	0,764	5545	9,20	0,716	0,91	0,62
W 610 x 113,0	608	228	0,50	0,90	0,764	5545	9,12	0,715	0,92	0,62
W 610 x 125,0	612	229	0,50	0,90	0,764	5545	9,06	0,714	0,93	0,62
W 610 x 140,0	617	230	0,50	0,90	0,764	5545	8,99	0,713	0,93	0,63
W 610 x 155,0	611	324	0,50	0,90	0,764	5545	9,08	0,714	0,92	0,88
W 610 x 174,0	616	325	0,50	0,90	0,764	5545	9,00	0,713	0,93	0,88

Fonte: Autor

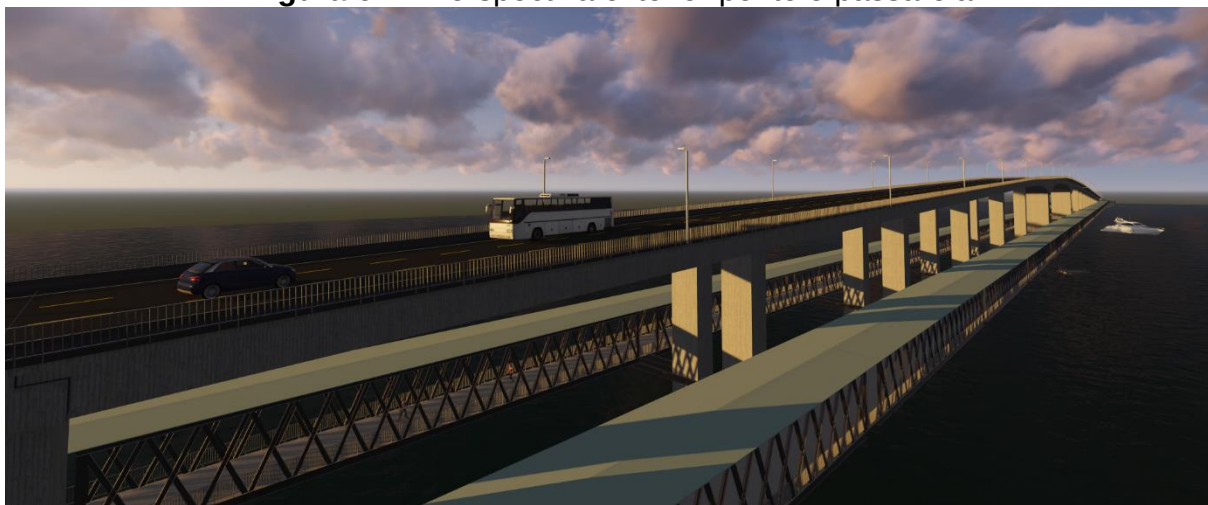
APÊNDICE D – RENDERIZAÇÕES

Figura 60 – Perspectiva de pedestres e ciclistas de dentro da passarela



Fonte: Autor

Figura 61 – Perspectiva exterior ponte e passarela



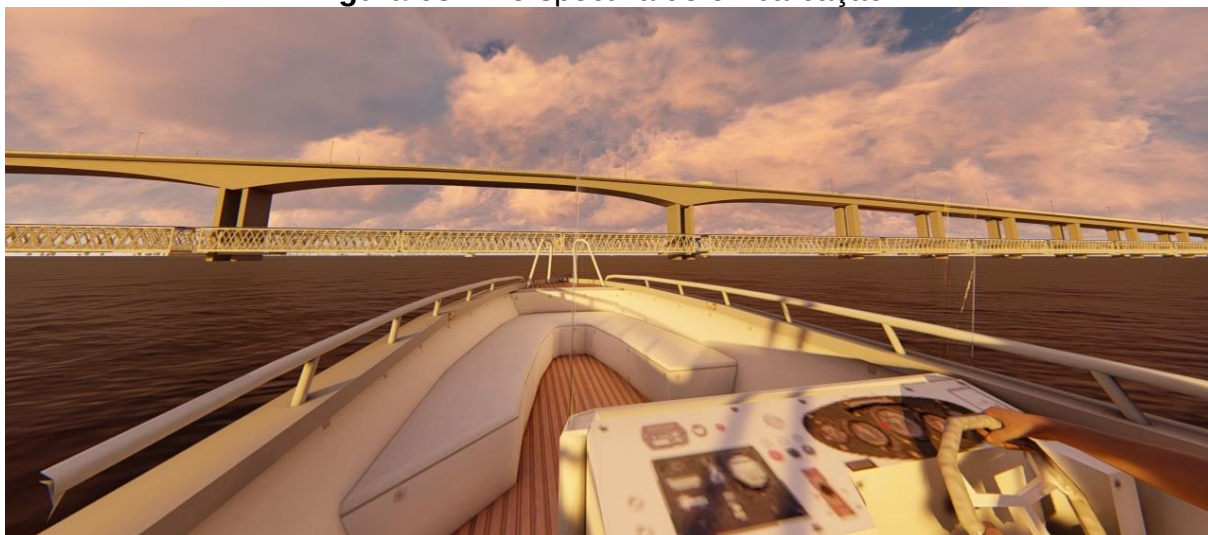
Fonte: Autor

Figura 62 – Perspectiva de embarcação 1



Fonte: Autor

Figura 63 – Perspectiva de embarcação 2



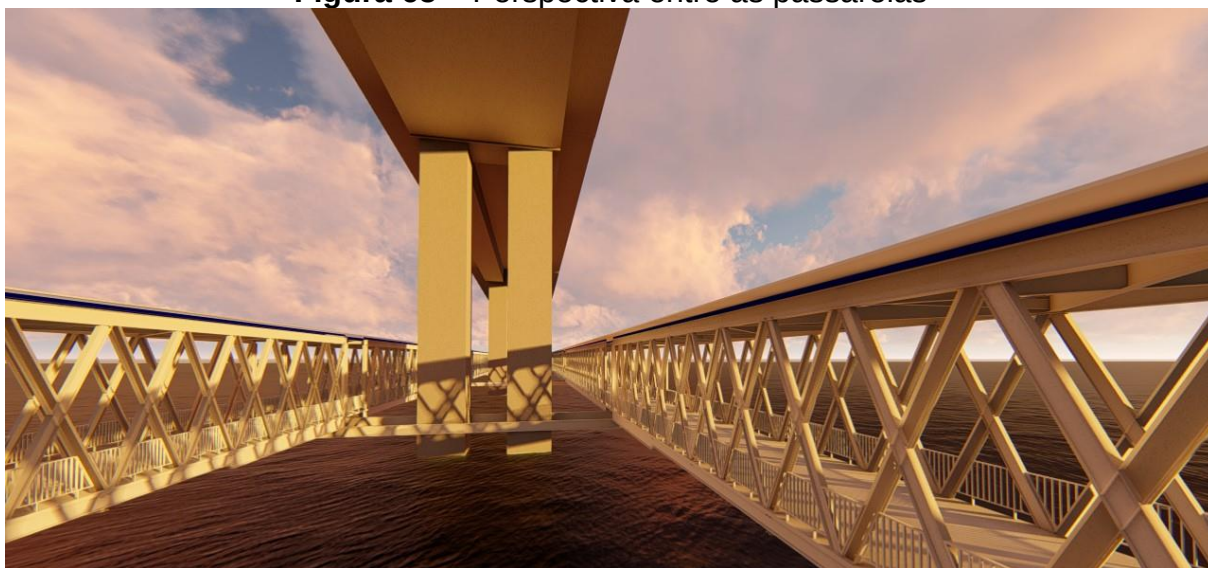
Fonte: Autor

Figura 64 – Perspectiva dos pedestres ao pôr do sol



Fonte: Autor

Figura 65 – Perspectiva entre as passarelas



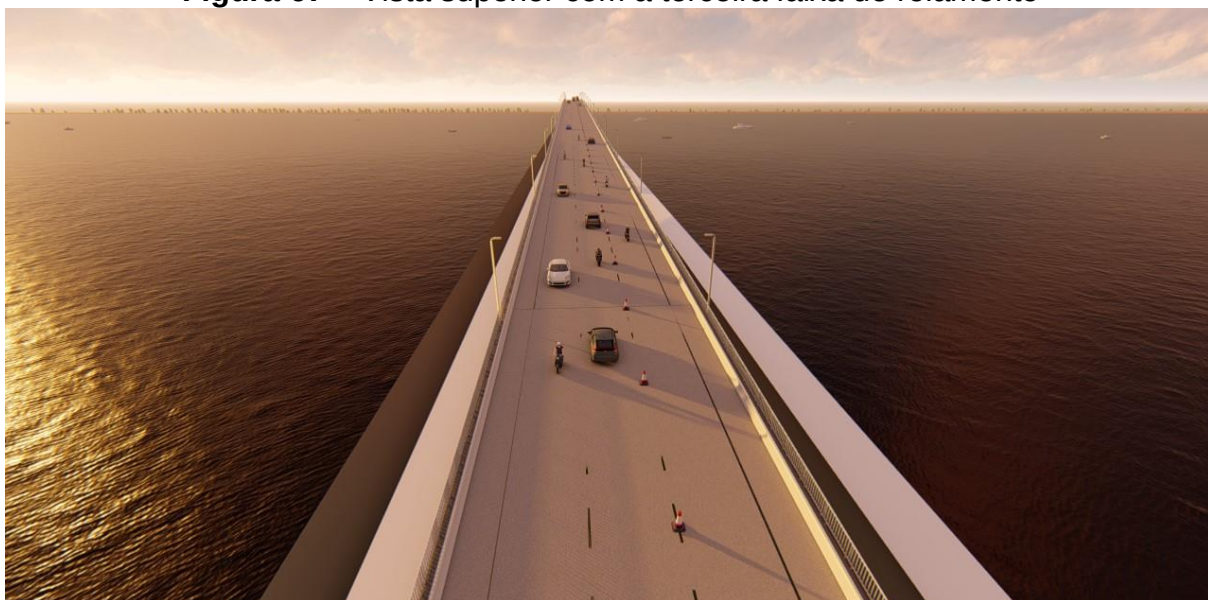
Fonte: Autor

Figura 66 – Fluxo de veículos com a terceira faixa de rolamento



Fonte: Autor

Figura 67 – Vista superior com a terceira faixa de rolamento



Fonte: Autor

Figura 68 – Inversão do sentido da terceira faixa de rolamento



Fonte: Autor

Figura 69 – Perspectiva diurna



Fonte: Autor

Figura 70 – Perspectiva noturna 1



Fonte: Autor

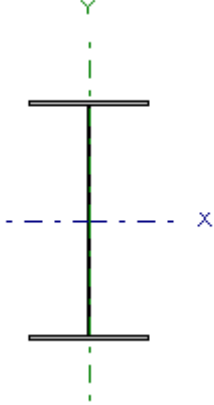
Figura 71 – Perspectiva noturna 2



Fonte: Autor

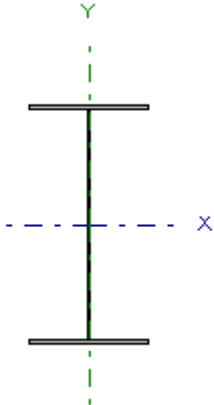
APÊNDICE E – DADOS DOS PERFIS

Quadro 23 – Dados do perfil calculado para os banzos superiores

	Elemento:	Banzo superior					
	Perfil:	W 410 x 85					
	Material:	Aço (A-572)					
	Nós		Comprimento o (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
	N4	N30	2,4	108.6	31221.7 6	1802.8 0	89.17
				Flambagem		Flambagem Lateral	
				Eixo - X	Eixo - Y	Eixo - X	Eixo - Y
	β: Coeficiente de Flambagem			1.00	1.00	1.00	1.00
	Lk: Comprimento de Flambagem			2.40	2.40	2.40	2.40
	Cb: Fator de modificação para momento crítico					1.00	

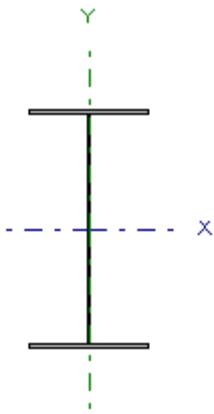
Fonte: Autor

Quadro 24 – Dados do perfil calculado para os banzos inferiores

	Elemento:	Banzo inferior					
	Perfil:	W 610 x 140					
	Material:	Aço (A-572)					
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
	N1	N193	2,4	179.30	110858.59	4512.52	210.67
				Flambagem		Flambagem Lateral	
				Eixo - X	Eixo - Y	Eixo - X	Eixo - Y
	β: Coeficiente de Flambagem			1.00	1.00	1.00	1.00
	Lk: Comprimento de Flambagem			2.40	2.40	2.40	2.40
	Cb: Fator de modificação para momento crítico					1.00	

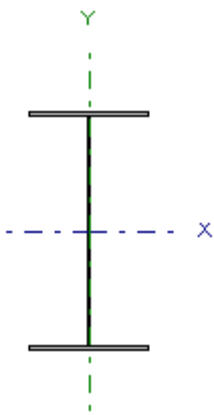
Fonte: Autor

Quadro 25 – Dados do perfil calculado para os montantes superiores

	Elemento:	Montante superior					
	Perfil:	W 200 x 15					
	Material:	Aço (A-572)					
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
	N36	N165	5,0	19.40	1231.09	86.79	1.44
				Flambagem		Flambagem Lateral	
				Eixo - X	Eixo - Y	Eixo - X	Eixo - Y
	β: Coeficiente de Flambagem			1.00	1.00	1.00	1.00
	L _k : Comprimento de Flambagem			5,00	5.00	5.00	5.00
	C _b : Fator de modificação para momento crítico					1.00	

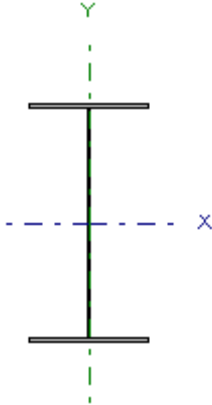
Fonte: Autor

Quadro 26 – Dados do perfil calculado para os montantes inferiores

	Elemento:	Montante inferior					
	Perfil:	W 360 x 72					
	Material:	Aço (A-572)					
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
	N11	N102	5.0	91.30	19630.26	2138.26	53.60
				Flambagem		Flambagem Lateral	
				Eixo - X	Eixo - Y	Eixo - X	Eixo - Y
	β: Coeficiente de Flambagem			1.00	1.00	1.00	1.00
	L _k : Comprimento de Flambagem			5.00	5.00	5.00	5.00
	C _b : Fator de modificação para momento crítico					1.00	

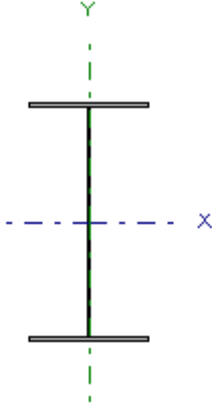
Fonte: Autor

Quadro 27 – Dados do perfil calculado para os montantes verticais

	Elemento:	Montante vertical					
	Perfil:	W 410 x 85					
	Material:	Aço (A-572)					
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
	N1	N4	5.0	108.6	31221.76	1802.80	89.17
				Flambagem		Flambagem Lateral	
				Eixo - X	Eixo - Y	Eixo - X	Eixo - Y
	β: Coeficiente de Flambagem			1.00	1.00	1.00	1.00
	L _k : Comprimento de Flambagem			5.00	5.00	5.00	5.00
	C _b : Fator de modificação para momento crítico					1.00	

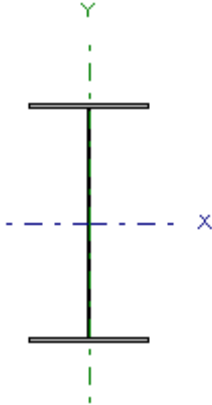
Fonte: Autor

Quadro 28 – Dados do perfil calculado para os contraventamentos superiores

	Elemento:	Contraventamento superior					
	Perfil:	W 360 x 44					
	Material:	Aço (A-572)					
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
	N37	N116	6.90	57.70	11926.35	817.61	14.37
				Flambagem		Flambagem Lateral	
				Eixo - X	Eixo - Y	Eixo - X	Eixo - Y
	β: Coeficiente de Flambagem			1.00	1.00	1.00	1.00
	L _k : Comprimento de Flambagem			6.90	6.90	6.90	6.90
	C _b : Fator de modificação para momento crítico					1.00	

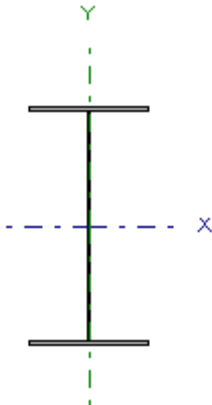
Fonte: Autor

Quadro 29 – Dados do perfil calculado para os contraventamentos inferiores

	Elemento:	Contraventamento inferior					
	Perfil:	W 410 x 85					
	Material:	Aço (A-572)					
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
	N73	N6	6.93	108.60	31221.76	1802.80	89.17
				Flambagem		Flambagem Lateral	
				Eixo - X	Eixo - Y	Eixo - X	Eixo - Y
	β: Coeficiente de Flambagem			1.00	1.00	1.00	1.00
	L _k : Comprimento de Flambagem			6.93	6.93	6.93	6.93
	C _b : Fator de modificação para momento crítico					1.00	

Fonte: Autor

Quadro 30 – Dados do perfil calculado para as diagonais

	Elemento:	Diagonais					
	Perfil:	W 250 x 32.7					
	Material:	Aço (A-572)					
	Nós		Comprimento (m)	Características mecânicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	I _t (cm ⁴)
	N1	N72	2.775	42.10	4818.22	472.46	9.15
				Flambagem		Flambagem Lateral	
				Eixo - X	Eixo - Y	Eixo - X	Eixo - Y
	β: Coeficiente de Flambagem			1.00	1.00	1.00	1.00
	L _k : Comprimento de Flambagem			2.775	2.775	2.775	2.775
	C _b : Fator de modificação para momento crítico					1.00	

Fonte: Autor

ANEXO A – CONTAGEM VOLUMÉTRICA DE VEÍCULOS NA PONTE FHC

Tabela 18 – Contagem volumétrica de veículos



Secretaria Municipal

de Infraestrutura, Serviços Públicos,

Trânsito e Transporte.

NOME DO PESQUISADOR		Ronnielli Stefani Souza Silva		CÓDIGO DO PESQUISADOR	2		
DATA	16/08/2017	PASSO DO TEMPO	00:15:00				
LOCAL/SENTIDO		Ponte paraíso / Palmas					
HORÁRIO INICIAL	HORÁRIO FINAL	TOTAL MOTOS	TOTAL AUTOS	TOTAL ÔNIBUS LINHA	TOTAL ÔNIBUS INTERMUNICIPAL	TOTAL CAMINHÕES	TOTAL BICICLETA
6:00:00	6:15:00	26	13	0	0	0	3
6:15:00	6:30:00	53	41	1	1	4	3
6:30:00	6:45:00	81	42	1	2	6	1
6:45:00	7:00:00	116	95	1	3	7	3
7:00:00	7:15:00	87	103	2	0	8	0
7:15:00	7:30:00	84	134	0	3	8	3
7:30:00	7:45:00	121	141	0	2	15	0
7:45:00	8:00:00	93	148	2	2	7	1
8:00:00	8:15:00	39	82	1	1	2	1
8:15:00	8:30:00	38	88	0	4	2	1
8:30:00	8:45:00	25	68	0	2	4	1
8:45:00	9:00:00	17	77	0	1	9	0
9:00:00	9:15:00	23	57	1	1	4	0
9:15:00	9:30:00	16	51	0	0	5	0
9:30:00	9:45:00	59	50	0	2	5	0
9:45:00	10:00:00	21	57	0	3	7	0
10:00:00	10:15:00	29	58	1	0	8	0
10:15:00	10:30:00	15	62	0	0	11	0
10:30:00	10:45:00	22	52	0	0	10	0
10:45:00	11:00:00	15	37	0	3	5	0
11:00:00	11:15:00	24	61	0	0	4	0
11:15:00	11:30:00	16	43	0	1	4	1
11:30:00	11:45:00	15	49	0	1	6	0
11:45:00	12:00:00	13	56	0	0	2	0
12:00:00	12:15:00	19	45	1	0	6	0
12:15:00	12:30:00	22	70	0	1	4	0
12:30:00	12:45:00	16	52	0	2	4	0
12:45:00	13:00:00	19	50	0	0	7	0
13:00:00	13:15:00	16	56	1	3	6	0
13:15:00	13:30:00	33	58	0	0	3	0
13:30:00	13:45:00	35	54	0	2	10	0
13:45:00	14:00:00	24	48	0	1	5	0



Secretaria Municipal

de Infraestrutura, Serviços Públicos,

Trânsito e Transporte.

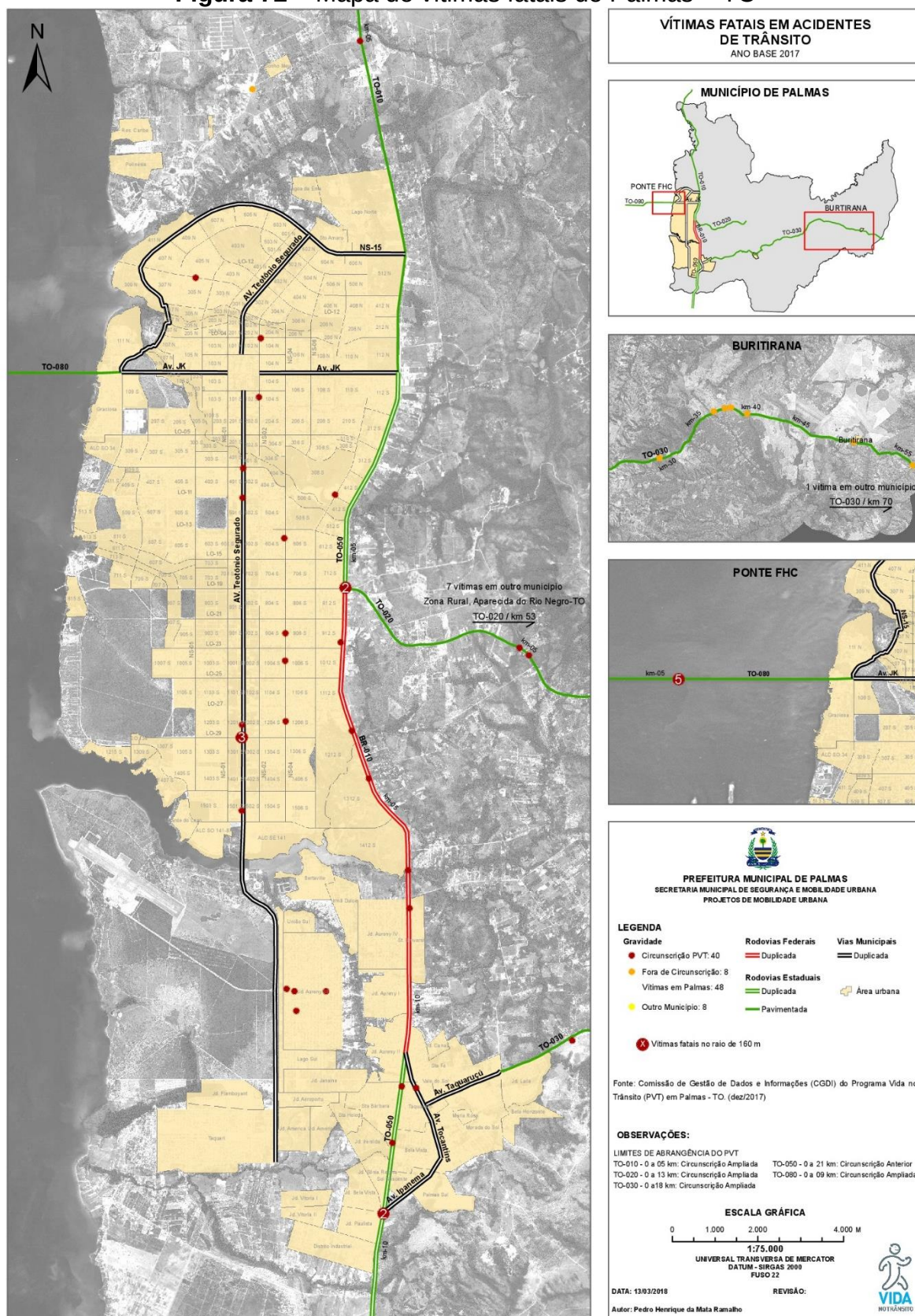


NOME DO PESQUISADOR		Ronnielli Stefani Souza Silva		CÓDIGO DO PESQUISADOR	2		
DATA	16/08/2017	PASSO DO TEMPO	00:15:00				
LOCAL/SENTIDO		Ponte paraíso / Palmas					
HORÁRIO INICIAL	HORÁRIO FINAL	TOTAL MOTOS	TOTAL AUTOS	TOTAL ÔNIBUS LINHA	TOTAL ÔNIBUS INTERMUNICIPAL	TOTAL CAMINHÕES	TOTAL BICICLETA
14:00:00	14:15:00	20	70	1	0	9	0
14:15:00	14:30:00	18	58	0	0	15	1
14:30:00	14:45:00	25	54	0	0	7	0
14:45:00	15:00:00	13	44	0	1	0	0
15:00:00	15:15:00	14	36	1	0	8	0
15:15:00	15:30:00	23	61	0	0	7	0
15:30:00	15:45:00	13	60	0	0	4	0
15:45:00	16:00:00	18	62	1	1	8	0
16:00:00	16:15:00	18	45	0	0	10	4
16:15:00	16:30:00	14	46	0	1	10	0
16:30:00	16:45:00	34	57	1	0	13	0
16:45:00	17:00:00	35	52	0	1	9	2
17:00:00	17:15:00	28	53	1	0	0	0
17:15:00	17:30:00	16	63	0	1	8	0
17:30:00	17:45:00	46	63	0	0	2	1
17:45:00	18:00:00	28	74	0	2	2	1
18:00:00	18:15:00	35	84	0	1	10	2
18:15:00	18:30:00	32	70	0	5	6	1
18:30:00	18:45:00	24	59	1	4	5	2
18:45:00	19:00:00	10	0	0	0	0	0
19:00:00	19:15:00	31	106	1	2	9	0
19:15:00	19:30:00	17	1	0	0	0	2
19:30:00	19:45:00	20	181	0	4	16	0
19:45:00	20:00:00	16	57	1	0	6	2
20:00:00	20:15:00	7	33	2	2	3	1
20:15:00	20:30:00	11	25	0	1	4	3
20:30:00	20:45:00	8	24	0	1	8	12
20:45:00	21:00:00	8	33	0	3	5	0
21:00:00	21:15:00	7	26	0	1	2	0
21:15:00	21:30:00	2	27	0	1	4	1
21:30:00	21:45:00	11	27	0	0	2	0
21:45:00	22:00:00	6	16	0	0	3	0

Fonte: SEINFRA (2017)

ANEXO B – MAPA DE VÍTIMAS FATAIS DE PALMAS-TO

Figura 72 – Mapa de vítimas fatais de Palmas – TO



Fonte: SEMOB (2018)

ANEXO C – RELAÇÃO DE ACIDENTES NA TO-080 (2015/2017)

Figura 73 – Relação de acidentes na TO-080 (2015/2016)

B.A		ANO	AMBIENTE_INTERNO_NOME_DO_ESTABELECIMENTO
138		2015	TO 080, KM 05
522		2015	TO 080, KM 05, PORTO NACIONAL-TO
822		2015	TO-080, KM 06
3655		2015	ATERRO DA PONTE FERNANDO II. CARDOSO, PALMAS-TO
3704		2015	RODOVIA TO 080, KM 04, PALMAS-TO
3718		2015	RCD. 080, KM 04
5035		2015	PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO, PALMAS-TO
5528		2015	PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO, PALMAS-TO
5626		2015	TO 080, KM 08, PONTE DA AMIZADE, PALMAS-TO
5629		2015	TO 080, KM 05, PALMAS-TO
7056		2015	PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO, PALMAS-TO
9628		2015	TO 080, KM 7,8
9759		2015	TO 080 KM 02 PALMAS-TOCANTINS
9901		2015	TO-080 KM 02
10573		2015	TO-080, KM 08, PORTO NACIONAL
11049		2015	PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO, TO 080, KM 07, PALMAS-TO.
12414		2015	RODOVIA 080, KM 6.2. PALMAS-TO
12417		2015	TO 080, KM 06, PALMAS-TO
13770		2015	TO-080, PONTE DO LAGO DE PALMAS
14442		2015	PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO, KM 05, PALMAS-TO
15882		2015	RODOVIA TO 080, KM 08, LUZIMANGUES, PORTO NACIONAL-TO
17029		2015	RODOVIA TO 080, KM 05, PALMAS-TO
17153		2015	TO 080, KM 08, PORTO NACIONAL - TO.
17926		2015	PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO. PALMAS-TO
20371		2015	TO 080, PONTE FHC, PALMAS-TO
21694		2015	PONTE FHC TO-080 KM 01
21696		2015	TO-080 PONTE FHC NO KM 02
22212		2015	TO 080, KM 07, PALMAS-TO
23895		2015	PONTE DA INTEGRAÇÃO NACIONAL FHC
24011		2015	TO 080, KM 06
24484		2015	TO-080 KM 6.5-PORTO NACIONAL
24966		2015	PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO, PALMAS-PARAISO -TO.
25047		2015	PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO
25351		2015	TO 080, <M 0,5, PALMAS-TO
25379		2015	TO-080 KM 02
25986		2015	PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO, PALMAS-TO
26056		2015	TO-080 KM 07
28080		2015	RODOVIA TO 050, KM 08, PALMAS-TO
30286		2015	TO 080, KM 01
30828		2015	TO 080, KM 6
844		2016	PONTE FHC RODOVIA 080 KM 07 PALMAS-TO
4631		2016	TO-080, KM 02
4855		2016	TO-080 KM 01 PONTE FERNANDO H. CARDOSO
6645		2016	TO-080 KM 01 PALMAS-TO
9955		2016	ROD. TO 080 PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO
13570		2016	TO 080 KM 1 (PONTE VAZANTE I)
14132		2016	TO 080 KM 01
15179		2016	PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO
15875		2016	TO-080 KM-04 PALMAS TO

Fonte: PM-TO (2018)

Figura 74 – Relação de acidentes na TO-080 (2016/2017)

15950		2016	PONTE FHC, KM 06, PALMAS-TO
16391		2016	PONTE FHC TO 020, ROD 080 KM 02
17375		2016	ROD. TO 080 KM 06
20189		2016	RODOVIA TO-080 - KM 03 - PONTE FHC - PALMAS-TO
21111		2016	TO 080 PALMAS PARAISO EM CIMA DO VÃO PORTO NACIONAL TO
23021		2016	RODOVIA TO-080, PONTE FHC, KM 07, PALMAS-TO
25384		2016	RODOVIA TO-080, PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO
1114		2017	TO-080 KM 02 SENTIDO OESTE/LESTE
3455		2017	TO 080, KM 0,5, PALMAS-TO
3726		2017	ROD. TO 080, KM 5, PALMAS-TO
4677		2017	TO 080 KM 02
4929		2017	TO-080, KM 03-PALMAS-TO
7101		2017	TO 080 KM 08 PONTE FHC
7741		2017	PONTE FHC- AVENIDA JK
9301		2017	TO 080, KM 05, PALMAS-TO
9308		2017	TO-080 KM 3 PONTE FHC PALMAS TO
10814		2017	PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO, OESTE-LESTE, PALMAS-TO
13453		2017	TO-080 PONTE FERNANDO CARDOSO PALMAS TO
13552		2017	TO 080, KM 05, PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO, PALMAS-TO
14239		2017	TO- 080 KM 06 PALMAS TO
14923		2017	TO 080, KM 07, PORTO NACIONAL-TO
16868		2017	ROD. 080, KM 03, PALMAS
18458		2017	TO- 080 KM 02 PALMAS TO
18669		2017	RODOVIA TO-080 - KM 08 - PORTO NACIONAL - TO
19801		2017	TO 080, KM 07, PORTO NACIONAL-TO
19921		2017	TO 08 PONTE FERNANDO HENRIQUE
20792		2017	PONTE FERNANDES HENRIQUE CARDOSO ROD. TO-080 KMS
21277		2017	PONTE FERNANDO HENRIQUE CARDOSO
21278		2017	PONTE FHC
21299		2017	PONTE FHC KM 5
23933		2017	PONTE FHC KM 7
25048		2017	TO-080 KM 01
27068		2017	PORTO NACIONAL, ROD. 080, KM 7,2

Fonte: PM-TO (2018)

Figura 75 – Acidentes por categoria (2015/2017)

TIPO DE VEÍCULO	QTD.
AUTOMÓVEL	8563
MOTOCICLETA	2830
MOTONETA	904
CAMIONETA	863
CAMINHÃO	793
CAMINHONETE	712
ÔNIBUS/MICROÔNIBUS	583
MOTO	232
REBOQUE	69
BICICLETA	46
SEMI REBOQUE	28
MÁQUINA PESADA	12
CARROÇA	1
MOBILETE	1
UTILITÁRIO	1

Total de 11850 acidentes de trânsito no período.

Fonte: PM-TO (2018)

ANEXO D – CATALOGO DE PERFIS W GERDAU

Tabela 19 – Perfis Estruturais Gerdau

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	bf mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X-X				EIXO Y-Y				rt cm	It cm ⁴	ESBELTEZ		Cw cm ⁶	u m ² /m
				tw mm	tf mm				lx cm ⁴	Wx cm ³	rx cm	Zx cm ³	ly cm ⁴	Wy cm ³	ry cm	Zy cm ³			MESA bf/2tf	ALMA d'/tw		
W 150 x 13,0	13	148	100	4,3	4,9	138	118	16,6	635	85,8	6,18	96,4	82	16,4	2,2	25,5	2,6	1,72	10,2	27,5	4.181	0,7
W 150 x 18,0	18	153	102	5,8	7,1	139	119	23,4	939	122,8	6,34	139,4	126	24,7	2,3	38,5	2,7	4,34	7,18	20,5	6.683	0,7
W 150 x 22,5 (H)	23	152	152	5,8	6,6	139	119	29	1229	161,7	6,51	179,6	387	50,9	3,7	77,9	4,1	4,75	11,5	20,5	20.417	0,9
W 150 x 24,0	24	160	102	6,6	10	139	115	31,5	1384	173	6,63	197,6	183	35,9	2,4	55,8	2,7	11,08	4,95	17,5	10.206	0,7
W 150 x 29,8 (H)	30	157	153	6,6	9,3	138	118	38,5	1739	221,5	6,72	247,5	556	72,6	3,8	110,8	4,2	10,95	8,23	17,9	30.277	0,9
W 150 x 37,1 (H)	37	162	154	8,1	12	139	119	47,8	2244	277	6,85	313,5	707	91,8	3,8	140,4	4,2	20,58	6,64	14,7	39.930	0,9
W 200 x 15,0	15	200	100	4,3	5,2	190	170	19,4	1305	130,5	8,2	147,9	87	17,4	2,1	27,3	2,6	2,05	9,62	39,4	8.222	0,8
W 200 x 19,3	19	203	102	5,8	6,5	190	170	25,1	1686	166,1	8,19	190,6	116	22,7	2,1	35,9	2,6	4,02	7,85	29,3	11.098	0,8
W 200 x 22,5	23	206	102	6,2	8	190	170	29	2029	197	8,37	225,5	142	27,9	2,2	43,9	2,6	6,18	6,38	27,4	13.868	0,8
W 200 x 26,6	27	207	133	5,8	8,4	190	170	34,2	2611	252,3	8,73	282,3	330	49,6	3,1	76,3	3,5	7,65	7,92	29,3	32.477	0,9
W 200 x 31,3	31	210	134	6,4	10	190	170	40,3	3168	301,7	8,86	338,6	410	61,2	3,2	94	3,6	12,59	6,57	26,5	40.822	0,9
W 200 x 35,9 (H)	36	201	165	6,2	10	181	161	45,7	3437	342	8,67	379,2	764	92,6	4,1	141	4,5	14,51	8,09	25,9	69.502	1
W 200 x 41,7 (H)	42	205	166	7,2	12	181	157	53,5	4114	401,4	8,77	448,6	901	108,5	4,1	165,7	4,5	23,19	7,03	21,9	83.948	1
W 200 x 46,1 (H)	46	203	203	7,2	11	181	161	58,6	4543	447,6	8,81	495,3	1535	151,2	5,1	229,5	5,6	22,01	9,23	22,4	141.342	1,2
W 200 x 52,0 (H)	52	206	204	7,9	13	181	157	66,9	5298	514,4	8,9	572,5	1784	174,9	5,2	265,8	5,6	33,34	8,1	19,9	166.710	1,2
HP 200 x 53,0 (H)	53	204	207	11	11	181	161	68,1	4977	488	8,55	551,3	1673	161,7	5	248,6	5,6	31,93	9,16	14,3	155.075	1,2
W 200 x 59,0 (H)	59	210	205	9,1	14	182	158	76	6140	584,8	8,99	655,9	2041	199,1	5,2	303	5,6	47,69	7,22	17,3	195.418	1,2
W 200 x 71,0 (H)	71	216	206	10	17	181	161	91	7660	709,2	9,17	803,2	2537	246,3	5,3	374,5	5,7	81,66	5,92	15,8	249.976	1,2
W 200 x 86,0 (H)	86	222	209	13	21	181	157	111	9498	855,7	9,26	984,2	3139	300,4	5,3	458,7	5,8	142,2	5,07	12,1	317.844	1,2
W 200 x 100,0 (H)*	100	229	210	15	24	182	158	127	11355	991,7	9,45	1152	3664	349	5,4	533,4	5,8	212,6	4,43	10,9	385.454	1,3

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	bf mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X-X				EIXO Y-Y				rt cm	lt cm ⁴	ESBELTEZ		Cw cm ⁶	u m ² /m
				tw mm	tf mm				lx cm ⁴	Wx cm ³	rx cm	Zx cm ³	ly cm ⁴	Wy cm ³	ry cm	Zy cm ³			MESA bf/2tf	ALMA d'/tw		
W 250 x 17,9	18	251	101	4,8	5,3	240	220	23,1	2291	182,6	9,96	211	91	18,1	2	28,8	2,5	2,54	9,53	45,9	13.735	0,9
W 250 x 22,3	22	254	102	5,8	6,9	240	220	28,9	2939	231,4	10,1	267,7	123	24,1	2,1	38,4	2,5	4,77	7,39	38	18.629	0,9
W 250 x 25,3	25	257	102	6,1	8,4	240	220	32,6	3473	270,2	10,3	311,1	149	29,3	2,1	46,4	2,6	7,06	6,07	36,1	22.955	0,9
W 250 x 28,4	28	260	102	6,4	10	240	220	36,6	4046	311,2	10,5	357,3	178	34,8	2,2	54,9	2,6	10,34	5,1	34,4	27.636	0,9
W 250 x 32,7	33	258	146	6,1	9,1	240	220	42,1	4937	382,7	10,8	428,5	473	64,8	3,4	99,7	3,9	10,44	8,02	36	73.104	1,1
W 250 x 38,5	39	262	147	6,6	11	240	220	49,6	6057	462,4	11,1	517,8	594	80,8	3,5	124,1	3,9	17,63	6,56	33,3	93.242	1,1
W 250 x 44,8	45	266	148	7,6	13	240	220	57,6	7158	538,2	11,2	606,3	704	95,1	3,5	146,4	4	27,14	5,69	29	112.398	1,1
HP 250 x 62,0 (H)	62	246	256	11	11	225	201	79,6	8728	709,6	10,5	790,5	2995	234	6,1	357,8	6,9	33,46	12	19,1	414.130	1,5
W 250 x 73,0 (H)	73	253	254	8,6	14	225	201	92,7	11257	889,9	11	983,3	3880	305,5	6,5	463,1	7	56,94	8,94	23,3	552.900	1,5
W 250 x 80,0 (H)	80	256	255	9,4	16	225	201	102	12550	980,5	11,1	1089	4313	338,3	6,5	513,1	7	75,02	8,17	21,4	622.878	1,5
HP 250 x 85,0 (H)	85	254	260	14	14	225	201	109	12280	966,9	10,6	1093	4225	325	6,2	499,6	7	82,07	9,03	14	605.403	1,5
W 250 x 89,0 (H)	89	260	256	11	17	225	201	114	14237	1095	11,2	1224	4841	378,2	6,5	574,3	7,1	102,8	7,4	18,8	712.351	1,5
W 250 x 101,0 (H)	101	264	257	12	20	225	201	129	16352	1239	11,3	1395	5549	431,8	6,6	656,3	7,1	147,7	6,56	16,9	828.031	1,5
W 250 x 115,0 (H)	115	269	259	14	22	225	201	146	18920	1407	11,4	1597	6405	494,6	6,6	752,7	7,2	212	5,86	14,9	975.265	1,5
W 250 x 131,0 (H)*	131	275	261	15	25	225	193	168	22243	1618	11,5	1856	7448	570,7	6,7	870,7	7,2	321,1	5,2	12,5	1.161.225	1,5
W 250 x 149,0 (H)*	149	282	263	17	28	225	193	191	26027	1846	11,7	2138	8624	655,8	6,7	1002	7,3	462,1	4,63	11,2	1.384.436	1,6
W 250 x 167,0 (H)*	167	289	265	19	32	225	193	214	30110	2084	11,9	2435	9880	745,7	6,8	1140	7,3	645	4,17	10,1	1.631.156	1,6
W 310 x 21,0	21	303	101	5,1	5,7	292	272	27,2	3776	249,2	11,8	291,9	98	19,5	1,9	31,4	2,4	3,27	8,86	53,3	21.628	1
W 310 x 23,8	24	305	101	5,6	6,7	292	272	30,7	4346	285	11,9	333,2	116	22,9	1,9	36,9	2,5	4,65	7,54	48,5	25.594	1
W 310 x 28,3	28	309	102	6	8,9	291	271	36,5	5500	356	12,3	412	158	31	2,1	49,4	2,6	8,14	5,73	45,2	35.441	1
W 310 x 32,7	33	313	102	6,6	11	291	271	42,1	6570	419,8	12,5	485,3	192	37,6	2,1	59,8	2,6	12,91	4,72	41,1	43.612	1
W 310 x 38,7	39	310	165	5,8	9,7	291	271	49,7	8581	553,6	13,1	615,4	727	88,1	3,8	134,9	4,4	13,2	8,51	46,7	163.728	1,3
W 310 x 44,5	45	313	166	6,6	11	291	271	57,2	9997	638,8	13,2	712,8	855	103	3,9	158	4,4	19,9	7,41	41	194.433	1,3

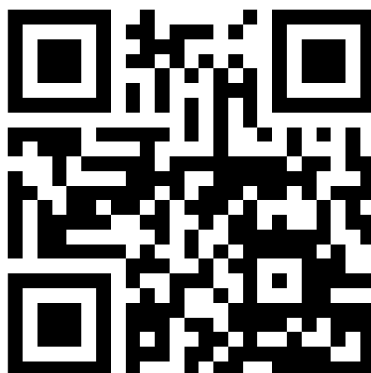
BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	bf mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X-X				EIXO Y-Y				rt cm	lt cm ⁴	ESBELTEZ		Cw cm ⁶	u m ² /m
				tw mm	tf mm				lx cm ⁴	Wx cm ³	rx cm	Zx cm ³	ly cm ⁴	Wy cm ³	ry cm	Zy cm ³			MESA bf/2tf	ALMA d'/tw		
W 310 x 52,0	52	317	167	7,6	13	291	271	67	11909	751,4	13,3	842,5	1026	122,9	3,9	188,8	4,5	31,81	6,33	35,6	236.422	1,3
W 310 x 60,0*	60	303	203	7,5	13	277	245	76,1	12908	852	13	944,3	1829	228,7	4,9	275,4	5,5	40,46	6,29	26,1	383.747	1,4
W 310 x 67,0*	67	306	204	8,5	15	277	245	85,3	14559	951,5	13,1	1060	2069	202,8	4,9	310,5	5,5	55,35	6,99	28,8	438.542	1,4
W 310 x 74,0*	74	310	205	9,4	16	277	245	95,1	16501	1065	13,2	1192	2344	180,2	5	350,5	5,5	75,51	7,75	32,6	504.715	1,4
HP 310 x 79,0 (H)	79	299	306	11	11	277	245	100	16316	1091	12,8	1210	5258	343,7	7,3	525,4	8,2	46,72	13,9	22,3	1.089.258	1,8
HP 310 x 93,0 (H)	93	303	308	13	13	277	245	119	19682	1299	12,9	1450	6387	414,7	7,3	635,5	8,3	77,33	11,8	18,7	1.340.320	1,8
W 310 x 97,0 (H)	97	308	305	9,9	15	277	245	124	22284	1447	13,4	1594	7286	477,8	7,7	725	8,4	92,12	9,9	24,8	1.558.682	1,8
W 310 x 107,0 (H)	107	311	306	11	17	277	245	136	24839	1597	13,5	1768	8123	530,9	7,7	806,1	8,4	122,7	9	22,5	1.754.271	1,8
HP 310x110,0 (H)	110	308	310	15	16	277	245	141	23703	1539	13	1731	7707	497,3	7,4	763,7	8,3	125,7	10	15,9	1.646.104	1,8
W 310 x 117,0 (H)	117	314	307	12	19	277	245	150	27563	1756	13,6	1953	9024	587,9	7,8	893,1	8,4	161,6	8,21	20,6	1.965.950	1,8
HP 310x125,0 (H)	125	312	312	17	17	277	245	159	27076	1736	13,1	1963	8823	565,6	7,5	870,6	8,4	178	8,97	14,1	1.911.029	1,8
W 310 x 129,0 (H)*	129	318	308	13	21	277	245	165	30819	1938	13,7	2168	10039	651,9	7,8	991,2	8,5	214,7	7,48	18,7	2.218.146	1,8
HP 310 x 132 (H)	132	314	313	18	18	277	245	168	28731	1830	13,1	2076	9371	598,8	7,5	922,4	8,4	206,8	8,55	13,4	2.044.445	1,8
W 310 x 143,0 (H)*	143	323	309	14	23	277	245	183	34812	2156	13,8	2422	11270	729,4	7,9	1109	8,5	288,8	6,75	17,5	2.535.314	1,8
W 310 x 158,0 (H)*	158	327	310	16	25	277	245	201	38681	2366	13,9	2676	12474	804,8	7,9	1225	8,6	380	6,18	15,8	2.839.709	1,8
W 310 x 179,0 (H)*	179	333	313	18	28	277	245	228	44580	2678	14	3056	14378	918,7	7,9	1402	8,6	541	5,57	13,6	3.337.666	1,9
W 310 x 202,0 (H)*	202	341	315	20	32	277	245	258	52030	3052	14,2	3514	16589	1053	8	1609	8,7	778	4,95	12,2	3.959.374	1,9
W 360 x 32,9	33	349	127	5,8	8,5	332	308	42,1	8358	479	14,1	547,6	291	45,9	2,6	72	3,2	9,15	7,47	53,1	84.111	1,2
W 360 x 39,0	39	353	128	6,5	11	332	308	50,2	10331	585,3	14,4	667,7	375	58,6	2,7	91,9	3,3	15,83	5,98	47,3	109.551	1,2
W 360 x 44,6	45	352	171	6,9	9,8	332	308	57,7	12258	696,5	14,6	784,3	818	95,7	3,8	148	4,4	16,7	8,72	44,7	239.091	1,4
W 360 x 51,0	51	355	171	7,2	12	332	308	64,8	14222	801,2	14,8	899,5	968	113,3	3,9	174,7	4,5	24,65	7,37	42,8	284.994	1,4
W 360 x 58	58	358	172	7,9	13	332	308	72,5	16143	901,8	14,9	1015	1113	129,4	3,9	199,8	4,5	34,45	6,56	39	330.394	1,4

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	bf mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Àrea cm ²	EIXO X-X				EIXO Y-Y				rt cm	lt cm ⁴	ESBELTEZ		Cw cm ⁶	u m ² /m
				tw mm	tf mm				lx cm ⁴	Wx cm ³	rx cm	Zx cm ³	ly cm ⁴	Wy cm ³	ry cm	Zy cm ³			MESA bf/2tf	ALMA d'/tw		
W 360 x 64,0	64	347	203	7,7	14	320	288	81,7	17890	1031	14,8	1146	1885	185,7	4,8	284,5	5,4	44,57	7,52	37,4	523.362	1,5
W 360 x 72,0	72	350	204	8,6	15	320	288	91,3	20169	1153	14,9	1286	2140	209,8	4,8	321,8	5,5	61,18	6,75	33,5	599.082	1,5
W 360 x 79,0	79	354	205	9,4	17	320	288	101	22713	1283	15	1437	2416	235,7	4,9	361,9	5,5	82,41	6,1	30,7	685.701	1,5
W 360 x 91,0 (H)	91	353	254	9,5	16	320	288	116	26755	1516	15,2	1680	4483	353	6,2	538,1	6,9	92,61	7,74	30,3	1.268.709	1,7
W 360 x 101,0 (H)	101	357	255	11	18	320	286	130	30279	1696	15,3	1889	5063	397,1	6,3	606,1	6,9	128,5	6,97	27,3	1.450.410	1,7
W 360 x 110,0 (H)	110	360	256	11	20	320	288	141	33155	1842	15,4	2059	5570	435,2	6,3	664,5	7	161,9	6,43	25,3	1.609.070	1,7
W 360 x 122,0 (H)	122	363	257	13	22	320	288	155	36599	2017	15,4	2270	6147	478,4	6,3	732,4	7	212,7	5,92	22,1	1.787.806	1,7
W 410 x 38,8	39	399	140	6,4	8,8	381	357	50,3	12777	640,5	15,9	736,8	404	57,7	2,8	90,9	3,5	11,69	7,95	55,8	153.190	1,3
W 410 x 46,1	46	403	140	7	11	381	357	59,2	15690	778,7	16,3	891,1	514	73,4	3	115,2	3,6	20,06	6,25	50,9	196.571	1,3
W 410 x 53,0	53	403	177	7,5	11	381	357	68,4	18734	929,7	16,6	1052	1009	114	3,8	176,9	4,6	23,38	8,12	47,6	387.194	1,5
W 410 x 60,0	60	407	178	7,7	13	381	357	76,2	21707	1067	16,9	1202	1205	135,4	4	209,2	4,7	33,78	6,95	46,4	467.404	1,5
W 410 x 67,0	67	410	179	8,8	14	381	357	86,3	24678	1204	16,9	1363	1379	154,1	4	239	4,7	48,11	6,22	40,6	538.546	1,5
W 410 x 75,0	75	413	180	9,7	16	381	357	95,8	27616	1337	17	1519	1559	173,2	4	269,1	4,7	65,21	5,63	36,8	612.784	1,5
W 410 x 85,0	85	417	181	11	18	381	357	109	31658	1518	17,1	1732	1804	199,3	4,1	310,4	4,7	94,48	4,97	32,7	715.165	1,5
W 460 x 52,0	52	450	152	7,6	11	428	404	66,6	21370	949,8	17,9	1096	634	83,5	3,1	131,7	3,8	21,79	7,04	53,2	304.837	1,5
W 460 x 60,0	60	455	153	8	13	428	404	76,2	25652	1128	18,4	1292	796	104,1	3,2	163,4	3,9	34,6	5,75	50,6	387.230	1,5
W 460 x 68,0	68	459	154	9,1	15	428	404	87,6	29851	1301	18,5	1495	941	122,2	3,3	192,4	3,9	52,29	5	44,4	461.163	1,5
W 460 x 74,0	74	457	190	9	15	428	404	94,9	33415	1462	18,8	1657	1661	174,8	4,2	271,3	4,9	52,97	6,55	44,9	811.417	1,6
W 460 x 82,0	82	460	191	9,9	16	428	404	105	37157	1616	18,8	1836	1862	195	4,2	303,3	5	70,62	5,97	40,8	915.745	1,6
W 460 x 89,0	89	463	192	11	18	428	404	114	41105	1776	19	2019	2093	218	4,3	339	5	92,49	5,42	38,4	1.035.073	1,7
W 460 x 97,0	97	466	193	11	19	428	404	123	44658	1917	19	2187	2283	236,6	4,3	368,8	5	115,1	5,08	35,4	1.137.180	1,7
W 460 x 106,0	106	469	194	13	21	428	404	135	48978	2089	19	2395	2515	259,3	4,3	405,7	5,1	148,2	4,71	32,1	1.260.063	1,7
W 530 x 66,0	66	525	165	8,9	11	502	478	83,6	34971	1332	20,5	1558	857	103,9	3,2	166	4	31,52	7,24	53,7	562.854	1,7
W 530 x 72,0	72	524	207	9	11	502	478	91,6	39969	1526	20,9	1756	1615	156	4,2	244,6	5,2	33,41	9,5	53,1	1.060.548	1,8

BITOLA mm x kg/m	Massa Linear kg/m	d mm	bf mm	ESPESSURA		h mm	d' mm	Área cm ²	EIXO X-X				EIXO Y-Y				rt cm	lt cm ⁴	ESBELTEZ		Cw cm ⁶	u m ² /m
				tw mm	tf mm				lx cm ⁴	Wx cm ³	rx cm	Zx cm ³	ly cm ⁴	Wy cm ³	ry cm	Zy cm ³			MESA bf/2tf	ALMA d'/tw		
W 530 x 74,0	74	529	166	9,7	14	502	478	95,1	40969	1549	20,8	1805	1041	125,5	3,3	200,1	4,1	47,39	6,1	49,3	688.558	1,7
W 530 x 82,0	82	528	209	9,5	13	501	477	105	47569	1802	21,3	2059	2028	194,1	4,4	302,7	5,3	51,23	7,86	50,3	1.340.255	1,9
W 530 x 85,0	85	535	166	10	17	502	478	108	48453	1811	21,2	2100	1263	152,2	3,4	241,6	4,2	72,93	5,03	46,4	845.463	1,7
W 530 x 92,0	92	533	209	10	16	502	478	118	55157	2070	21,7	2360	2379	227,6	4,5	354,7	5,4	75,5	6,7	46,8	1.588.565	1,9
W 530 x 101,0	101	537	210	11	17	502	470	130	62198	2317	21,9	2640	2693	256,5	4,6	400,6	5,4	106	6,03	43,1	1.812.734	1,9
W 530 x 109,0	109	539	211	12	19	501	469	140	67226	2495	21,9	2847	2952	279,8	4,6	437,4	5,4	131,4	5,61	40,5	1.991.291	1,9
W 530 x 123,0*	123	544	212	13	21	502	470	158	76577	2815	22	3228	3378	318,7	4,6	500,2	5,5	186,7	5	35,9	2.300.400	1,9
W 530 x 138,0*	138	549	214	15	24	501	469	178	87079	3172	22,1	3653	3904	364,8	4,7	574,5	5,5	262,8	4,5	31,9	2.680.751	1,9
W 610 x 82,0	82	599	178	10	13	573	541	105	56628	1891	23,2	2220	1210	135,9	3,4	219	4,3	51,82	6,95	54,1	1.033.595	1,9
W 610 x 92,0	92	603	179	11	15	573	541	118	65277	2165	23,5	2536	1442	161,1	3,5	259,3	4,4	74,73	5,97	49,6	1.239.349	1,9
W 610 x 101,0	101	603	228	11	15	573	541	130	77003	2554	24,3	2923	2951	258,8	4,8	405	5,8	81,68	7,65	51,5	2.544.966	2,1
W 610 x 113,0	113	608	228	11	17	573	541	145	88196	2901	24,6	3313	3426	300,5	4,9	469,7	5,8	116,5	6,59	48,3	2.981.078	2,1
W 610 x 125,0	125	612	229	12	20	573	541	160	99184	3241	24,9	3697	3933	343,5	5	536,3	5,9	159,5	5,84	45,5	3.441.766	2,1
W 610 x 140,0	140	617	230	13	22	573	541	179	112619	3651	25,1	4173	4515	392,6	5	614	5,9	225	5,18	41,3	3.981.687	2,1
W 610 x 153,0*	153	623	229	14	25	573	541	197	125783	4038	25,3	4623	4999	436,6	5	683,3	5,9	303,3	4,6	38,7	4.456.995	2,1
W 610 x 155,0	155	611	324	13	19	573	541	198	129583	4242	25,6	4749	10783	665,6	7,4	1023	8,5	200,8	8,53	42,6	9.436.714	2,5
W 610 x 174,0	174	616	325	14	22	573	541	223	147754	4797	25,8	5383	12374	761,5	7,5	1171	8,6	286,9	7,52	38,6	10.915.665	2,5
W 610 x 195,0	195	622	327	15	24	573	541	250	168484	5418	26	6095	14240	870,9	7,6	1341	8,7	405,3	6,7	35,1	12.695.302	2,5
W 610 x 217,0	217	628	328	17	28	573	541	278	191395	6095	26,2	6869	16316	994,9	7,7	1532	8,7	570,2	5,92	32,8	14.676.643	2,5

Fonte: Gerdau (2019)

ANEXO E – PROJETO DA PASSARELA METÁLICA



https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1wIFkChus_YpWXnYODO4wa71Us6fYQc3T