

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ANDRÉ LUÍS DE ANDRADE

**TORRES ESTAIADAS: AÇÕES E OBTENÇÃO DOS ESFORÇOS PARA
DIMENSIONAMENTO**

CAMPO MOURÃO

2022

ANDRÉ LUÍS DE ANDRADE

**TORRES ESTAIADAS: AÇÕES E OBTENÇÃO DOS ESFORÇOS PARA
DIMENSIONAMENTO**

Guyed masts: actions and forces for structural design

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Prof. Dr. Ronaldo Rigobello.

CAMPO MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

ANDRÉ LUÍS DE ANDRADE

**TORRES ESTAIADAS: AÇÕES E OBTENÇÃO DOS ESFORÇOS PARA
DIMENSIONAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 25/novembro/2022

Ronaldo Rigobello
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Leandro Waidemam
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Marcelo Rodrigo Carreira
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

CAMPO MOURÃO
2022

Dedico este trabalho à minha família, pelos
momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de primeiramente agradecer minha vó Herta, ao meu pai, e aos meus irmãos, Lukas e Gabriela, que ao longo de todo o curso sempre prestaram todas as ajudas nas melhores e piores fases.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Ronaldo Rigobello que esteve disposto a me ajudar em todos os momentos, mesmo com todos os percalços que apareceram ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos professores Dr. Leandro Waidemam e Dr. Marcelo Carreira, por se prontificarem a ser da banca, além de terem sido ótimos professores que com certeza cooperaram junto aos demais professores pelo amor ao curso.

Agradeço ao Vinicius e a Laura por terem sido mais que amigos, pelos momentos e risadas vividos desde a primeira semana da faculdade.

Agradeço ao Maicon pela amizade, parceria e ensinamentos na vida acadêmica.

Agradeço ao Igor Moura por ter ouvido os desabafos da vida, principalmente ao longo da execução deste trabalho.

Agradeço aos demais amigos que não foram mencionados, mais que saibam que estarão sempre em meu coração.

RESUMO

Com os avanços da telecomunicação a partir do século XX, o mundo se viu obrigado a aprimorar as tecnologias envolvidas nos processos de comunicação. Um desses aprimoramentos é na área de construção de torres com capacidade de transmitir sinais de celular, televisão e rádio. Torres são estruturas esbeltas, que podem ser autoportantes ou estaiadas, constituídas de materiais como, concreto, madeira ou o mais convencional, metálicas. No Brasil, as torres têm como principal desafio enfrentar as ações do vento e seu caráter aleatório e dinâmico. Partindo dessa premissa, esse trabalho apresenta um método de obtenção dos carregamentos compostos a partir de parcelas estáticas e dinâmicas, considerando as normas da ABNT para ações estáticas (Força de Arrasto) e o EUROCODE para ações dinâmicas (ações em trechos - Patch Loads). Por conta do comportamento não linear dessas estruturas, as normas ao redor do mundo exigem que uma análise rigorosa da estrutura deva ser feita, para que os esforços solicitantes da estrutura sejam obtidos de maneira adequada para que a estrutura possa ser dimensionada. Considerando isso, foi realizado nesse trabalho a modelagem e análise estrutural de uma torre estaiada, de seção transversal triangular, com 56 metros de altura, utilizando como perfis de montantes e diagonais cantoneiras simples. Dela, obtiveram-se os esforços de interesse que possibilitam posterior dimensionamento e verificação da segurança.

Palavras-chave: torres estaiadas; Eurocode; ações em trechos; análise não-linear.

ABSTRACT

With the advances in telecommunications from the 20th century onwards, the world was forced to improve the technologies involved in communication processes. One of these improvements is in the area of building towers capable of transmitting cellular, television and radio signals. Towers are slender structures, which can be self-supporting or cable-stayed, made of materials such as concrete, wood or mainly steel. In Brazil, the main challenge for towers is to face the wind actions and its random and dynamic nature. Based on this premise, this work presents a method for obtaining static and dynamic loads, considering the ABNT standards for static actions (drag force) and the EUROCODE for dynamic actions (patch loads). Due to the non-linear behavior of these structures, standards around the world require that a rigorous analysis of the structure must be carried out, so that the forces requesting the structure are obtained in an adequate way so that the structure can be designed. Considering this, the modeling and structural analysis of a cable-stayed tower, with a triangular cross section, 56 meters high, was carried out in this work, using simple angles for chords and diagonals. From it, the forces of interest were obtained that allow further design and verification of safety of the structural members.

Keywords: guyed masts; Eurocode; patch loads; nonlinear analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Torre Autoportante de aço	13
Figura 2 - Torre Estaiada de aço	13
Figura 3 - Torre Estaiada ATTO no Brasil	14
Figura 4 - Coeficiente de Arrasto	23
Figura 5 - Direções do vento a serem consideradas.....	26
Figura 6 - Combinação do valor médio da ação do vento com ações em trechos	28
Figura 7 - Valores dos coeficientes de ponderação de resistência γ_m	33
Figura 8 – Soluções de Não Linearidade Geométrica	36
Figura 9 – Método de Cálculo para solução dos problemas não lineares	37
Figura 10 – Roteiro para dimensionamento estruturas torres com perfis laminados e soldados	39
Figura 11 – Isopletas de Velocidade Básica	44
Figura 12 – Uma das faces do módulo em 3D	46
Figura 13 – Configuração de Estais no Scia Engineer.....	47
Figura 14 – Coeficientes de Ponderação.....	48
Figura 15 – Interface Inicial do SCIA Engineer	49
Figura 16 – Funcionalidades do Software a serem utilizados	49
Figura 17 – Disposição dos Esforços na Estrutura.....	51
Figura 18 – Hipóteses de carregamento a serem considerados.....	51
Figura 19 – Combinações Não Lineares da Hipótese 01	56
Figura 20 – Resultados da análise não linear do SCIA.....	57
Figura 21 – Esforços Provenientes da Carga Patch.....	57
Figura 22 - Resultados da análise não-linear estática.	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Deflexão máxima em relação ao eixo vertical e rotação contida no plano horizontal.....	24
Tabela 2 - Limites do Índice de Esbeltez de Barras na Estrutura segundo a SDT (240-410-702).....	24
Tabela 3 - Combinação entre a Tabela 2 e os valores estipulados na ABNT NBR 8800:2008 para os valores de esbeltez nas barras estruturais de torres estaiadas.....	24
Tabela 4 - Perfis utilizados no software	50
Tabela 5 - Forças de Arrasto Estáticos da Hipótese 1	63
Tabela 6 - Forças de Arrasto Estáticos da Hipótese 2	64
Tabela 7 - Forças de Arrasto Estáticos da Hipótese 3	66
Tabela 8 - Entrada parametrizada das cargas estáticas da hipótese 1	69
Tabela 9 - Entrada parametrizada das cargas estáticas da hipótese 2	73
Tabela 10 - Entrada parametrizada das cargas estáticas da hipótese 3	74
Tabela 11 - Valor médio da ação do vento e ações em trechos na hipótese 1 ..	79
Tabela 12 - Valor médio da ação do vento e ações em trechos - estais - hipótese 1.....	80
Tabela 13 - Valor médio da ação do vento e Ações em trechos na hipótese 2..	81
Tabela 14 - Valor médio da ação do vento e Ações em trechos - estais - hipótese 2.....	83
Tabela 15 - Valor médio da ação do vento e Ações em trechos na hipótese 3..	84
Tabela 16 - Valor médio da ação do vento e Ações em trechos - estais - hipótese 3.....	86
Tabela 17 - Entrada parametrizada dos esforços dinâmicos da hipótese 1.....	89
Tabela 18 - Entrada parametrizada dos esforços dinâmicos da hipótese 2.....	93
Tabela 19 - Entrada parametrizada dos esforços dinâmicos da hipótese 3.....	94
Tabela 20 - Entrada parametrizada dos esforços patch da hipótese 1.....	95
Tabela 21 - Entrada parametrizada dos esforços patch da hipótese 2.....	110
Tabela 22 - Entrada parametrizada dos esforços patch da hipótese 3.....	114
Tabela 23 - Resultados Hipótese 1	121
Tabela 24 - Resultados Hipótese 2	123
Tabela 25 - Resultados Hipótese 3	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AISC	American Institute of Steel Construction
ASTM	American Society for Testing and Materials
COMAR	Comando Aéreo Regional
CEN	Comitê Europeu de Normatização
EN	Eurocode
MR	Média Resistência Mecânica
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
SDT	Sistema de Documentação da TELEBRAS

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos específicos.....	16
3	JUSTIFICATIVA.....	17
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
4.1	Normatização para projetos de torres metálicas.....	18
4.2	Torres estaiadas	19
4.3	O projeto considerando recomendações e normas nacionais.....	19
4.3.1	Condições gerais de projetos para torres estaiadas segundo a SDT (240 – 410 – 600)	20
4.3.2	Carregamentos a serem utilizados	20
<u>4.3.2.1</u>	<u>Ações Permanentes</u>	<u>20</u>
<u>4.3.2.2</u>	<u>Ações Variáveis.....</u>	<u>20</u>
<u>4.3.2.3</u>	<u>Variação de Temperatura</u>	<u>21</u>
<u>4.3.2.4</u>	<u>Ação do Vento</u>	<u>21</u>
<u>4.3.2.5</u>	<u>Deflexões Máximas</u>	<u>23</u>
<u>4.3.2.6</u>	<u>Valores limites de esbeltez</u>	<u>24</u>
4.4	Parâmetros dinâmicos da ação do vento segundo o EUROCODE ..	25
4.4.1	Ações na estrutura	25
<u>4.4.1.1</u>	<u>Ações do vento segundo o EUROCODE</u>	<u>25</u>
<i>4.4.1.1.1</i>	<i>Efeito estático do vento segundo o EUROCODE</i>	<i>26</i>
<i>4.4.1.1.2</i>	<i>Ações em trechos (Patch Loads).....</i>	<i>27</i>
<i>4.4.1.1.3</i>	<i>Carregamentos dinâmicos nos estais.....</i>	<i>29</i>
<i>4.4.1.1.4</i>	<i>Características dinâmicas das estruturas.....</i>	<i>29</i>
4.5	Segurança Estrutural	30
4.5.1	Método dos Estados Limites	30
<u>4.5.1.1</u>	<u>Estado Limite Último.....</u>	<u>31</u>
<u>4.5.1.2</u>	<u>Estado Limite de Utilização/Serviço</u>	<u>31</u>
4.5.2	Combinações.....	31
<u>4.5.2.1</u>	<u>Combinação de Estado Limite Último.....</u>	<u>31</u>
<u>4.5.2.2</u>	<u>Combinação de Estado Limite de Serviço</u>	<u>33</u>
4.6	Modelagem.....	34

4.6.1	O Método dos Elementos Finitos (MEF).....	34
4.6.2	Análise não-linear.....	35
4.7	Verificação dos elementos estruturais.....	37
4.8	Processo de Construção.....	40
4.9	Sobre o material utilizados nos perfis.....	40
5	METODOLOGIA.....	41
5.1	Bibliografias.....	41
5.2	Leitura dos procedimentos da TELEBRAS.....	41
5.3	Leitura das normas vigentes.....	41
5.4	Leitura de bibliografias adicionais.....	41
5.5	Elaboração da parte escrita.....	41
5.6	Modelagem.....	42
5.7	Resultados.....	42
5.8	Registro dos resultados e conclusão.....	42
6	RESULTADOS.....	43
6.1	Determinação dos esforços estáticos.....	43
6.1.1	Velocidade do vento.....	43
6.1.2	Peso próprio da estrutura.....	46
6.1.3	Pré-tensão nos estais.....	46
6.1.4	Combinações.....	47
6.1.5	Modelagem no Scia Engineer.....	48
6.1.6	Aplicação dos carregamentos no Scia Engineer.....	50
6.1.7	Esforços estáticos.....	52
6.2	Determinação dos esforços dinâmicos.....	52
6.3	Resultados.....	57
7	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
	REFERÊNCIAS.....	60
	APÊNDICE A - Tabelas com os valores das cargas estáticas.....	62
	APÊNDICE B - Tabelas de entrada parametrizada de esforços estáticos do vento no Scia Engineer.....	68
	APÊNDICE C - Resultados da análise estática.....	76
	APÊNDICE D - Valor médio da ação do vento, ações em trechos, valor médio da ação nos estais, ações em trechos nos estais.....	78
	APÊNDICE E - Entrada parametrizada dos esforços dinâmicos.....	88
	APÊNDICE F - Resultados das hipóteses.....	120

1 INTRODUÇÃO

Com a entrada da sociedade na 3ª Revolução Industrial e o surgimento da internet, televisão e celulares o mundo sofreu um grande avanço tecnológico, o que fez com que todo o sistema de telecomunicação precisasse ser moldado para melhor atender a população, e partindo disso, surgiram os investimentos nas estruturas responsáveis por tais comunicações.

No Brasil, tal desenvolvimento se deu início em meados dos anos 1970, quando o governo notou que se fazia necessário todo um investimento em telecomunicação. Partindo disso, com autorização da lei nº 5.792 de 11 de julho de 1972 surgiu a Telecomunicações Brasileiras S/A (TELEBRAS), uma empresa estatal cuja função é administrar toda política pública de telecomunicação

Com tal demanda da comunicação toda a rede se sentiu obrigada a ser capaz de atingir mais pessoas ao seu redor, surgiram então tecnologias capazes de criar estruturas competentes a enviar uma maior quantidade de sinais de telecomunicação. Uma das estruturas mais importantes da telecomunicação são as torres que são responsáveis por captarem e transmitir sinais VHF, SHF e UHF. As torres de telecomunicação geralmente são de dois tipos: autoportantes ou estaiadas.

As torres autoportantes (Figura 1), como diz o próprio nome, são torres que não utilizam de nenhum suporte além da própria estrutura para se manter em pé. Por serem autoportantes e não necessitarem alocar os estais, essas estruturas não necessitam de espaços gigantescos para serem construídas, diferentes das torres estaiadas. Contudo tais torres possuem altura muito inferior as estruturas suportadas por estais.

Figura 1 - Torre Autoportante de aço



Fonte: STM do Brasil (2018, p. 1)

As torres estaiadas (Figura 2), são estruturas suportadas por cabos que possuem baixo peso próprio e que podem atingir grandes alturas. Geralmente são confeccionadas em módulos e que possuem perfil treliçado triangular ou quadrangular. Além disso, devida sua ampla altura, tais torres são capazes de possuírem equipamentos para transmitir sinais UHF, SHF e VHF.

Figura 2 - Torre Estaiada de aço



Fonte: STM do Brasil (2018, p. 1)

Nesse trabalho será abordada a concepção inicial que um engenheiro deve ter para a construção de uma torre estaiada, desde o projeto, passando por todas as legislações vigentes como normas da ABNT e requisitos da TELEBRAS, até as medidas de segurança necessárias na execução das estruturas.

Segundo El-Ghazaly e Al-Khaiat (1995), torres estaiadas são estruturas especiais que exibem comportamento não linear geométrico e que tais torres são geralmente projetadas para alturas na faixa de 609,6m (2000 pés) e que usualmente são utilizadas para transmitir e/ou receber sinais de altas frequências, além de poderem serem utilizadas como coletores de energia solar.

Um exemplo de tais estruturas é a ATTO, sigla para Amazon Tall Tower Observatory, que segundo o próprio site oficial da torre é um projeto de conjunto teuto-brasileiro que foi iniciado em 2008. A torre (Figura 3) tem altura de 325m e está localizada cerca de 150km ao norte de Manaus – AM (ATTO, 2019).

Figura 3 - Torre Estaiada ATTO no Brasil



Fonte: ATTO (2019, p. 1)

Tais estruturas estão sujeitas a vários tipos de solicitações, dentre elas estão: peso próprio, sobrecarga, vento, terremoto e variações de temperaturas. No Brasil o vento é o principal responsável pela flexão, vibração e ruína de tais estruturas, visto

que este por ser muito variável provoca um comportamento dinâmico não linear em estruturas tão esbeltas.

Quando se vai construir uma torre estaiada deve-se respeitar a legislação vigente como, por exemplo, as regras da COMAR e da ANATEL, além de respeitar as normas da ABNT.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é apresentar a sequência para obtenção dos esforços provenientes de ações gravitacionais e do vento em torres estaiadas.

2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar as principais normas nacionais e internacionais para obtenção de esforços e projeto de torres estaiadas;
- Apresentar o procedimento de cálculo de esforços em torres estaiadas obedecendo a ABNT NBR 6123:1988 e o CEN EN 1993-3-1:2006;
- Obter os esforços solicitantes em uma torre estaiada provenientes das ações gravitacionais e do vento (incluindo o efeito dinâmico equivalente) hipoteticamente localizada em Campo Mourão – PR.

3 JUSTIFICATIVA

Por se tratarem de estruturas esbeltas, torres estaiadas sofrem muito com os efeitos das ações provenientes do vento. Assim, qualquer erro do calculista em estimar tais ações na estrutura pode resultar em prejuízos humanos e materiais consideráveis. Dadas as particularidades desse tipo de estrutura, esse trabalho apresenta um roteiro de determinação de ações a fim de se obter os esforços resultantes devido ao vento na estrutura, em especial devido aos efeitos dinâmicos, obtidos de maneira simplificada segundo os Eurocode.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Normatização para projetos de torres metálicas

Torres geralmente são estruturas esbeltas onde predominam os elementos 1D, que podem ser obtidos a partir de diversos materiais, sendo o aço o mais utilizado entre eles. A geometria das torres também varia conforme o material que está sendo empregado, como por exemplo torres de seção transversal circular, triangular ou quadrada.

Quando se vai construir uma torre no Brasil regras e normas de órgãos reguladores nacionais devem ser obedecidas, como é o caso da ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicações) e da COMAR (Comando Aéreo Internacional).

Em relação às ações e ao projeto estrutural, as principais normas nacionais e internacionais e normas nacionais que podem ser utilizadas para o dimensionamento de torres são:

- ABNT NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios (2008)
- ABNT NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações (2013)
- Eurocode 3: Projeto de estruturas metálicas (Parte 1 – 1: Regras gerais e regras para edifícios (EN 1993-1-1));
- ABNT NBR 14762 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio – Procedimento (2001);
- Eurocode 3: Projeto de estruturas metálicas (Parte 3 – 1: Torres, mastros e chaminés (EN 1993-3-1));
- Eurocode 1: Ações sobre estruturas (Parte 1 – 1: Densidades, auto-peso, cargas impostas para edifícios (EN 1991-1-1));
- Eurocode 1: Ações sobre estruturas (Parte 1 – 4: Ações eólicas (EN 1991-1-4));
- ANSI/AISC 360 – 16: Especificação para edifícios de aço estrutural (2016)
- TELEBRAS SDT (240 – 410 – 600) – Procedimentos de Projetos para Torres Metálicas Autossuportadas, Estaiadas e Postes Metálicos. (1997)

- TELEBRAS SDT (240 – 410 – 702) – Especificações Gerais para Adoção de Parâmetros Básicos e Apresentação de Memorial de Cálculo Para Torres e Postes Metálicos. (1997)

4.2 Torres estaiadas

A TELEBRAS classifica as torres estaiadas em três classes, sendo elas as Torres Estaiadas Classe “A” (TEA) que tem suporte para antenas de frequência SHF, Torres Estaiadas Classe “B” (TEB) com suporte para antenas de frequência UHF e Torres Estaiadas Classe “C” (TEC) com suporte para antenas de frequência VHF. Para cada uma das classes acima há um procedimento de cálculo que deve ser considerado, como a deflexão e cargas variáveis. Contudo, apenas os procedimentos da TELEBRAS não são suficientes para o dimensionamento de torres estaiadas. Uma vez determinada qual a frequência das antenas das torres, já se pode iniciar a elaboração de projeto, considerando todos os parâmetros que abaixo serão apresentados.

4.3 O projeto considerando recomendações e normas nacionais

Como citado anteriormente, no Brasil as torres devem se adequar essencialmente as regras da ANATEL e COMAR, além de obedecer às normas da ABNT. No caso de estruturas metálicas, as normas que vigoram no Brasil são a ABNT NBR 8800:2008 e ABNT NBR 14762:2010, nessas normas podemos obter os fatores limitantes de esbeltez e resistência de qualquer elemento metálico. Além disso, a TELEBRÁS possuía uma recomendação das quais serviam para orientar os engenheiros na hora de projetar torres de telecomunicação. Como não existe nada mais atualizado, ainda são muito utilizadas. Contudo, algumas recomendações desses procedimentos da TELEBRÁS estão desatualizadas e, portanto, cabe ao projetista ter consciência disso na hora de realizar as escolhas de projeto.

4.3.1 Condições gerais de projetos para torres estaiadas segundo a SDT (240 – 410 – 600)

Treliçamento:

- Torres Estaiadas de categoria “C” deverão ter obrigatoriamente travessas horizontais em todas as faces da torre para serem utilizadas como escadas e esteiras para cabos, sendo essas providas do sistema de trava-quedas, independente da altura e classe.

Estrutura Anti-Torção:

- As Torres estaiadas de classe A e B deverão ter o dispositivo Anti-Torção que através da utilização de cabos dispostos em módulos diferentes formam braços de alavancas, a fim de absorver esforços de torção. Em torres de classe C a utilização fica a critério do projetista.

4.3.2 Carregamentos a serem utilizados

Como já dito anteriormente, torres estaiadas estão sujeitos a serem submetidas aos esforços de peso próprio, sobrecarga, variação de temperatura, terremotos e rajadas de ventos, contudo no Brasil na grande maioria das situações só são levadas em conta as cargas de peso próprio, sobrecarga, temperatura e vento.

4.3.2.1 Ações Permanentes

São aquelas presentes do início ao fim da estrutura, que não variam significativamente, compostas do próprio corpo da torre, como o peso dos módulos, das escadas, dos suportes e dos equipamentos ao longo de toda estrutura. Todos os valores devem ser calculados baseados no material utilizado, da classe da torre e dos equipamentos utilizados ao longo dela.

4.3.2.2 Ações Variáveis

Estas são variáveis dependendo da classe da estrutura e consistem em grande maioria do pessoal da manutenção e os equipamentos auxiliares utilizados por estes. Segundo a SDT (240 – 410 – 600) as cargas a serem utilizadas em torres são:

- Peso do Pessoal da Manutenção:
 - Torre Classe A: 280 kg

- Torre Classe B: 140 kg
 - Torre Classe C: 070 kg
- Peso dos equipamentos auxiliares utilizados pelo pessoal da manutenção:
 - Torre Classe A: 150 kg
 - Torre Classe B: 150 kg
 - Torre Classe C: 075 kg

4.3.2.3 Variação de Temperatura

O SDT (240 – 410 – 600) informa no tópico 5.08 que a variação de temperatura deve ser uniforme em toda a seção e que esta variação pode ser considerada entre 15°C e 20°C em média. Entretanto, devido as grandes variações climatológicas ocorridas ao longo dos últimos anos, sempre que possível recomenda-se utilizar de algum estudo de variação de temperatura nos últimos anos a fim de evitar problemas de dilatações ou contrações térmicas.

4.3.2.4 Ação do Vento

A TELEBRÁS SDT (240 – 410 – 600) e a ABNT NBR 6123:1988 definem que os sistemas estruturais devem ser dimensionados e projetados para resistir a rajadas de ventos de 3 seg. (três segundos), excedidas as velocidades características médias uma vez em 50 (cinquenta) anos.

A ação do vento é o ponto chave quando se vai dimensionar uma torre estaiada. Segundo Blessman (2001), inúmeros acidentes aconteceram no Brasil devido às atuações do vento nesse tipo de estrutura.

Devida ao comportamento não linear desse tipo de estrutura, a estrutura deve sempre ser dimensionada por uma análise não linear minuciosa e com a consideração dos efeitos dinâmicos do vento. Para tal análise, alguns softwares de modelagem em método dos elementos finitos como o ANSYS e Scia Engineer podem ser utilizados para melhor compreender os esforços em tais estruturas.

Segundo Pinheiro (2004, p.1), distinguem-se dois tipos de ação de vento: as ações denominadas aerodinâmicas e as ações aeroelásticas. Ambas as ações do vento podem ser caracterizadas como ações dinâmicas do vento. As ações aeroelásticas são caracterizadas por causarem nas estruturas situações de

instabilidade por drapejamento, galope ou até mesmo uma combinação dessas, além de vibrações por rajadas, martelamento ou desprendimento de vórtices.

Para os valores de ação vento, a ABNT NBR 6123:1988 diz quais os valores característicos do vento a serem utilizados através das isopletras da velocidade básica. A norma determina que a velocidade característica é baseada na velocidade básica (é a velocidade de uma rajada de 3 seg. (três segundos), excedida em média uma vez a cada 50 (cinquenta) anos) multiplicada por coeficientes topográficos, de rugosidade do terreno e um fator probabilístico.

O fator topográfico (S1) leva em considerações variações do relevo do terreno, sendo determinado no tópico 5.2 da ABNT NBR 6123:1988. Neste tópico deve ser analisado qual a condição do terreno no qual a torre está para ser construída, como por exemplos terrenos planos/fracamente acidentados ou taludes e morros.

O fator de rugosidade do terreno (S2) considera o efeito combinado de rugosidade e variação de velocidade do vento sendo determinado no tópico 5.3 da NBR 6123:1988. Neste tópico a rugosidade pode ser dividida em 5 categorias, que variam de conforme a superfície do terreno, além de classes para adoção de velocidade do vento, que variam o tempo das rajadas em 3seg, 5seg e 10 seg.

Já o fator estatístico (S3) é definido através de análises estatísticas e considera o grau de segurança com base na vida útil da estrutura. Torres Estaiadas fazem parte do grupo 1 de valores mínimos de fator estatístico.

Além desses fatores, a própria ABNT NBR 6123:1988 e a TELEBRAS SDT (240 – 400 – 702) mencionam a respeito do coeficiente de arrasto. Basicamente o coeficiente de arrasto é um valor que nos permite mensurar qual é a resistência do ar para atravessar um determinado objeto/área. A norma brasileira começa a mencionar o coeficiente de arrasto em estruturas a partir de seu tópico 6.3. O coeficiente de arrasto serve para obtermos o valor da força de arrasto na estrutura e também em todos os tipos de equipamentos e antenas que podem aparecer ao longo da estrutura, além de afetarem o comportamento dinâmico da estrutura.

As torres estaiadas geralmente possuem seção transversal triangular ou quadrada. Partindo disso, a norma diz que se deve considerar o vento atingindo a estrutura da seguinte forma:

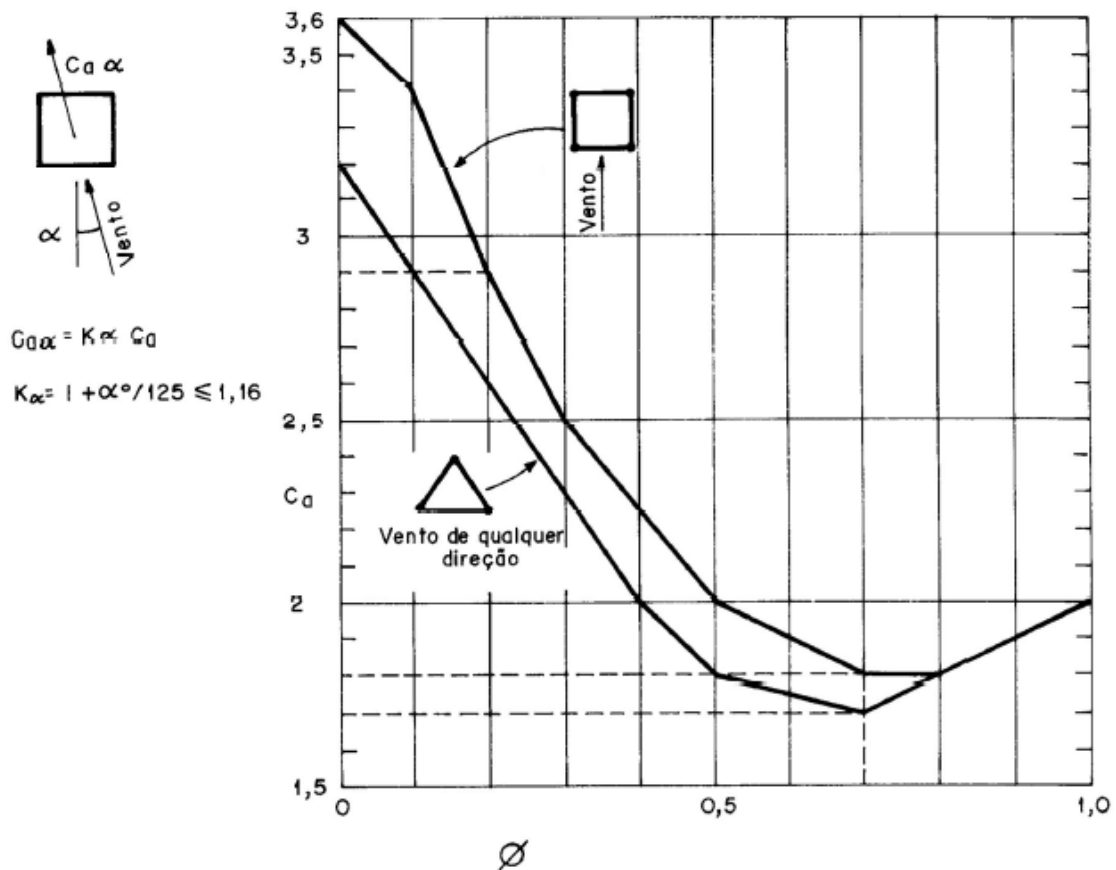
- Para a seção quadrangular se deve considerar que o vento atinja a estrutura de forma perpendicular as faces da estrutura e também na diagonal principal

da estrutura. Para ambas as situações a norma define quais os coeficientes de arrastos a serem utilizados.

- Para seções triangulares devemos considerar o vento atingindo a estrutura de forma perpendicular a estrutura, de forma paralela a uma das faces e também pela diagonal cortando a face de forma perpendicular.

Para ambas as situações a norma apresenta a Figura 4:

Figura 4 - Coeficiente de Arrasto



Fonte: ABNT NBR 6123 (1988, p. 29)

4.3.2.5 Deflexões Máximas

Uma vez que todos os valores acima tenham sido estipulados, a SDT (240 – 410 – 600) ainda comenta a respeito das deflexões máximas que torres podem atingir, tais deflexões são as seguintes:

Tabela 1 - Deflexão máxima em relação ao eixo vertical e rotação contida no plano horizontal

SIGLA	DENOMINAÇÃO	DEFLEXÃO MÁXIMA
TASP	Torre Auto-Suportada Pesada	0° 30' 00"
TASL	Torre Auto-Suportada Leve	1° 40' 00"
TASL – C	Torre Auto-Suportada Leve Celular	1° 40' 00"
TASL – R	Torre Auto-Suportada Leve Rural	4° 00' 00"
PASP	Poste Auto-Suportado Pesado	0° 30' 00"
PASL	Poste Auto-Suportado Leve	1° 40' 00"
PASL – C	Poste Auto-Suportado Leve Celular	1° 40' 00"
PASL – R	Poste Auto-Suportado Leve Rural	4° 00' 00"
TEA	Torre Estaiada Classe A	0° 30' 00"
TEB	Torre Estaiada Classe B	1° 40' 00"
TEC	Torre Estaiada Classe C	4° 00' 00"

Fonte: TELEBRAS SDT (240 – 410 – 600) (1997, p.3)

4.3.2.6 Valores limites de esbeltez

A SDT (240 – 410 – 702) determina no tópico 10 os limites do índice de esbeltez a serem utilizados em suas torres, demonstrados na Tabela 2 abaixo. Contudo, alguns valores se tornaram obsoletos visto que a revisão da norma de estruturas metálicas NBR 8800:2008 no seu tópico 5.3.4.1 determina que o limite de esbeltez em barras comprimidas não pode ultrapassar o valor de 200. Então, baseado nisso, abaixo há uma tabela atualizada com a combinação da norma brasileira com o procedimento da TELEBRAS.

Tabela 2 - Limites do Índice de Esbeltez de Barras na Estrutura segundo a SDT (240-410-702)

Montante	$T \leq 150$
Diagonais Principais	$T \leq 200$
Diagonais e Barras Secundárias	$T \leq 250$
Horizontais	$T \leq 200$

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 3 - Combinação entre a Tabela 2 e os valores estipulados na ABNT NBR 8800:2008 para os valores de esbeltez nas barras estruturais de torres estaiadas

Montante	$T \leq 150$
Diagonais Principais	$T \leq 200$
Diagonais e Barras Secundárias	$T \leq 200$
Horizontais	$T \leq 200$

Fonte: Autoria própria (2022)

4.4 Parâmetros dinâmicos da ação do vento segundo o EUROCODE

Além do procedimento da TELEBRAS acima descrito, o EUROCODE estipula um roteiro a ser seguido para o dimensionamento de torres estaiadas. O código define principalmente as cargas e as análises a serem feitas mediante as ações do vento na estrutura e quais as situações críticas a serem analisadas. Além disso, o CEN EN 1993-3-1:2006 nos traz em seus anexos procedimentos para a execução de estruturas, quais procedimentos tomarmos no caso de rompimento de estais e análises quanto a instabilidade de elementos da estrutura.

O CEN EN 1993-3-1:2006 apresenta em seu tópico 5 (Análise Estrutural) que os esforços internos das estruturas devem ser obtidos através da análise elástica global conforme a norma CEN EN 1993-1-1:2005, empregando teoria de segunda ordem.

4.4.1 Ações na estrutura

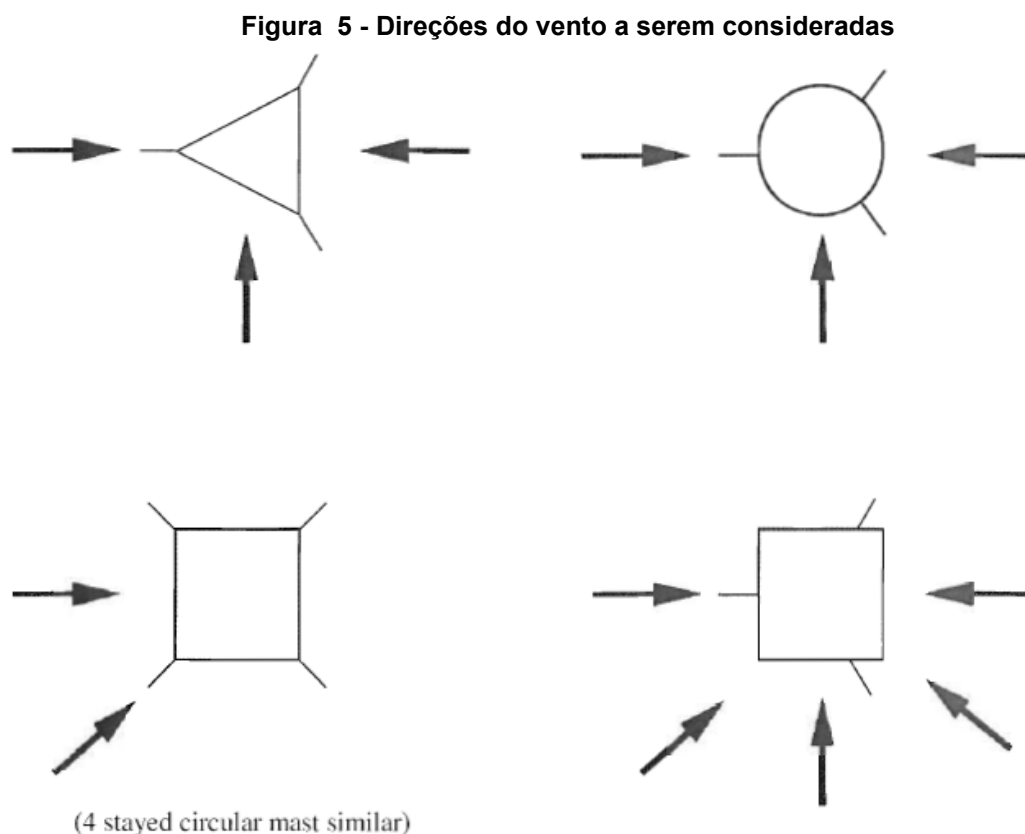
Assim como nas normas nacionais, o EUROCODE define que as estruturas devem ser dimensionadas para cargas de peso próprio, sobrecargas (providas de manutenção ou não), ações de vento, atividades sísmicas e variações de temperatura (como o gelo, que atinge toda a Europa no inverno). Partindo disso, a norma internacional define como calcular as cargas que tais ações geram na estrutura para que assim se possa realizar a modelagem de tal estrutura via software ou cálculo manual.

4.4.1.1 Ações do vento segundo o EUROCODE

O CEN EN 1991-1-4:2005 fala a respeito das ações do vento de forma mais generalizada. Segundo essa norma, certos aspectos necessários para definir as ações do vento dependem da localização da estrutura e do tipo da torre, além dos Anexos Nacionais, que são dados por cada entidade nacional europeia. Para uma análise mais direta a respeito destas ações em estruturas estaiadas, o CEN EN 1993-3-1:2005 traz em seu anexo “B” como obter os valores de ação de vento tanto dinâmicos quanto estáticos.

Para se calcular as ações do vento, a estrutura deve ser dividida em uma série de seções, a fim de se chegar em situações próprias e conhecidas para análise. Assim como a ABNT NBR 6123:1988, a norma europeia trabalha com uma velocidade básica

de vento, e partindo dos coeficientes de terreno e outros coeficientes se obtém a velocidade característica do vento. A força do vento deve ser analisada atingindo toda a estrutura em suas faces críticas, como demonstrado na figura 5:



Fonte: CEN EN 1993 –3-1 (2006, p. 50)

Partindo das considerações acima citadas, a norma europeia equaciona em fórmulas as cargas médias de vento, carga de vento nos estais e as cargas de vento patch.

4.4.1.1.1 Efeito estático do vento segundo o EUROCODE

O CEN EN 1993 – 3-1:2006 define no tópico B.4.3.2.1 o valor médio da ação do vento (mean wind loading) que corresponde ao efeito estático da força do vento na ABNT NBR 6123:1988. Esse valor médio de ação do vento deve ser aplicado conforme as situações críticas de análises, dadas na Figura 5. O valor carga média de vento é definida na equação 1 abaixo:

$$F_{m,w}(z) = \frac{q_p(z)}{1 + 7 \times I_v(z)} \times \sum c_w(z) \times A_{ref} \quad (1)$$

Onde:

- $q_p(z)$ é a pressão de velocidade de pico, determinado no tópico 4.5 do CEN EN 1991-1-4:2005;
- $I_v(z)$ é a intensidade de turbulência dado no anexo 4.4 do CEN EN 1991-1-4:2005 e depende do terreno e da orografia dele;
- $c_w(z)$ é definido em B.4.3.2.1 no CEN EN 1993-3-1:2005 e é o coeficiente de força do vento na estrutura na direção do vento sobre a seção do mastro analisada;
- A_{ref} é a área projetada de todos os elementos estruturais da torre perpendiculares a direção do vento;
- z é a altura de referência da torre. Logo, os coeficientes acima citados são em função a altura da estrutura.

Já os carregamentos nos estais são definidos pela fórmula 2:

$$F_{G,w}(z) = \frac{q_p(z)}{1 + 7 \times I_v(z)} \times \sum c_{f,G}(z) \times A_{g_ref} \quad (2)$$

Onde:

- $c_{f,G}(z)$ é o coeficiente de força do vento nos estais;
- A_{g_ref} é a área projetada do cabo estaiado.

4.4.1.1.2 Ações em trechos (Patch Loads)

O CEN EN 1993-3-1:2005 define no tópico B.4.3.2.2 as ações em trechos (Patch Loads) que em combinação junto dos carregamentos estáticos serve para se representar os efeitos dinâmicos da estrutura. As ações em trechos são definidas pela equação 3:

$$F_{p,w}(z) = 2 \times k_s \times \left(\frac{q_p(z) \times I_v(z)}{1 + 7 \times I_v(z) \times c_0(z)} \right) \times \sum c_w(z) \times A_{ref} \quad (3)$$

Onde:

- k_s é um fator de escala que define a probabilidade de ocorrência. Este valor é dado pelos anexos nacionais e o valor recomendado corresponde a 3,5;
- $c_0(z)$ é o fator de orografia descrito no tópico 4.3.3 do CEN EN 1991 – 1-4:2005.

Para se obter o esforço correspondente a ação dinâmica do vento, a norma europeia diz que devemos realizar uma análise não linear a partir da combinação dos esforços estáticos (citados no tópico 4.4.1.1.1) e carregamentos patch. Uma vez feita a análise, aplicamos a equação 4:

$$S_P = \sqrt{\sum_{i=1}^N S_{PLi}^2} \quad (4)$$

Onde:

- S_{PLi}^2 são os efeitos de carga (resposta) do i -ésimo padrão de carga, obtidos se subtraindo o valor da reação proveniente do valor médio da ação do vento da combinação com as ações em trechos;
- N é o número total de carregamentos patch a serem lançados na estrutura;
- S_P é o efeito final das cargas patch na estrutura.

Para se obter o S_{PLi} devemos inicialmente carregar a estrutura com os carregamentos estáticos. Uma vez a estrutura carregada, combinações são feitas conforme a Figura 6 abaixo:



Fonte: Autoria própria (2022)

Partindo da Figura 6 acima, se obtém os efeitos de ação do vento considerando a união da ação de vento estática e as ações em trechos. Subtraindo-

se os valores da carga do vento estática, se obtém então os efeitos de carregamento patch.

Calculado o S_p , o próximo passo é somar ele com o S_m , que corresponde a ação de vento médio (estática), e assim, se obtém o esforço total na estrutura S_T , conforme a Equação 05 apresenta:

$$S_T = S_m \pm S_p \quad (05)$$

4.4.1.1.3 Carregamentos dinâmicos nos estais

Quando se utiliza das Ações em trechos como carregamentos do mastro, conforme indicado acima, devem ser considerados carregamentos aplicados nos estais dentro dos mesmos limites. Esses carregamentos devem ser aplicados normalmente a cada plano entre estais, como demonstrado na figura B.4.2 do CEN EN 1993 – 3-1:2006. Esses esforços aplicados nos estais são definidos pela equação 6:

$$F_{p,G}(z) = 2 \times k_s \times \left(\frac{q_p(z) \times I_v(z)}{1 + 7 \times I_v(z) \times c_0(z)} \right) \times \sum c_{f,G}(z) \times A_{g_ref} \quad (6)$$

Onde:

- $c_{f,G}(z)$ é o coeficiente de força normal do vento perpendicular aos cabos nos planos que o contém.

4.4.1.1.4 Características dinâmicas das estruturas

O CEN EN 1991–1-4:2005 traz no anexo “F” quais as características dinâmicas das estruturas devem ser consideradas. Para se realizar as análises recomendadas no capítulo, é assumido que as estruturas possuem comportamento elástico linear. As propriedades dinâmicas fundamentais podem ser calculadas utilizando a norma, por equações analíticas, semiempíricas ou empíricas, desde que estas sejam devidamente validadas.

Além disso, o anexo traz também a respeito da frequência fundamental das estruturas maiores que 50 metros e de chaminés.

Já o anexo E aborda algumas verificações quanto ao galope na estrutura. O galope se trata de uma vibração autoinduzida de uma estrutura flexível devido às

ações do vento, o uso de algumas seções nos perfis das estruturas tornam essa mais propensa as ações do galope.

Já o desprendimento de vórtices acontece quando as vorticidades atingem alternadamente lados opostos da estrutura. Isso dá origem a uma carga flutuante perpendicular à direção do vento. Vibrações estruturais podem ocorrer se a frequência desses desprendimentos dos vórtices forem os mesmos a frequência natural da estrutura. Os vórtices acontecem quando a velocidade do vento é igual ou superior à velocidade crítica do vento, definido na norma no anexo “E.1.3.1”.

O projetista deve se atentar na hora do cálculo, porque a velocidade crítica é uma velocidade frequente que pode acabar indicando uma eventual fadiga, fazendo com que o número de cargas e ciclos se tornem relevantes.

4.5 Segurança Estrutural

Segundo Pfeil e Pfeil (2008 p.37), no que se diz aos critérios de garantia de segurança de estruturas, as normas para projeto em estruturas metálicas utilizavam até meados da década de 1980 o Método das Tensões Admissíveis, quando passaram a gradativamente a adotar o Método dos Coeficientes Parciais, popularmente conhecido no Brasil como Método dos Estados Limites.

Pfeil e Pfeil (2008) afirma ainda que as normas como a ABNT NBR 8800:2008, CAN/CSA 516-01 e o EUROCODE 3 utilizam unicamente o Método dos Estados Limites. Já a ANSI/AISC 360 – 16 permite que o projetista possa escolher entre qual dos métodos adotar na hora do dimensionamento da estrutura.

4.5.1 Método dos Estados Limites

A ABNT NBR 8800:2008 estabelece em seu tópico 1.8 que é de responsabilidade do projetista identificar todos os estados limites aplicáveis, até mesmo os não previstos por norma. Além disso, a norma diz que, em hipótese alguma, algum dos estados limites devem ser excedido quando a estrutura for submetida a todas as combinações apropriadas de ações.

O Método dos Estados Limite pode ser dividido em duas etapas:

- Estado Limite Último;
- Estado Limite de Serviço ou Utilização.

4.5.1.1 Estado Limite Último

A ABNT NBR 8800:2008 diz que o estado limite ultimo (ELU) estão relacionados com a segurança da estrutura sujeita às combinações mais desfavoráveis de ações previstas em toda a vida útil da estrutura. Já Pfeil e Pfeil (2008 p.37), diz que o estado limite ultimo está associado à ocorrência de cargas excessivas e consequente colapso da estrutura devido à, por exemplo:

- Perda de equilíbrio do corpo rígido;
- Plastificação total de um elemento estrutural ou de uma seção;
- Ruptura de uma ligação ou seção;
- Flambagem em regime elástico ou não;
- Ruptura por fadiga.

4.5.1.2 Estado Limite de Utilização/Serviço

Já para os estados limites de serviço/utilização (ELS) a norma ABNT NBR 8800:2008 diz que esses estão relacionados com o desempenho da estrutura sob condições normais de utilização.

Os estados limites de serviço estão associados a fatores como abertura de fissuras no concreto armado, deformações excessivas, vibrações excessivas e outras situações que podem ou não causar desconforto ao usuário.

4.5.2 Combinações

As combinações de Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço consistem na multiplicação dos carregamentos e esforços já existentes na estrutura por coeficientes para fornecer ao usuário uma maior segurança.

4.5.2.1 Combinação de Estado Limite Último

A combinação de Estado Limite Último consiste em realizar o produto dos esforços de cargas permanentes, sobrecargas e ações variáveis por um coeficiente definido na ABNT NBR 6120:2019. No caso de torres estaiadas, os únicos efeitos existentes são os efeitos de cargas permanentes (peso próprio e sobrecarga) e a ação variável do vento.

Uma vez estipulados quais os esforços atuantes na estrutura, se realizam as combinações para cada situação crítica, como, por exemplo, o esforço horizontal

crítico, o esforço diagonal crítico e o esforço vertical crítico, através da equação retirada do tópico 4.7.7.2.1 da ABNT NBR 8800:2008:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} * F_{G1,k}) + \gamma_{q1} * F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} * \psi_{0j} * F_{Qj,k})$$

Onde:

- $F_{Gi,k}$ representa os valores característicos as ações permanentes;
- $F_{Q1,k}$ é o valor característico da ação variável considerada principal para a combinação;
- $F_{Qj,k}$ representa os valores característicos das ações variáveis que podem atuar concomitantemente com a ação variável principal.

Partindo disso, a ABNT NBR 8800:2008 ainda estabelece na tabela 1 os valores a serem utilizados como coeficientes de ponderação das ações para ações diretas ou não.

Uma vez estabelecido os esforços solicitantes de ELU na estrutura, todos os elementos estruturais, como, por exemplo os montantes, diagonais principais, diagonais e barras secundarias e horizontais, devem obedecer à relação que diz que o esforço solicitante deve ser menor que o esforço resistente.

$$R_d \geq S_d$$

Onde:

- S_d é o esforço solicitante do elemento estrutural;
- R_d é a resistência do elemento estrutural.

E além de todas as considerações feitas acima de majoramento do esforço, também deve ser realizada a minoração da resistência do elemento estrutural que pode ser feita a partir dos coeficientes de ponderação de resistência da tabela 3 da NBR 8800:2008, conforme mostrada na Figura 7 baixo:

Figura 7 - Valores dos coeficientes de ponderação de resistência γ_m

Combinações	Aço estrutural ^a		Concreto γ_c	Aço das armaduras γ_s
	γ_a			
	Escoamento, flambagem e instabilidade γ_{a1}	Ruptura γ_{a2}		
Normais	1,10	1,35	1,40	1,15
Especiais ou de construção	1,10	1,35	1,20	1,15
Excepcionais	1,00	1,15	1,20	1,00

^a Inclui o aço de fôrma incorporada, usado nas lajes mistas de aço e concreto, de pinos e parafusos.

Fonte: ABNT NBR 8800 (2008, p.18)

Com os dados da tabela acima, deverá ser realizado a minoração da resistência através da equação:

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_m}$$

Onde:

- R_d é a resistência de cálculo;
- R_k é a resistência característico;
- γ_m é o coeficiente de minoração de resistência.

Realizados os procedimentos acima se tem então o esforço e a resistência ao estado-limite ultimo da estrutura da torre estaiada.

4.5.2.2 Combinação de Estado Limite de Serviço

A combinação para o estado-limite de serviço não tende a ser tão diferente quanto a de estado-limite último, a única diferença é que nesta se deve analisar para cada tipo de análise uma combinação. Existem 3 tipos de combinações que variam conforme as especificações requeridas pelo projeto. Nas torres estaiadas se faz necessário principalmente analisar a deflexão das torres, visto que é estabelecido pela TELEBRAS um valor máximo de deflexão já citado na tabela 1 deste trabalho.

As equações que a norma ABNT NBR 8800:2008 traz no tópico 4.7.7.3 para o estado-limite de serviço são demonstradas abaixo:

Combinações quase permanentes de serviço:

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

Combinações frequentes de serviço:

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

Combinações raras de serviço:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (F_{Gi,k}) + F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} * F_{Qj,k})$$

4.6 Modelagem

Com os avanços da tecnologia e o surgimento dos computadores com imensa capacidade de cálculo, foram desenvolvidos métodos de análise estrutural cada vez mais elaborados. Dentre os métodos para cálculo estrutural mais famosos na atualidade, o predominante é o Método dos Elementos Finitos. Inúmeros problemas da engenharia civil de outras áreas da ciência e engenharia envolvem elaboradas equações diferenciais e parciais.

4.6.1 O Método dos Elementos Finitos (MEF)

O chamado método dos elementos finitos consiste na capacidade de subdividir uma certa estrutura em vários elementos menores, donde o comportamento de cada um desses elementos é analisado de forma individual. Subdividir uma estrutura gera o conceito de malha de MEF, quanto maior a composição, mais aproximado da situação real seu modelo se aproxima. Contudo, tudo isso exige um enorme poder de processamento da máquina que utiliza esse método.

“De um ponto de vista da engenharia, o MEF é um método para resolver problemas de engenharia, tais como análise de tensões, transferência de calor, escoamento de fluidos e eletromagnetismo, por simulações de computador.” (FISH; BELYTSCHKO, 2009, pag.1)

Atualmente existem vários softwares que servem tanto para a análise estrutural, quanto para o dimensionamento da estrutura, além de haver softwares que fazem ambos. Dentre os softwares que trabalham com o método dos elementos finitos, o mais famoso mundialmente provavelmente seja o ANSYS. Contudo, há diversos outros softwares como por exemplo:

1. Scia Engineer: Este é um software de análise estrutural e dimensionamento. O SCIA pode ser utilizado por engenheiros do mundo todo, já que este possuiu em sua galeria normas como as da ABNT, IBC, EN e outros. Além disso, possuiu licença acadêmica donde basta o aluno, professor ou instituição fazer um cadastro no site que já o permitem obter o software completo.

2. Robot Structural Analysis: Esse é um software de análise e dimensionamento da AUTODESK (empresa renomada na área da engenharia mundial). Além de trabalhar com o MEF, o ROBOT também é um software BIM (Building Information modeling). Assim como o anterior, possuiu licença acadêmica donde basta o aluno, professor ou instituição fazer um cadastro no site que já o permitem obter o software completo.

3. Abaqus Unified FEA: Esse software oferece enorme conjunto de Analysis unificadas.

4. NASTRAN: é um software MEF desenvolvido no final dos anos 1960 para utilização na indústria aeroespacial e utilizado até hoje.

5. SAP 2000: É um software que traz a modelagem em MEF, interface gráfica e pode ser utilizado para geração de cargas sísmicas, vento, peso próprio e quais quer outras que surjam em projetos de construção civil. Muito utilizado pelos americanos.

6. ETABS: É um software utilizado na análise estrutural e dimensionamento de edifícios. Contudo, o software não possuiu em seu catalogo normas brasileiras ou normas de estruturas metálicas do EUROCODE.

Uma vez determinado o software a ser utilizado, e lançada a estrutura no software, é feita a análise de esforços de momento fletor, momento torsor, força cortante e força normal causados pelos esforços externos a estrutura.

Partindo disso a verificação pode ser feita através de diversos métodos, como softwares que fazem o próprio dimensionamento, planilhas de Excel da MICROSOFT e outras plataformas como SMATH e MATLAB.

4.6.2 Análise não-linear

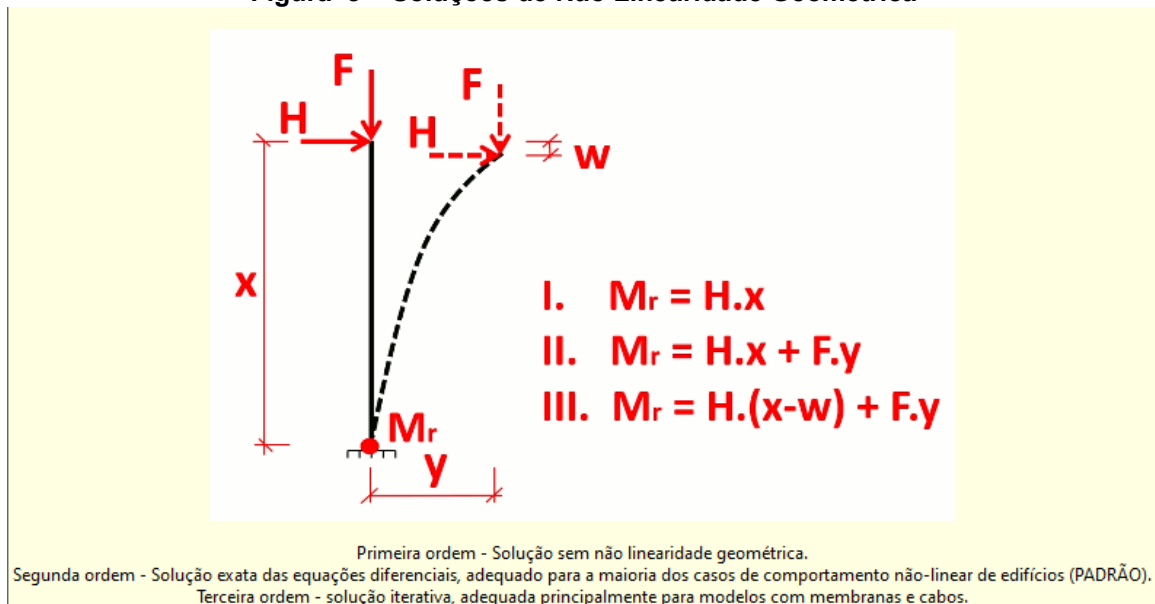
Segundo Alves Filho (2012, p. 85), “na teoria das pequenas deflexões de uma viga, os deslocamentos decorrentes da flexão da viga não vêm acompanhados de deslocamentos apreciáveis na direção axial gerados por essa flexão. Ou seja, não é contabilizada a contração da viga decorrente da flexão. Em outras palavras, os

esforços decorrentes da flexão da viga não geram forças axiais nela.”. Alves Filho (2012) continua dizendo que na análise não-linear essa inexistência de esforços axiais provenientes de flexão já não ocorre. Além disso, o equilíbrio na posição deslocada da estrutura pode introduzir esforços consideráveis nos elementos de estruturas esbeltas.

Quando trabalhamos com torres estaiadas, estas por serem elementos esbeltos possuem uma grande deslocabilidade, que influencia diretamente nos esforços resultantes da estrutura. Portanto, é essencial que essa análise não linear seja realizada em tal estrutura.

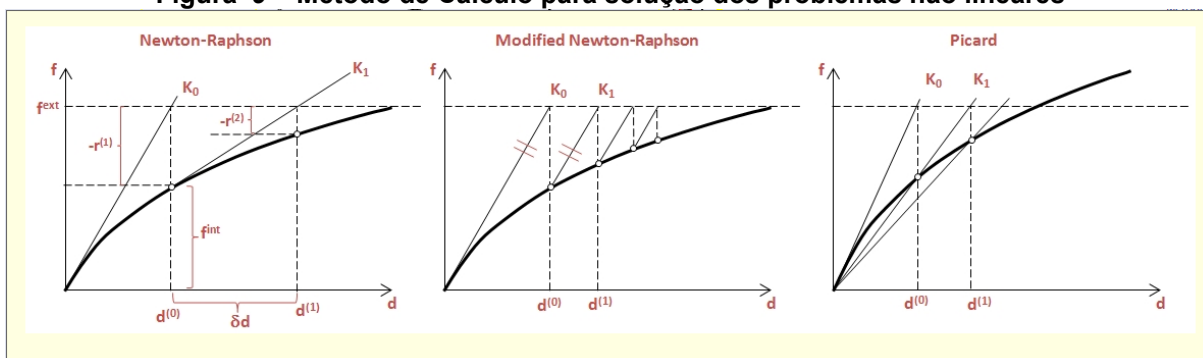
O método de análise não linear consiste em analisar o deslocamento da estrutura e partindo deste realizar interações visando cada vez mais se aproximar do modelo real, conforme o número de interações realizadas. Atualmente softwares de análise estrutural já nos fornecem qual o modelo de não linearidade que eles dispõem e qual o método de cálculo iterativo utilizado. As Figuras 8 e 9 apresentam imagens do software SCIA Engineer quanto a esses métodos.

Figura 8 – Soluções de Não Linearidade Geométrica



Fonte: SCIA Engineer (2022)

Figura 9 – Método de Cálculo para solução dos problemas não lineares



Fonte: SCIA Engineer (2022)

4.7 Verificação dos elementos estruturais

A ABNT NBR 8800:2008 define quais devem ser os procedimentos para que se possa realizar o dimensionamento de uma estrutura metálica. Em seu tópico 4.9.6.3 a norma diz que estruturas devem sempre serem dimensionadas a partir da análise de segunda ordem, exceto se esta seja uma estrutura de pequena deslocabilidade. Sabendo que torres estaiadas possuem uma grande deslocabilidade, uma análise não-linear deve ser feita em toda a estrutura utilizando dos métodos de segunda ordem. O SCIA Engineer nos traz a análise de 1 a 3 ordem, cada uma dessas sendo recomendada para um tipo específico de estrutura. O modelo de Timoshenko-Ehrenfest, por exemplo, o modelo padrão do software, é uma solução exata das equações diferenciais, recomendado para casos de comportamento não-linear de edifícios. Outro modelo apresentado é o modelo de 3ª ordem, chamado de modelo de grandes deformações, e que também pode ser utilizado para a análise estrutural.

Já a ABNT NBR 14762:2001 estabelece as condições para o dimensionamento de perfis estruturais de aço formados a frio, destinados a estruturas de edifícios. Além disso, a própria norma traz um modelo de análise para efeitos de ações dinâmicas em estruturas.

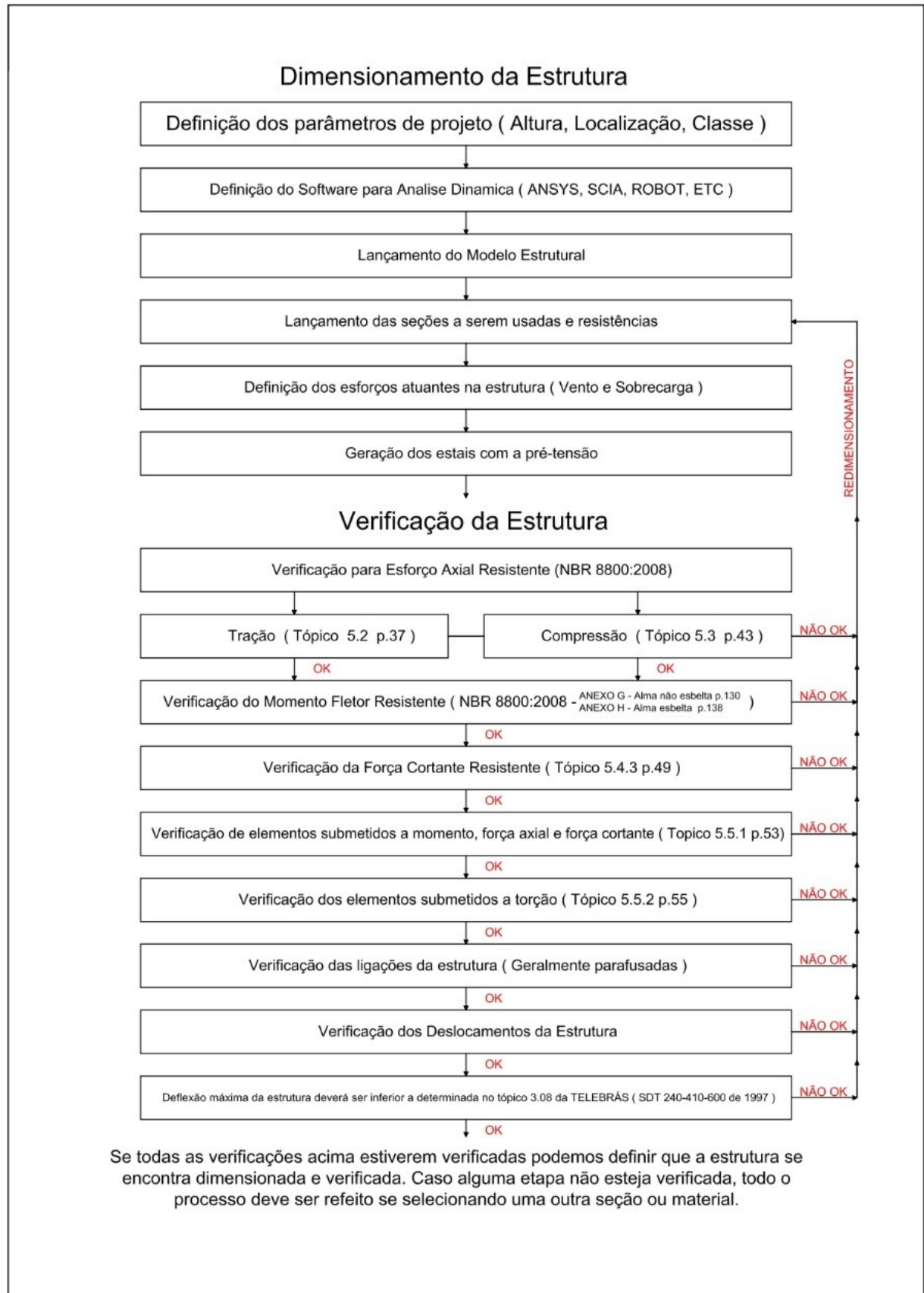
Portanto, uma vez que o projetista tenha em mente o modelo de sua estrutura, cabe a ele selecionar a norma que abrange os perfis trabalhados e realizar o dimensionamento conforme a normativa estabelece.

Logo, o dimensionamento de cada elemento da estrutura pode ser feito a partir de forma manual ou a base de programas computacionais. Caso o dimensionamento seja feito de forma manual, o projetista poderá realizar através do método crítico, selecionando a barra mais crítica para cada situação e dimensionando toda a estrutura

com esse elemento crítico. Contudo, tal método não é econômico para estrutura, visto que além do fato de barras com esforços mínimos terem sido dimensionadas para resistir esforços muito superiores as quais solicitadas, quanto maior a resistência de uma barra geralmente maior a seção e partindo disso, mais pesada fica a estrutura.

O dimensionamento de qualquer estrutura é feito para os esforços axiais, esforços cortantes, esforços de momento fletor e esforços de momento torsor, conforme o roteiro na Figura 10 abaixo indica, entretanto, torres estaiadas são treliças espaciais, logo, sua análise estrutural via software na totalidade é realizada considerando esse fator, portanto estas são dimensionadas considerando apenas os esforços axiais em cada membro de sua estrutura.

Figura 10 – Roteiro para dimensionamento estruturas torres com perfis laminados e soldados



Fonte: Autoria própria (2022)

4.8 Processo de Construção

Uma vez que a estrutura foi dimensionada, deverá ser repassada para a empresa que fornecera módulos. No Brasil, a GERDAU é uma das grandes empresas que produz módulos metálicos feitos sob encomenda.

As torres estaiadas são geralmente construídas de modo parecido com as gruas. Um módulo será levantado de cada vez e então será realizada a ligação destes de tal forma como calculada no projeto. Geralmente as ligações são feitas por parafusos e porcas sextavadas. Visto que a estrutura é convencionalmente feita por treliçamento de barras de aço, a própria pode ser utilizada como escada na hora do levantamento de módulos.

A equipe responsável pelo levantamento da torre deverá ter todos os EPI's (Equipamentos de Proteção Individual) e EPC's (Equipamentos de Proteção Coletiva), além de terem que obrigatoriamente respeitar todas as restrições da NR 35, que trata do trabalho em altura.

Outra coisa que deve se tomar cuidado é a locação dos estais. A estrutura sobre os quais os estais deverão ser apoiados deverão obrigatoriamente ter uma inclinação de forma que a água não permaneça parada sobre ele e cause patologias.

4.9 Sobre o material utilizados nos perfis

A seção transversal de torres estaiadas na grande maioria das vezes é formada por cantoneiras simples ou seções tubulares. Contudo, nada impede ao projetista buscar outras seções a fim de viabilizar o projeto na execução ou na economia. Além disso, a ABNT NBR 8800:2008 em seu ANEXO A (p.107) fala a respeito dos aços estruturais e ligas permitidas no Brasil, como, por exemplo, o ASTM e MR, aços comumente utilizados no Brasil. O aço mais utilizado no Brasil para estruturas metálicas acaba por ser o A36.

5 METODOLOGIA

5.1 Bibliografias

Foi realizado a busca por bibliografias nacionais e internacionais a respeito do tema em bases de dados disponíveis na internet e no acervo local da universidade.

5.2 Leitura dos procedimentos da TELEBRAS

Uma vez com as bibliografias em mão, foi realizado a leitura dos dois procedimentos da TELEBRAS.

Contudo, tais roteiros estão desatualizados visto que são de 1997 e a norma brasileira para estruturas em aço sofreu uma edição em 2008. Visto isso, uma vez realizada a leitura de tais procedimentos o próximo passo foi a leitura das normas vigentes no país, como a ABNT NBR 8800:2008, ABNT NBR 14762:2010 e ABNT NBR 6123:1988.

5.3 Leitura das normas vigentes

Foi realizada a inicialmente a leitura da ABNT NBR 6123:1988, donde eu aprendi mais a respeito do vento e quais análises seriam necessárias para o trabalho.

Em seguida, foi realizado a leitura da ABNT NBR 8800:2008, onde foram abordados os temas de estruturas metálicas, combinações, análise estrutural e dimensionamentos/verificações.

Já a leitura da ABNT NBR 14762:2010 foi realizada de modo superficial, afim de apenas se obter alguns conhecimentos para o uso no trabalho.

Em seguida, foi realizado a leitura das normas europeias CEN EN 1991-1-1:2002, CEN EN 1991-1-4:2005, CEN EN 1993-1-1:2005 e CEN EN 1993-3-1:2006.

5.4 Leitura de bibliografias adicionais

Nessa etapa foram lidos trabalhos, artigos, livros, dissertações e teses que estão citadas nas referências do trabalho.

5.5 Elaboração da parte escrita

Nessa etapa foi realizada a elaboração da introdução, objetivos, justificativa e referencial teórico. Tal etapa andou em parte com as etapas descritas anteriores.

5.6 Modelagem

Nessa etapa foram obtidos os esforços citados no referencial teórico. Os esforços obtidos para as ações gravitacionais são para uma torre de 56 metros, hipoteticamente construída na área rural de Campo Mourão, com seção triangular de 1 metro de base utilizando de perfis de cantoneira simples na composição de montantes e diagonais.

Com os esforços gravitacionais obtidos, foi lançada na estrutura a ação do vento, para então, ser realizado uma análise não linear da estrutura.

5.7 Resultados

Os resultados primários foram obtidos com análise não linear realizada combinações de ações estáticas e dinâmicas. Então foram realizados os processos citados no referencial teórico a fim de se obter os esforços finais na estrutura, com a consideração dos efeitos combinados estáticos e dinâmicos.

5.8 Registro dos resultados e conclusão

Nessa etapa foi realizada o desenvolvimento da parte escrita dos resultados e conclusão.

6 RESULTADOS

O primeiro passo para o cálculo da torre metálica é a definição dos parâmetros de projeto, conforme mostrado na Figura 10. Portanto, a torre analisada neste trabalho possui 56 metros de altura. Considera-se que ela está localizada na área rural do município de Campo Mourão – PR. A classe da torre será uma torre de CLASSE C, portanto, ela deverá ter treliçamento obrigatório e transmitira apenas sinais VHF.

Uma vez definido os parâmetros de projeto, se fez como segundo passo a escolha de um software para realizar a modelagem e análise estrutural da torre. O software em questão é o Scia Engineer, software que possuiu licença acadêmica. Como já dito, o Scia além de ser um software de análise estrutural, este também pode fazer o dimensionamento de perfis padronizados utilizando das normas nacionais disponíveis. Outro recurso desse software é a compatibilidade dele com o modelo “BIM” e também com o software ALLPLAN (software para design e detalhamento de seções para o uso em obras, fornecendo relatórios completos e imagens 3D detalhadas da estrutura a fim de facilitar a execução).

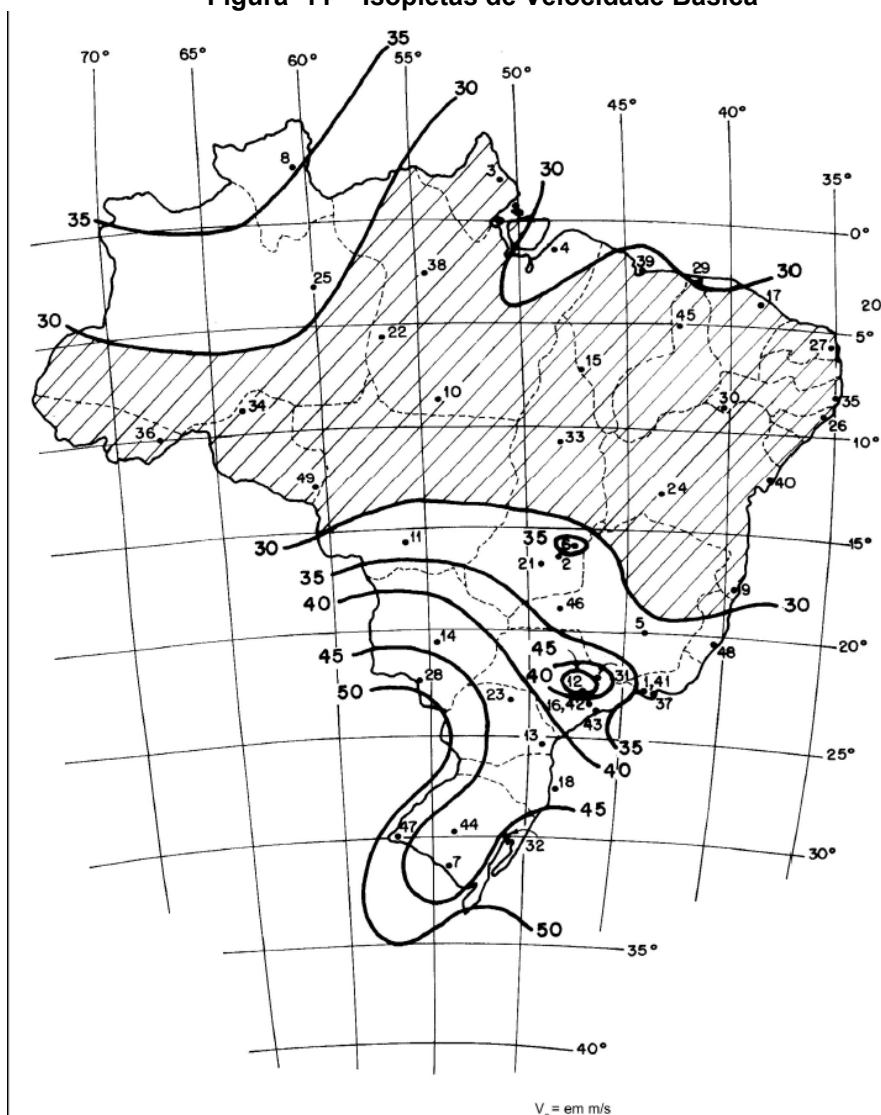
Para prosseguimento é necessário ter-se os valores de carga estática e dinâmica para realizar o lançamento dessas cargas na estrutura. Como definido anteriormente, as cargas estáticas desse trabalho serão feitas conforme a ABNT NBR 6123:1988. Já as cargas dinâmicas serão obtidas através do CEN EN 1993-3-1:2006, que traz um modelo diferente ao apresentado pela norma nacional.

6.1 Determinação dos esforços estáticos

6.1.1 Velocidade do vento

Para se obter as cargas de vento estática acessamos a ABNT NBR 6123:1988, onde podemos obter a velocidade básica do vento na cidade de Campo Mourão – PR através das isopletas de velocidade, demonstradas na Figura 11. Além disso, a norma ainda diz que em caso haja dúvida do projetista em escolher a velocidade básica para cálculo, é recomendado um estudo específico para determinação da velocidade básica de projeto, fazendo com que possa haver considerações de direção diferente das horizontais, se devidamente justificado nos estudos.

Figura 11 – Isopletas de Velocidade Básica



Fonte: ABNT NBR 6123 (1988, p.6)

Partindo dessa figura, obtém-se que a velocidade básica média do vento na cidade de Campo Mourão é da ordem de 47 m/s.

O segundo passo é a definição dos coeficientes topográficos, de rugosidade e estatísticos.

O fator topográfico é dado no tópico 5.2 da ABNT NBR 6123:1988, nele a norma classifica as topografias do terreno como terrenos planos/fracamente acidentados ou taludes e morros. Como a torre está sendo projetada para ser construída em área rural, o fator característico S_1 é igual a 1,00.

Já o fator de rugosidade dado no tópico 5.3, é um pouco mais complexo, para obtermos esse coeficiente precisamos ver em qual categoria e classe a estrutura se encaixam. Ao ser realizada a leitura da norma, obtemos que a torre se classifica como

uma estrutura de categoria II, onde a cota média dos obstáculos é considerada inferior ou igual a 1,0 metros. Já a classe da estrutura é a classe C, onde toda a edificação ou parte de edificação para qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal não exceda 50 m.

Utilizando dessas informações e aplicando na equação dada no tópico 5.3.3, obtemos os valores para S2 para cada metro da estrutura. Com S2 variando entre 0,75 à 1,128 (conforme tabelas 4,5 e 6).

E o fator probabilístico dado no tópico 5.4 corresponde a 1,10, visto que a ruína da estrutura pode afetar a segurança ou possibilidade de pessoas após tempestades destrutivas.

Com os valores de S1, S2 e S3 obtemos os valores da velocidade característica do vento, pela equação 07:

$$V_k = S_1 * S_2 * S_3 * V_0 \quad (7)$$

Uma vez obtida a velocidade característica, podemos aplicar os valores na equação de pressão dinâmica, que corresponde à equação 8:

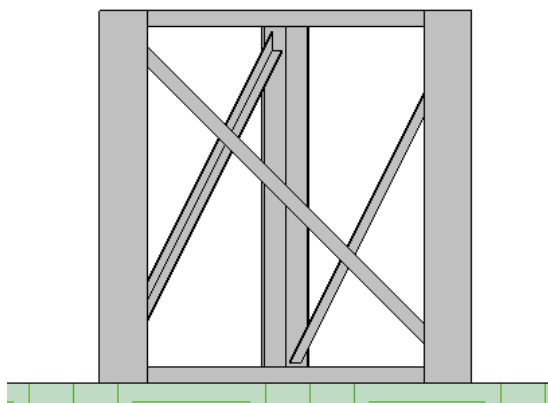
$$q = 0,613 * V_k^2 \quad (8)$$

Obtidos os valores da pressão dinâmica (q), é preciso se obter os coeficientes de arrasto e a área efetiva da estrutura. Para simplicidade de cálculo, nesse trabalho não serão considerados nenhum tipo de equipamento ou similares ao longo da estrutura, visando apenas se realizar o dimensionamento para casos de peso próprio e cargas de vento. No caso de haver equipamentos ou similares na estrutura, o tópico 5.09 do SDT (240 – 410 – 600) traz o coeficiente de arrasto de antenas que podem ser colocadas na estrutura, e o SDT (240 – 400 – 702) traz a determinação da carga de vento nas antenas, determinando um limite de 3 antenas parabólicas por nível/módulo e estabelecendo um fator de redução do coeficiente de arrasto para cada valor de antenas, variando de 1 a 3.

O coeficiente de arrasto é calculado através da figura 9 da ABNT NBR 6123:1988, correspondente a figura 04 desse trabalho, onde através da área efetiva da estrutura obtemos um coeficiente de arrasto. Para se obter o coeficiente de arrasto, foi feito uma representação de uma parte de um módulo da estrutura de 1 metro no AUTOCAD (licença de estudante). Partindo disso, foi obtido que a área frontal efetiva de uma das faces da torre reticulada correspondia a um valor 0,496. Disso se obteve que o $\phi = 0,496$. Portanto, como a seção da torre é constante, o coeficiente de arrasto

da estrutura corresponde a um valor aproximado de $C_a = 1,81$. A Figura 12 demonstra um dos módulos da estrutura, modelado no REVIT (Licença de Estudante).

Figura 12 – Uma das faces do módulo em 3D



Fonte: Autoria própria (2022)

Com os valores do coeficiente de arrasto, da área efetiva e da pressão dinâmica, conseguimos obter qual a força de arrasto do vento na estrutura. Os valores da carga de vento estão dados no apêndice A:

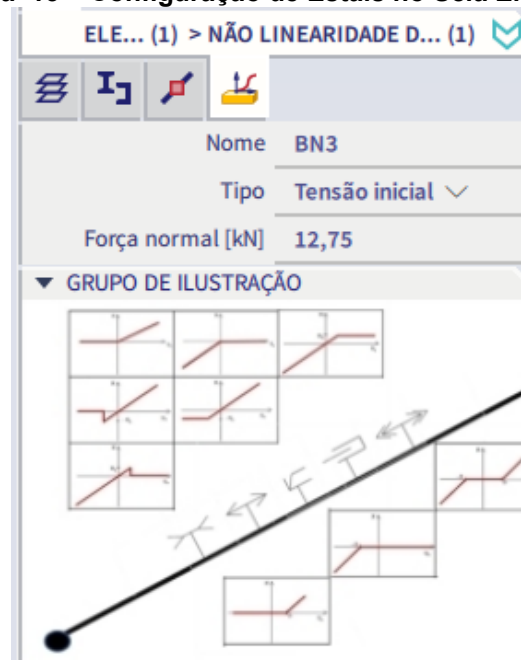
6.1.2 Peso próprio da estrutura

O peso próprio da estrutura pode ser calculado manualmente se utilizando dos valores fornecidos pelo fabricante. Uma vez que se obtém o peso dos perfis utilizados na estrutura, basta realizar o cálculo do peso próprio de um módulo e então replicar as cargas para os demais. O software utilizado para a realização deste trabalho já considera os valores de peso próprio da estrutura.

6.1.3 Pré-tensão nos estais

Os estais utilizados na estrutura correspondem a um modelo de 1 cordoalha composta com 19 fios. O diâmetro nominal da cordoalha se aproxima de 16,4 mm, entretanto, aplicando um fator de correção podemos chegar que o diâmetro a ser utilizado para o modelo estrutural corresponde a 12,5 mm. Além disso, conforme Guimarães (2008, p.78) cita, o valor de pré-tensionamento dos estais deve variar entre 8% à 15% da tensão de ruptura do material, portanto, considerando que a tensão de ruptura do material das cordoalhas equivale a 127,5 kN, chegamos que a tensão inicial a ser aplicada nos estais deve ser de 12,75 kN. A Figura 13 mostra como essa pretensão é disposta nos estais do Scia Engineer.

Figura 13 – Configuração de Estais no Scia Engineer



Fonte: Autoria própria (2022)

6.1.4 Combinações

A ABNT NBR 8800:2008 define na “Tabela 1” os valores dos coeficientes de segurança para casos de peso próprio, sobrecarga e ações do vento. Partindo disso se tem que o coeficiente de ponderação das ações de peso próprio de estruturas metálicas corresponde à 1,25 para casos de combinações normais e 1,40 para ações do vento, conforme demonstrado na Figura 14 abaixo.

Figura 14 – Coeficientes de Ponderação

Combinações	Ações permanentes (γ_g) ^{a c}					
	Diretas					Indiretas
	Peso próprio de estruturas metálicas	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes	Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos	
Normais	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,35 (1,00)	1,40 (1,00)	1,50 (1,00)	1,20 (0)
Especiais ou de construção	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,40 (1,00)	1,20 (0)
Excepcionais	1,10 (1,00)	1,15 (1,00)	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,30 (1,00)	0 (0)
	Ações variáveis (γ_q) ^{a d}					
	Efeito da temperatura ^b	Ação do vento	Ações truncadas ^e	Demais ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação		
Normais	1,20	1,40	1,20	1,50		
Especiais ou de construção	1,00	1,20	1,10	1,30		
Excepcionais	1,00	1,00	1,00	1,00		

^a Os valores entre parênteses representam os coeficientes para as ações permanentes devidas à variação entre as condições.

Fonte: ABNT NBR 8800 (2008, p.18)

6.1.5 Modelagem no Scia Engineer

Conforme já definido, as obtenções dos esforços solicitantes da estrutura serão feitas via software. O programa selecionado é o Scia Engineer 21.1.5019.64 (Versão Estudante), que possui em seu acervo diversas normas internacionais.

Ao se iniciar o software, a primeira tela com a qual nos deparamos é a de “Gerenciador de projeto”, conforme a figura 15 abaixo. Dela o usuário deve optar por “Novo projeto”, então dali em diante o usuário deve personalizar o software conforme as necessidades de seu projeto. As considerações de matérias e funcionalidades dos materiais utilizadas para esse trabalho estão demonstradas nas Figuras 15 e 16.

Figura 15 – Interface Inicial do SCIA Engineer

Dados do projeto

Dados básicos | Funcionalidade | Carregamentos | Configurações | Definição de unidade | Proteção

DADOS

Nome: TRABALHO DE CONCLUSAO DE CL

Parte: -

Descrição: -

Autor: [REDACTED]

Data: [REDACTED]

Estrutura: Treliza XYZ

Ambiente de processamento: padrão

Modelo: Um

[Informações versão 64-bit](#)

MATERIAL

Concreto ☐

Aço ☒

Material: A36

Alvenaria ☐

Outro ☐

NORMA

Norma Nacional:

ABNT NBR

OK Cancelar

Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 16 – Funcionalidades do Software a serem utilizados

Dados do projeto

Dados básicos | **Funcionalidade** | Carregamentos | Configurações | Definição de unidade | Proteção

GERAL

Modificadores de modelo ☒

Entrada paramétrica ☒

Cargas climáticas ☐

Cargas móveis ☐

Dinâmica ☐

Estabilidade ☐

Não linearidade ☒

Modelo estrutural ☒

Propriedades IFC ☐

Verificações do Excel ☐

DETALHADO

Não linearidade

Não linearidade local de viga ☐

Não linearidade de apoio/molas d ☐

Imperfeições iniciais ☐

Não linearidade geométrica ☒

Plasticidade geral ☐

Cabos ☒

Apoio de atrito/Mola de solo ☐

Aço

Análise de articulações plásticas ☐

Ligações de estruturas metálicas ☐

Andaime ☐

7GDL análise de segunda ordem FI ☐

OK Cancelar

Fonte: Autoria própria (2022)

Uma vez o projeto aberto, o projetista pode começar lançando sua estrutura e modificando os materiais, seções e até os vínculos da estrutura. Não existe nenhuma norma ou regulamento nacional que forneça um pré-dimensionamento da estrutura, portanto, caso o projetista esteja utilizando de softwares, uma análise não linear minuciosa e diversas alterações deverão ser feitas para tornar a estrutura

otimizada, cada vez retornando ao passo 0, visto que a alteração da seção irá interferir diretamente no coeficiente de arrasto e daí em diante.

Para esse trabalho, foram utilizados os seguintes perfis:

Tabela 4 - Perfis utilizados no software

Usado	Denominação Comercial (pol.)	Referência (mm)	Massa (kg/m)	Largura (mm)	Espessura (mm)
MONTANTE	L 5 x 1/4	L 127 x 6,4	12,51	127	6,35
DIAGONAIS	L 1 1/4 x 1/8	L 32 x 3.2	2,22	31,8	3,18
HORIZONTAIS	L 1 1/4 x 1/8	L 32 x 3.2	2,22	31,8	3,18

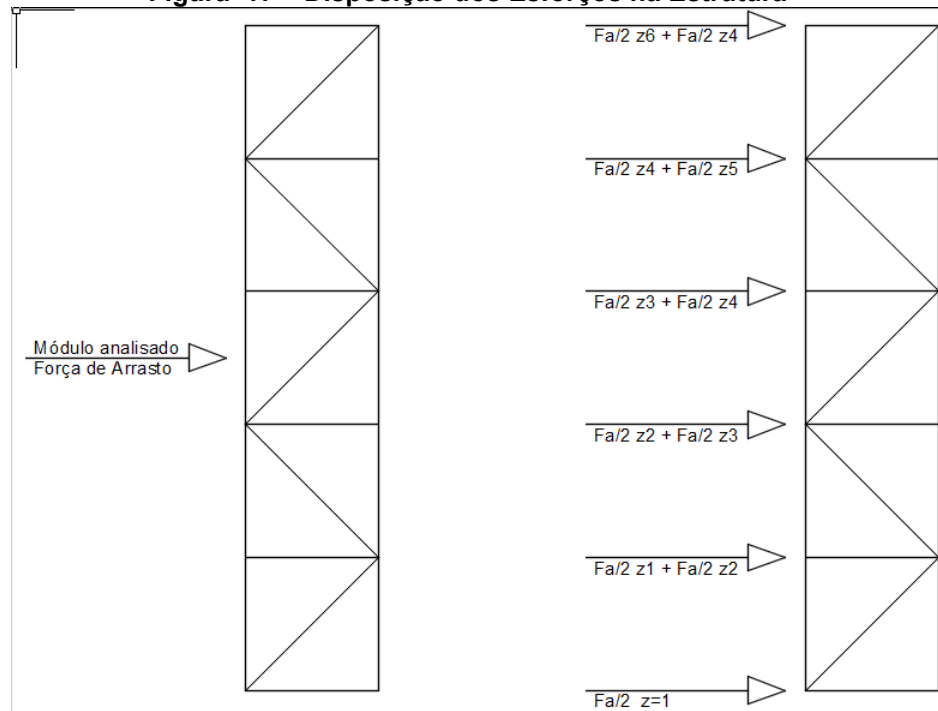
Fonte: Autoria própria (2022)

Caso os esforços solicitantes obtidos através das cargas nesse trabalho sejam maiores que os esforços resistentes dos perfis, uma nova análise utilizando um perfil maior deverá ser realizada, visto que a troca do perfil utilizado pode influenciar positivamente ou negativamente na deslocabilidade da estrutura, além de afetar diretamente o peso-próprio da mesma. Portanto, como dito anteriormente, o projeto de uma estrutura estaiada se trata de um processo iterativo de diversas análises, até que se atinja o mais eficiente modelo estrutural.

6.1.6 Aplicação dos carregamentos no Scia Engineer

Uma vez que já se modelou a estrutura, o SDT (240 – 400 – 702) define no tópico 3.10 como cada força de arrasto deve ser aplicada em cada módulo. A Figura 17 demonstra como esses valores devem ser adotados na hora da modelagem da estrutura. Partindo desse ponto, o próximo tópico do procedimento mostra como essas cargas podem ser distribuídas em torres com seções triangulares e quadradas. A Figura 18 demonstra as hipóteses de distribuição da força de arrasto nos nós da estrutura de forma simplificada para torres com seção transversal triangular. No caso de torres com seção quadrada, o SDT (240 – 400 – 702) também traz os valores de distribuição a serem utilizados, logo abaixo da seção triangular. Para estruturas com seção circular ou com disposição diferente aos apresentados pela TELEBRAS, não há nenhuma simplificação de distribuição, portanto, cabe ao projetista distribuir manualmente calculando os componentes.

Figura 17 – Disposição dos Esforços na Estrutura



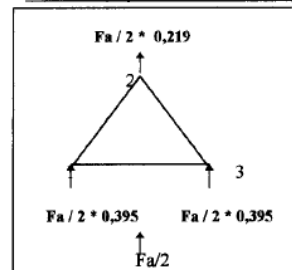
Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 18 – Hipóteses de carregamento a serem considerados

TORRE SEÇÃO TRIANGULAR

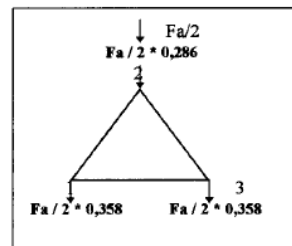
Hipótese 1:

Vento na direção Frontal
a uma das faces.



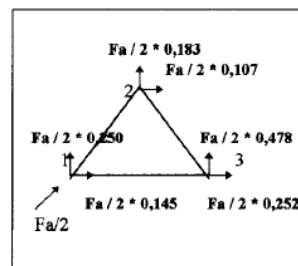
Hipótese 2:

Vento na direção oposta
à Hipótese 1



Hipótese 3:

Vento na direção paralela
a uma das faces



Fonte: TELEBRAS SDT (240 – 410 – 702) (1997 p.5)

O Scia Engineer consegue absorver dados de planilhas interativas, por uma tabela de entrada, com isso, ajustando a folha de cálculo (nesse trabalho o Excel) para dar entrada no software de forma mais rápida, podemos realizar alterações em valores da estrutura com uma velocidade melhor, visto que a única outra forma de aplicar os esforços seria um a um manualmente. No apêndice “B” se encontram as tabelas para entrada parametrizada no software.

Outra análise a ser feita no software é a simulação de estais. Para isso foi considerado um “ELEMENTO 1D de NÃO LINEARIDADE DE VIGA” do tipo “VIGA” com uma tensão inicial de 12,75 kN.

Uma vez com as combinações, carregamentos e pretensões nos estais aplicadas podemos definir a malha para o processamento do software. A malha para uma estrutura treliçada pode ser definida como apenas 1 malha de elemento 1D para elementos 1D retos. Sendo assim, podemos calcular a estrutura e aguardar os resultados.

6.1.7 Esforços estáticos

Uma vez realizado o cálculo da estrutura, ao fim da análise o software nos fornece alguns dados como, por exemplo, a máxima translação e rotação da estrutura. Além disso, podemos obter o valor crítico de cada caso de carga, e partindo disso, verificar a estrutura para o pior caso em cada elemento estrutural. Portanto, se deve obter o maior valor solicitante de esforços como normal, cortante, momento fletor e momento torsor na estrutura em cada montante, diagonal e horizontal da estrutura.

O apêndice C apresenta os resultados obtidos na análise não-linear do software.

6.2 Determinação dos esforços dinâmicos

A obtenção das cargas referentes a ação dinâmica do vento se dá a partir da norma europeia CEN EN 1993-3-1:2006 “EUROCODE 3 – Design of steel structures – Part 3-1: Towers, masts and chimneys – Towers and masts”, em especial o anexo “B” da norma no qual nos é apresentado como realizar a modelagem para ações meteorológicas.

Como dito anteriormente, para se obter os valores de esforço do vento dinâmico podemos utilizar das Ações em trechos, apresentadas no tópico 4.4.1.1.2

deste trabalho. A equação “3” define o valor de carga Patch a cada metro da estrutura em relação ao solo, assim como a norma ABNT NBR 6123:1988 também o faz para a força de arrasto.

Para obter os valores de carga vamos iniciar obtendo cada um dos valores da equação conforme definidos pela norma.

O primeiro item a ser obtido é o k_s , sendo esse um fator de escala que define uma probabilidade de ocorrência. Como já dito anteriormente, esse fator de escala é definido por cada anexo nacional, contudo o CEN EN 1993 – 3-1:2006 recomenda que o valor utilizado seja de 3,5.

O segundo item a ser obtido é o $c_o(z)$, sendo esse um fator de orografia definido no tópico 4.3.3 do CEN EN 1991 – 1-4:2005. Segundo este tópico, quando a orografia incrementar em mais de 5% da velocidade do vento, os efeitos dela devem ser considerados, considerando assim um fator de orografia que pode ser determinado em cada anexo nacional. O anexo A.3 da mesma norma diz que para quando a declividade total do terreno for inferior a 0,05, como a nossa estrutura (esse sendo considerada que está sendo construída em terreno plano), o fator de orografia corresponde a 1.

O terceiro item a ser obtido é o $I_v(z)$, sendo esse a intensidade de turbulência definido no tópico 4.4 do EN 1991 – 1-4. Esse fator é em função do “z” analisado, conforme a equação 9:

$$I_v(z) = \frac{k_1}{c_o(z) \times \ln \frac{z}{z_0}} \quad (9)$$

Onde:

- k_1 é um fator de turbulência, dado nos anexos nacionais. O valor recomendado para esse fator é de 1,0;
- $c_o(z)$ já foi definido anteriormente;
- z é a altura do ponto a ser analisado;
- z_0 é o comprimento de rugosidade, dado na tabela 4.1 do CEN EN 1991–1-4:2005. Essa tabela estabelece que o z_0 pode ser tomado como 0,01 para situações de lagos ou áreas planas e horizontais com vegetação desprezível e sem obstáculos. A altura média dos obstáculos é inferior a 1m.

O próximo item a ser definido é o $q_p(z)$, que é a pressão de velocidade de pico, definido no tópico 4.5 do CEN EN 1991–1-4:2005. Para obtermos essa pressão a norma nos dá a equação 10:

$$q_p(z) = (1 + 7 \times I_z(z)) \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2 \quad (10)$$

- $I_z(z)$ é a intensidade de turbulência, já definido;
- ρ é a densidade do ar, que depende de altitude, temperatura e pressão barométrica, exceto em situações de tempestades de vento. O valor de ρ pode ser obtido nos anexos nacionais e o valor recomendado é de 1,25 kg/ m³;
- v_m é a velocidade média do vento, que neste caso iremos utilizar os valores obtidos com a ABNT NBR 6123:1988.

Partindo disso, com os valores acima já estipulados para cada z da estrutura, agora devemos obter apenas o A_{ref} que é a área projetada de todos os elementos estruturais perpendiculares a direção do vento analisada (0°, 90° e 180°) e o $c_w(z)$ que é o coeficiente de força do vento na estrutura na direção do vento sobre a seção do mastro analisada.

O item $c_w(z)$ é obtido no tópico B.4.3.2.1 e B.2.1.3 e é definido pela equação 11 abaixo. Para se obter $c_w(z)$ obtemos os coeficientes de força do vento da seção nua e do coeficiente de força do vento nos equipamentos e similares. Esses coeficientes podem ser determinados nos tópicos B.2.2, B.2.3 e B.2.4. Como dito anteriormente, nesse trabalho adotaremos apenas a estrutura nua, sem equipamentos e antenas, portanto o coeficiente para essa situação corresponde a 0.

$$\sum c_w(z) = c_{f,s} + c_{f,A} \quad (11)$$

Onde:

- $c_{f,s}$ é o coeficiente de força do vento da seção nua (formula 12);
- $c_{f,A}$ é o coeficiente de força do vento nos equipamentos e similares.

$$c_{f,s} = K_\theta \times c_{f,s,0} \times \frac{A_s}{\sum A} \quad (12)$$

Onde:

- K_θ é o fator de incidência do vento. Valores para ângulos comumente utilizados podem ser obtidos a partir da figura B.2.2 do CEN EN 1993–3-1:2006, utilizando o coeficiente de solidez da estrutura;
- $c_{f,s,0}$ é o coeficiente geral de arrasto normal (pressão) de uma seção j sem efeitos finais, determinado conforme o tópico B.2.2.2 do CEN EN 1993–3-1:2006.

Valores aproximados podem ser obtidos na figura B.2.3, utilizando o coeficiente de solidez da estrutura e o tipo de seção de perfil utilizado na estrutura.

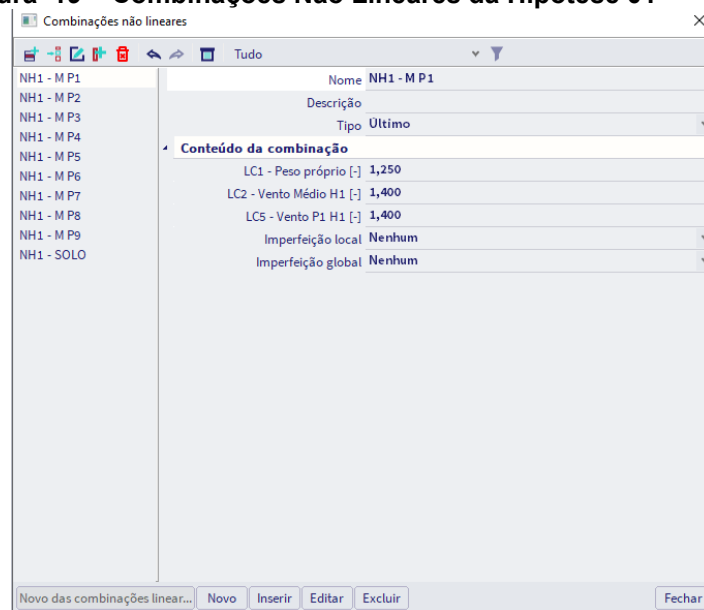
Com esses valores estipulados, agora pode ser obtido os valores de carga Patch para cada “z”. Além disso, o EN 1993 – 3-1 ainda diz que quando utilizamos das ações em trechos como carregamentos dos mastros, devem ser considerados carregamentos nos estais dentro dos mesmos limites. Esses carregamentos patch serão aplicados normalmente a cada plano entre estais conforme demonstrado na figura B.4.2 da norma. A equação 6 define qual o valor dessas cargas para cada “z” em metros.

Nesse caso, a mudança em relação aos parâmetros do item anterior é apenas quando vamos calcular a área de referência e o coeficiente de força normal do vento perpendicular aos cabos nos planos que o contém. A área de referência nesse caso é a projeção de área do cabo.

Os dados calculados de valor médio da ação do vento, ações em trechos e carregamentos nos estais estão no anexo “D” deste trabalho.

Uma vez com os dados obtidos, o próximo passo, assim como no caso dos esforços estáticos, é lançar os esforços e combinações no software. Como mostrado na Figura 06 deste trabalho, para se obtermos os esforços dinâmicos na estrutura, o EUROCODE define que primeiramente devemos lançar as cargas de Valor médio da ação do vento, e então conforme a figura, realizarmos combinações entre essas cargas e as cargas patch já calculadas aqui. No apêndice “E” estão as tabelas de entrada parametrizada.

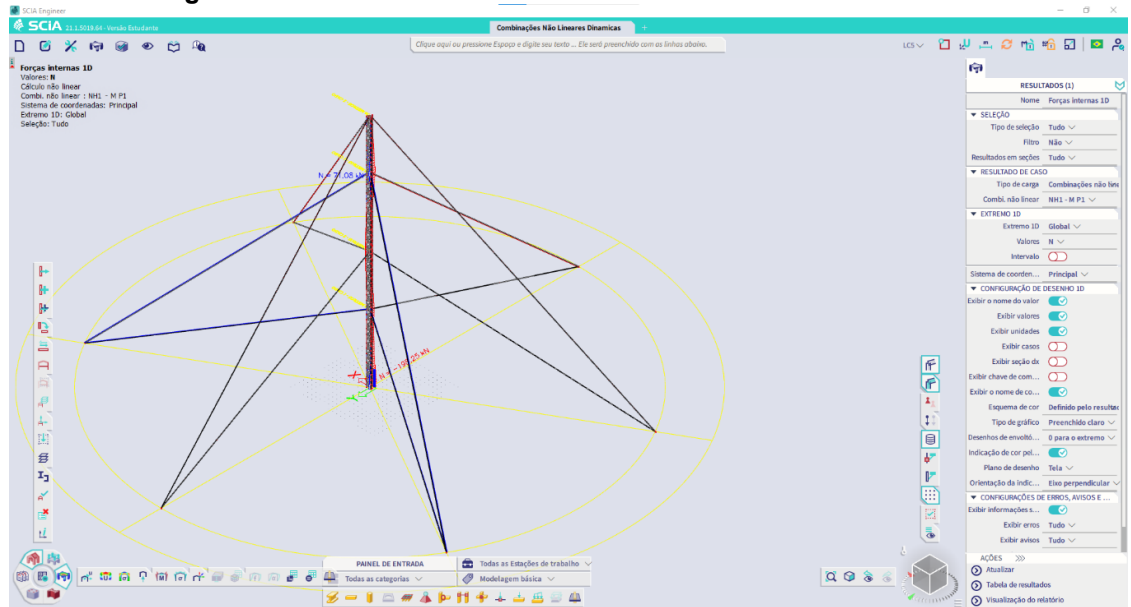
A Figura 19 demonstra algumas das combinações não lineares modeladas no software, simulando os efeitos dinâmicos no caso da hipótese 1. Onde o NH1 – M P1 significa Combinação Não Linear da Hipótese 01, entre a Mean Wind Loads com o primeiro caso de Ações em trechos.

Figura 19 – Combinações Não Lineares da Hipótese 01

Fonte: Autoria própria (2022)

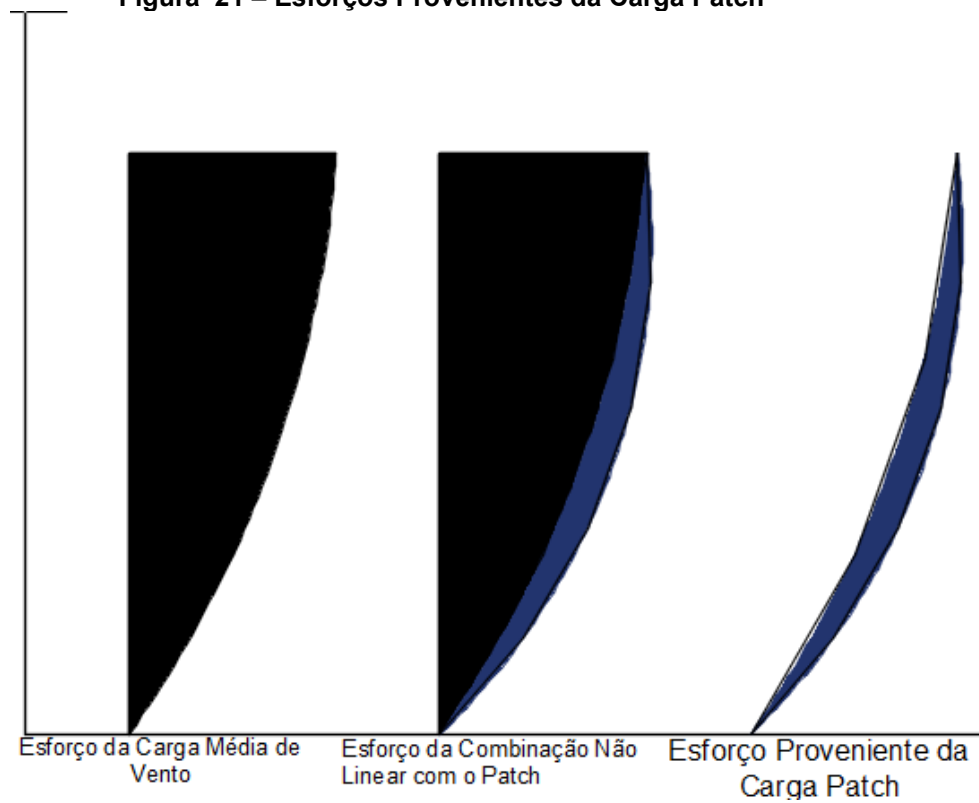
Uma vez que as combinações estejam prontas, basta pedir para o software calcular a estrutura e selecionar a aba dos esforços internos. Conforme mostra a Figura 20, podemos obter os esforços em qualquer membro da estrutura. Por se tratar de uma torre estaiada, no caso uma estrutura treliçada 3D, onde os esforços normais são consideravelmente predominantes em relação aos outros, obtemos os valores finais de esforços (da equação 4) e realizamos as verificações de esforços com base nos esforços normais. A Figura 21 apresenta um exemplo de como obtemos os esforços provenientes das cargas patch. Além disso, no apêndice “F” se encontram os valores finais dos esforços obtidos nas estruturas.

Figura 20 – Resultados da análise não linear do SCIA



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 21 – Esforços Provenientes da Carga Patch



Fonte: Autoria própria (2022)

6.3 Resultados

Com os valores dos esforços solicitantes das combinações não lineares dinâmicas e estáticas, dados nos anexos “C” e “F”, basta selecionar o maior valor de

tração e o maior valor para a compressão, para assim se realizar a verificação dos montantes. No caso desse trabalho, os maiores valores de tração e compressão, nos montantes, são respectivamente “210,37 kN” e “249,90 kN”

Para os valores de esforços nas diagonais e horizontais, basta o projetista realizar o mesmo processo de esforços que foi realizado nos montantes, para as diagonais, realizando uma quadrática entre os esforços patch e somando ao final com os esforços do valor médio da ação do vento, obtendo assim, todos os esforços solicitantes nas estruturas.

Já para o dimensionamento da fundação, basta obter os valores de reação de apoio da estrutura e dos apoios dos estais. O calculista na hora de dimensionar as fundações deve se ater aos valores de tração nos elementos da fundação, visto que é normal que, devido a deflexão da estrutura, haja uma forte tração dos chumbadores.

7 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Torres estaiadas são estruturas esbeltas e sensíveis a efeitos de segunda ordem e ação dinâmica do vento. Portanto, é necessário realizar uma análise estrutural que leve em conta os efeitos de segunda ordem, os efeitos dinâmicos para um dimensionamento seguro desse tipo de estrutura. Dada a dificuldade de realização de uma análise dinâmica transiente não linear, pode-se optar pelo procedimento apresentado no CEN EN 1993-3-1:2006, para consideração dos efeitos dinâmicos na análise estrutural. Assim, este trabalho apresentou e discutiu esse procedimento e os parâmetros utilizados para obtenção de esforços solicitantes com vistas ao dimensionamento estrutural dos perfis componentes das torres. Nesse sentido, o roteiro aqui apresentado pode ser útil para aqueles que desejem dimensionar uma torre estaiada.

Ressalte-se que neste trabalho não foram abordadas as situações de sobrecarga e utilização de equipamentos na estrutura e, portanto, em uma situação real tais aspectos devem ser considerados. Assim, fica ainda a recomendação para que trabalhos futuros explorem a influência de sobrecargas e equipamentos no comportamento da estrutura, bem como de estabelecer um procedimento para o dimensionamento estrutural otimizado e ainda, comparar a resposta desse procedimento simplificado com aquele obtido por meio do emprego de análise dinâmica transiente não linear.

REFERÊNCIAS

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. **ANSI/AISC 360 – 16**: specification for structural steel buildings. Chicago: AISC, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120**: ações para o cálculo de estruturas de edificações. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6123**: forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988, versão corrigida 10 de maio de 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8800**: projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14762**: dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ATTO - AMAZON TALL TOWER OBSERVATORY, 2019. Disponível em: < <https://www.attoproject.org/media/gallery/>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

BRASIL. Decreto-lei nº 5.792, de 11 de julho de 1972. Institui política de exploração de serviços de telecomunicações, autoriza o Poder Executivo a constituir a empresa Telecomunicações Brasileiras S/A. - TELEBRÁS, e dá outras providências. 1972.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **CEN EN 1991-1-1:2002** - Eurocode 1: action on structures – Part 1 – 1: general actions – densities, self-weight, imposed loads for buildings. Brussels, Belgium: CEN, 2002.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **CEN EN 1991-1-4:2005** - Eurocode 1: actions on structures – part 1-4: general actions - wind actions. Brussels, Belgium: CEN, 2005.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **CEN EN 1993-1-1:2005** - Eurocode 3: design of steel structures - part 1-1: general rules and rules for buildings. Brussels, Belgium: CEN, 2005.

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION. **CEN EN 1993-3-1:2006** - Eurocode 3: design of steel structures - part 3-1: towers, mast and chimneys – towers and masts. Brussels, Belgium: CEN, 2006.

EL-GHAZALY, H. A.; AL-KHAIAT, H. A. Analysis and design of guyed transmission towers – case study in Kuwait. **Computers & Structures**, Cambridge, v. 55, ed. 3, p. 413-431, 1995.

FISH, J.; BELYTSCHKO, T. **Um primeiro curso em elementos finitos**. Grupo GEN, 2009.

ALVES FILHO, A. **Elementos finitos - a base da tecnologia CAE - análise não linear**. Editora Saraiva, 2012.

GUIMARÃES, E. H. **Análise do comportamento de torres de aço estaiadas sob ação do vento**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Uberlândia, 2008.

LOGAN, D. L. **A first course in the finite element method**. 5. ed. Cengage Learning, 2011.

MARJANOVIC, M; PETRONIJEVIC, M. Design of 120m guyed steel mast in Alibunar according to eurocode. *In*: 18TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF MACEDONIAN ASSOCIATION OF STRUCTURAL ENGINEERS (MASE), 2019. **Proceedings [...]**. Ohrid: MASE, 2019. p. 1090-1099. 2019.

PINHEIRO, M. A. S. **Vibrações aeroelásticas em torres esbeltas**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2004.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de aço - dimensionamento Prático**. Grupo GEN, 2021.

ROTHIER, R. G. F. **Análise e dimensionamento de uma torre de aço de telecomunicações**. 2017. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2017.

STM do Brasil – Torres Metálicas, 2018. Disponível em: <
<https://stmdobrasil.com.br/obras/torre-autoportante-quadrada/>>. Acesso em: 20 nov. 2021.

STM do Brasil – Torres Metálicas, 2018. Disponível em:
<https://stmdobrasil.com.br/obras/torre-estaiada/> Acesso em: 20 nov. 2021.

APÊNDICE A - Tabelas com os valores das cargas estáticas

Tabela 5 - Forças de Arrasto Estáticos da Hipótese 1

(continua)

z (m)	S1	S2	S3	V0 (m/s)	Vk (m/s)	q (N/m ²)	φ	Ca	Fa (N)	Fa (kN)
1	1	0,75	1,1	47	39,01	933,02	0,496	1,81	838,13	0,84
2	1	0,81	1,1	47	41,81	1071,75	0,496	1,81	962,76	0,96
3	1	0,84	1,1	47	43,54	1162,29	0,496	1,81	1044,09	1,04
4	1	0,87	1,1	47	44,81	1231,12	0,496	1,81	1105,92	1,11
5	1	0,89	1,1	47	45,83	1287,31	0,496	1,81	1156,39	1,16
6	1	0,90	1,1	47	46,67	1335,12	0,496	1,81	1199,34	1,20
7	1	0,92	1,1	47	47,39	1376,92	0,496	1,81	1236,89	1,24
8	1	0,93	1,1	47	48,03	1414,19	0,496	1,81	1270,37	1,27
9	1	0,94	1,1	47	48,60	1447,90	0,496	1,81	1300,65	1,30
10	1	0,95	1,1	47	49,12	1478,73	0,496	1,81	1328,35	1,33
11	1	0,96	1,1	47	49,59	1507,19	0,496	1,81	1353,91	1,35
12	1	0,97	1,1	47	50,02	1533,65	0,496	1,81	1377,68	1,38
13	1	0,98	1,1	47	50,42	1558,39	0,496	1,81	1399,91	1,40
14	1	0,98	1,1	47	50,80	1581,66	0,496	1,81	1420,81	1,42
15	1	0,99	1,1	47	51,15	1603,64	0,496	1,81	1440,56	1,44
16	1	1,00	1,1	47	51,48	1624,47	0,496	1,81	1459,27	1,46
17	1	1,00	1,1	47	51,79	1644,29	0,496	1,81	1477,07	1,48
18	1	1,01	1,1	47	52,09	1663,20	0,496	1,81	1494,05	1,49
19	1	1,01	1,1	47	52,37	1681,28	0,496	1,81	1510,30	1,51
20	1	1,02	1,1	47	52,64	1698,61	0,496	1,81	1525,87	1,53
21	1	1,02	1,1	47	52,90	1715,27	0,496	1,81	1540,83	1,54
22	1	1,03	1,1	47	53,14	1731,30	0,496	1,81	1555,24	1,56
23	1	1,03	1,1	47	53,38	1746,76	0,496	1,81	1569,12	1,57
24	1	1,04	1,1	47	53,61	1761,70	0,496	1,81	1582,54	1,58
25	1	1,04	1,1	47	53,83	1776,14	0,496	1,81	1595,51	1,60
26	1	1,05	1,1	47	54,04	1790,13	0,496	1,81	1608,07	1,61
27	1	1,05	1,1	47	54,24	1803,69	0,496	1,81	1620,26	1,62
28	1	1,05	1,1	47	54,44	1816,86	0,496	1,81	1632,09	1,63
29	1	1,06	1,1	47	54,63	1829,65	0,496	1,81	1643,58	1,64
30	1	1,06	1,1	47	54,82	1842,10	0,496	1,81	1654,76	1,65
31	1	1,06	1,1	47	55,00	1854,22	0,496	1,81	1665,65	1,67
32	1	1,07	1,1	47	55,17	1866,03	0,496	1,81	1676,26	1,68
33	1	1,07	1,1	47	55,34	1877,55	0,496	1,81	1686,61	1,69
34	1	1,07	1,1	47	55,51	1888,79	0,496	1,81	1696,71	1,70
35	1	1,08	1,1	47	55,67	1899,78	0,496	1,81	1706,57	1,71
36	1	1,08	1,1	47	55,83	1910,51	0,496	1,81	1716,22	1,72
37	1	1,08	1,1	47	55,98	1921,01	0,496	1,81	1725,65	1,73
38	1	1,09	1,1	47	56,13	1931,28	0,496	1,81	1734,88	1,73
39	1	1,09	1,1	47	56,28	1941,34	0,496	1,81	1743,91	1,74
40	1	1,09	1,1	47	56,42	1951,20	0,496	1,81	1752,76	1,75
41	1	1,09	1,1	47	56,56	1960,86	0,496	1,81	1761,44	1,76

(continuação)

z (m)	S1	S2	S3	V0 (m/s)	Vk (m/s)	q (N/m ²)	φ	Ca	Fa (N)	Fa (kN)
42	1	1,10	1,1	47	56,69	1970,33	0,496	1,81	1769,95	1,77
43	1	1,10	1,1	47	56,83	1979,62	0,496	1,81	1778,30	1,78
44	1	1,10	1,1	47	56,96	1988,75	0,496	1,81	1786,50	1,79
45	1	1,10	1,1	47	57,09	1997,70	0,496	1,81	1794,54	1,79
46	1	1,11	1,1	47	57,21	2006,51	0,496	1,81	1802,45	1,80
47	1	1,11	1,1	47	57,34	2015,15	0,496	1,81	1810,22	1,81
48	1	1,11	1,1	47	57,46	2023,66	0,496	1,81	1817,86	1,82
49	1	1,11	1,1	47	57,57	2032,02	0,496	1,81	1825,37	1,83
50	1	1,12	1,1	47	57,69	2040,25	0,496	1,81	1832,76	1,83
51	1	1,12	1,1	47	57,81	2048,34	0,496	1,81	1840,03	1,84
52	1	1,12	1,1	47	57,92	2056,31	0,496	1,81	1847,19	1,85
53	1	1,12	1,1	47	58,03	2064,16	0,496	1,81	1854,24	1,85
54	1	1,12	1,1	47	58,14	2071,89	0,496	1,81	1861,19	1,86
55	1	1,13	1,1	47	58,24	2079,51	0,496	1,81	1868,03	1,87
56	1	1,13	1,1	47	58,35	2087,02	0,496	1,81	1874,78	1,87

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 6 - Forças de Arrasto Estáticos da Hipótese 2

(continua)

z (m)	S1	S2	S3	V0 (m/s)	Vk (m/s)	q (N/m ²)	φ	Ca	Fa (N)	Fa (kN)
1	1	0,75	1,1	47	39,01	933,02	0,497	1,82	844,63	0,84
2	1	0,81	1,1	47	41,81	1071,75	0,497	1,82	970,22	0,97
3	1	0,84	1,1	47	43,54	1162,29	0,497	1,82	1052,18	1,05
4	1	0,87	1,1	47	44,81	1231,12	0,497	1,82	1114,49	1,11
5	1	0,89	1,1	47	45,83	1287,31	0,497	1,82	1165,36	1,17
6	1	0,90	1,1	47	46,67	1335,12	0,497	1,82	1208,64	1,21
7	1	0,92	1,1	47	47,39	1376,92	0,497	1,82	1246,48	1,25
8	1	0,93	1,1	47	48,03	1414,19	0,497	1,82	1280,22	1,28
9	1	0,94	1,1	47	48,60	1447,90	0,497	1,82	1310,73	1,31
10	1	0,95	1,1	47	49,12	1478,73	0,497	1,82	1338,65	1,34
11	1	0,96	1,1	47	49,59	1507,19	0,497	1,82	1364,41	1,36
12	1	0,97	1,1	47	50,02	1533,65	0,497	1,82	1388,36	1,39
13	1	0,98	1,1	47	50,42	1558,39	0,497	1,82	1410,76	1,41
14	1	0,98	1,1	47	50,80	1581,66	0,497	1,82	1431,83	1,43
15	1	0,99	1,1	47	51,15	1603,64	0,497	1,82	1451,72	1,45
16	1	1,00	1,1	47	51,48	1624,47	0,497	1,82	1470,58	1,47
17	1	1,00	1,1	47	51,79	1644,29	0,497	1,82	1488,52	1,49
18	1	1,01	1,1	47	52,09	1663,20	0,497	1,82	1505,64	1,51
19	1	1,01	1,1	47	52,37	1681,28	0,497	1,82	1522,01	1,52
20	1	1,02	1,1	47	52,64	1698,61	0,497	1,82	1537,70	1,54
21	1	1,02	1,1	47	52,90	1715,27	0,497	1,82	1552,78	1,55
22	1	1,03	1,1	47	53,14	1731,30	0,497	1,82	1567,29	1,57

(continuação)

z (m)	S1	S2	S3	V0 (m/s)	Vk (m/s)	q (N/m ²)	φ	Ca	Fa (N)	Fa (kN)
23	1	1,03	1,1	47	53,38	1746,76	0,497	1,82	1581,29	1,58
24	1	1,04	1,1	47	53,61	1761,70	0,497	1,82	1594,81	1,59
25	1	1,04	1,1	47	53,83	1776,14	0,497	1,82	1607,88	1,61
26	1	1,05	1,1	47	54,04	1790,13	0,497	1,82	1620,54	1,62
27	1	1,05	1,1	47	54,24	1803,69	0,497	1,82	1632,82	1,63
28	1	1,05	1,1	47	54,44	1816,86	0,497	1,82	1644,74	1,64
29	1	1,06	1,1	47	54,63	1829,65	0,497	1,82	1656,32	1,66
30	1	1,06	1,1	47	54,82	1842,10	0,497	1,82	1667,59	1,67
31	1	1,06	1,1	47	55,00	1854,22	0,497	1,82	1678,57	1,68
32	1	1,07	1,1	47	55,17	1866,03	0,497	1,82	1689,26	1,69
33	1	1,07	1,1	47	55,34	1877,55	0,497	1,82	1699,69	1,70
34	1	1,07	1,1	47	55,51	1888,79	0,497	1,82	1709,86	1,71
35	1	1,08	1,1	47	55,67	1899,78	0,497	1,82	1719,81	1,72
36	1	1,08	1,1	47	55,83	1910,51	0,497	1,82	1729,52	1,73
37	1	1,08	1,1	47	55,98	1921,01	0,497	1,82	1739,03	1,74
38	1	1,09	1,1	47	56,13	1931,28	0,497	1,82	1748,33	1,75
39	1	1,09	1,1	47	56,28	1941,34	0,497	1,82	1757,43	1,76
40	1	1,09	1,1	47	56,42	1951,20	0,497	1,82	1766,35	1,77
41	1	1,09	1,1	47	56,56	1960,86	0,497	1,82	1775,10	1,78
42	1	1,10	1,1	47	56,69	1970,33	0,497	1,82	1783,68	1,78
43	1	1,10	1,1	47	56,83	1979,62	0,497	1,82	1792,09	1,79
44	1	1,10	1,1	47	56,96	1988,75	0,497	1,82	1800,35	1,80
45	1	1,10	1,1	47	57,09	1997,70	0,497	1,82	1808,46	1,81
46	1	1,11	1,1	47	57,21	2006,51	0,497	1,82	1816,43	1,82
47	1	1,11	1,1	47	57,34	2015,15	0,497	1,82	1824,25	1,82
48	1	1,11	1,1	47	57,46	2023,66	0,497	1,82	1831,95	1,83
49	1	1,11	1,1	47	57,57	2032,02	0,497	1,82	1839,52	1,84
50	1	1,12	1,1	47	57,69	2040,25	0,497	1,82	1846,97	1,85
51	1	1,12	1,1	47	57,81	2048,34	0,497	1,82	1854,30	1,85
52	1	1,12	1,1	47	57,92	2056,31	0,497	1,82	1861,52	1,86
53	1	1,12	1,1	47	58,03	2064,16	0,497	1,82	1868,62	1,87
54	1	1,12	1,1	47	58,14	2071,89	0,497	1,82	1875,62	1,88
55	1	1,13	1,1	47	58,24	2079,51	0,497	1,82	1882,52	1,88
56	1	1,13	1,1	47	58,35	2087,02	0,497	1,82	1889,31	1,89

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 7 - Forças de Arrasto Estáticos da Hipótese 3

(continua)

z (m)	S1	S2	S3	V0 (m/s)	Vk (m/s)	q (N/m ²)	φ	Ca	Fa (N)	Fa (kN)
1	1	0,75	1,1	47	39,01	933,02	0,398	2,02	749,16	0,75
2	1	0,81	1,1	47	41,81	1071,75	0,398	2,02	860,56	0,86
3	1	0,84	1,1	47	43,54	1162,29	0,398	2,02	933,26	0,93
4	1	0,87	1,1	47	44,81	1231,12	0,398	2,02	988,53	0,99
5	1	0,89	1,1	47	45,83	1287,31	0,398	2,02	1033,64	1,03
6	1	0,90	1,1	47	46,67	1335,12	0,398	2,02	1072,03	1,07
7	1	0,92	1,1	47	47,39	1376,92	0,398	2,02	1105,60	1,11
8	1	0,93	1,1	47	48,03	1414,19	0,398	2,02	1135,52	1,14
9	1	0,94	1,1	47	48,60	1447,90	0,398	2,02	1162,59	1,16
10	1	0,95	1,1	47	49,12	1478,73	0,398	2,02	1187,35	1,19
11	1	0,96	1,1	47	49,59	1507,19	0,398	2,02	1210,20	1,21
12	1	0,97	1,1	47	50,02	1533,65	0,398	2,02	1231,44	1,23
13	1	0,98	1,1	47	50,42	1558,39	0,398	2,02	1251,31	1,25
14	1	0,98	1,1	47	50,80	1581,66	0,398	2,02	1270,00	1,27
15	1	0,99	1,1	47	51,15	1603,64	0,398	2,02	1287,64	1,29
16	1	1,00	1,1	47	51,48	1624,47	0,398	2,02	1304,37	1,30
17	1	1,00	1,1	47	51,79	1644,29	0,398	2,02	1320,28	1,32
18	1	1,01	1,1	47	52,09	1663,20	0,398	2,02	1335,46	1,34
19	1	1,01	1,1	47	52,37	1681,28	0,398	2,02	1349,98	1,35
20	1	1,02	1,1	47	52,64	1698,61	0,398	2,02	1363,90	1,36
21	1	1,02	1,1	47	52,90	1715,27	0,398	2,02	1377,28	1,38
22	1	1,03	1,1	47	53,14	1731,30	0,398	2,02	1390,15	1,39
23	1	1,03	1,1	47	53,38	1746,76	0,398	2,02	1402,56	1,40
24	1	1,04	1,1	47	53,61	1761,70	0,398	2,02	1414,55	1,41
25	1	1,04	1,1	47	53,83	1776,14	0,398	2,02	1426,15	1,43
26	1	1,05	1,1	47	54,04	1790,13	0,398	2,02	1437,38	1,44
27	1	1,05	1,1	47	54,24	1803,69	0,398	2,02	1448,27	1,45
28	1	1,05	1,1	47	54,44	1816,86	0,398	2,02	1458,84	1,46
29	1	1,06	1,1	47	54,63	1829,65	0,398	2,02	1469,12	1,47
30	1	1,06	1,1	47	54,82	1842,10	0,398	2,02	1479,11	1,48
31	1	1,06	1,1	47	55,00	1854,22	0,398	2,02	1488,85	1,49
32	1	1,07	1,1	47	55,17	1866,03	0,398	2,02	1498,33	1,50
33	1	1,07	1,1	47	55,34	1877,55	0,398	2,02	1507,58	1,51
34	1	1,07	1,1	47	55,51	1888,79	0,398	2,02	1516,61	1,52
35	1	1,08	1,1	47	55,67	1899,78	0,398	2,02	1525,43	1,53
36	1	1,08	1,1	47	55,83	1910,51	0,398	2,02	1534,04	1,53
37	1	1,08	1,1	47	55,98	1921,01	0,398	2,02	1542,47	1,54
38	1	1,09	1,1	47	56,13	1931,28	0,398	2,02	1550,72	1,55
39	1	1,09	1,1	47	56,28	1941,34	0,398	2,02	1558,80	1,56
40	1	1,09	1,1	47	56,42	1951,20	0,398	2,02	1566,71	1,57
41	1	1,09	1,1	47	56,56	1960,86	0,398	2,02	1574,47	1,57

(continuação)

z (m)	S1	S2	S3	V0 (m/s)	Vk (m/s)	q (N/m ²)	φ	Ca	Fa (N)	Fa (kN)
42	1	1,10	1,1	47	56,69	1970,33	0,398	2,02	1582,08	1,58
43	1	1,10	1,1	47	56,83	1979,62	0,398	2,02	1589,54	1,59
44	1	1,10	1,1	47	56,96	1988,75	0,398	2,02	1596,86	1,60
45	1	1,10	1,1	47	57,09	1997,70	0,398	2,02	1604,06	1,60
46	1	1,11	1,1	47	57,21	2006,51	0,398	2,02	1611,12	1,61
47	1	1,11	1,1	47	57,34	2015,15	0,398	2,02	1618,07	1,62
48	1	1,11	1,1	47	57,46	2023,66	0,398	2,02	1624,90	1,62
49	1	1,11	1,1	47	57,57	2032,02	0,398	2,02	1631,61	1,63
50	1	1,12	1,1	47	57,69	2040,25	0,398	2,02	1638,22	1,64
51	1	1,12	1,1	47	57,81	2048,34	0,398	2,02	1644,72	1,64
52	1	1,12	1,1	47	57,92	2056,31	0,398	2,02	1651,12	1,65
53	1	1,12	1,1	47	58,03	2064,16	0,398	2,02	1657,42	1,66
54	1	1,12	1,1	47	58,14	2071,89	0,398	2,02	1663,63	1,66
55	1	1,13	1,1	47	58,24	2079,51	0,398	2,02	1669,74	1,67
56	1	1,13	1,1	47	58,35	2087,02	0,398	2,02	1675,77	1,68

Fonte: Autoria própria (2022)

**APÊNDICE B - Tabelas de entrada parametrizada de esforços estaticos do vento
no Scia Engineer**

Tabela 8 - Entrada parametrizada das cargas estáticas da hipótese 1

(continua)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_1	Força	Y	N9	Rx180	0,355676	LC2 - Vento	GCS
N1_2	Força	Y	N11	Rx180	0,396352	LC2 - Vento	GCS
N1_3	Força	Y	N14	Rx180	0,424626	LC2 - Vento	GCS
N1_4	Força	Y	N2	Rx180	0,446807	LC2 - Vento	GCS
N1_5	Força	Y	N21	Rx180	0,465257	LC2 - Vento	GCS
N1_6	Força	Y	N23	Rx180	0,481155	LC2 - Vento	GCS
N1_7	Força	Y	N26	Rx180	0,495184	LC2 - Vento	GCS
N1_8	Força	Y	N16	Rx180	0,507776	LC2 - Vento	GCS
N1_9	Força	Y	N33	Rx180	0,519227	LC2 - Vento	GCS
N1_10	Força	Y	N35	Rx180	0,529746	LC2 - Vento	GCS
N1_11	Força	Y	N38	Rx180	0,539489	LC2 - Vento	GCS
N1_12	Força	Y	N28	Rx180	0,548574	LC2 - Vento	GCS
N1_13	Força	Y	N45	Rx180	0,557093	LC2 - Vento	GCS
N1_14	Força	Y	N47	Rx180	0,56512	LC2 - Vento	GCS
N1_15	Força	Y	N50	Rx180	0,572715	LC2 - Vento	GCS
N1_16	Força	Y	N40	Rx180	0,579927	LC2 - Vento	GCS
N1_17	Força	Y	N57	Rx180	0,586797	LC2 - Vento	GCS
N1_18	Força	Y	N59	Rx180	0,593359	LC2 - Vento	GCS
N1_19	Força	Y	N62	Rx180	0,599643	LC2 - Vento	GCS
N1_20	Força	Y	N52	Rx180	0,605674	LC2 - Vento	GCS
N1_21	Força	Y	N69	Rx180	0,611473	LC2 - Vento	GCS
N1_22	Força	Y	N71	Rx180	0,617061	LC2 - Vento	GCS
N1_23	Força	Y	N74	Rx180	0,622453	LC2 - Vento	GCS
N1_24	Força	Y	N64	Rx180	0,627664	LC2 - Vento	GCS
N1_25	Força	Y	N81	Rx180	0,632708	LC2 - Vento	GCS
N1_26	Força	Y	N83	Rx180	0,637596	LC2 - Vento	GCS
N1_27	Força	Y	N86	Rx180	0,642338	LC2 - Vento	GCS
N1_28	Força	Y	N76	Rx180	0,646944	LC2 - Vento	GCS
N1_29	Força	Y	N93	Rx180	0,651423	LC2 - Vento	GCS
N1_30	Força	Y	N95	Rx180	0,655782	LC2 - Vento	GCS
N1_31	Força	Y	N98	Rx180	0,660028	LC2 - Vento	GCS
N1_32	Força	Y	N88	Rx180	0,664167	LC2 - Vento	GCS
N1_33	Força	Y	N105	Rx180	0,668205	LC2 - Vento	GCS
N1_34	Força	Y	N107	Rx180	0,672149	LC2 - Vento	GCS
N1_35	Força	Y	N110	Rx180	0,676001	LC2 - Vento	GCS
N1_36	Força	Y	N100	Rx180	0,679768	LC2 - Vento	GCS
N1_37	Força	Y	N117	Rx180	0,683453	LC2 - Vento	GCS
N1_38	Força	Y	N119	Rx180	0,687061	LC2 - Vento	GCS
N1_39	Força	Y	N122	Rx180	0,690594	LC2 - Vento	GCS
N1_40	Força	Y	N112	Rx180	0,694056	LC2 - Vento	GCS
N1_41	Força	Y	N129	Rx180	0,69745	LC2 - Vento	GCS
N1_42	Força	Y	N131	Rx180	0,70078	LC2 - Vento	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_43	Força	Y	N134	Rx180	0,704048	LC2 - Vento	GCS
N1_44	Força	Y	N124	Rx180	0,707255	LC2 - Vento	GCS
N1_45	Força	Y	N141	Rx180	0,710406	LC2 - Vento	GCS
N1_46	Força	Y	N143	Rx180	0,713502	LC2 - Vento	GCS
N1_47	Força	Y	N146	Rx180	0,716545	LC2 - Vento	GCS
N1_48	Força	Y	N136	Rx180	0,719537	LC2 - Vento	GCS
N1_49	Força	Y	N153	Rx180	0,722481	LC2 - Vento	GCS
N1_50	Força	Y	N155	Rx180	0,725377	LC2 - Vento	GCS
N1_51	Força	Y	N158	Rx180	0,728227	LC2 - Vento	GCS
N1_52	Força	Y	N148	Rx180	0,731034	LC2 - Vento	GCS
N1_53	Força	Y	N165	Rx180	0,733798	LC2 - Vento	GCS
N1_54	Força	Y	N167	Rx180	0,736521	LC2 - Vento	GCS
N1_55	Força	Y	N170	Rx180	0,739204	LC2 - Vento	GCS
N1_56	Força	Y	N160	Rx180	0,370268	LC2 - Vento	GCS
N1_57	Força	Y	N7	Rx180	0,355676	LC2 - Vento	GCS
N1_58	Força	Y	N12	Rx180	0,396352	LC2 - Vento	GCS
N1_59	Força	Y	N15	Rx180	0,424626	LC2 - Vento	GCS
N1_60	Força	Y	N6	Rx180	0,446807	LC2 - Vento	GCS
N1_61	Força	Y	N19	Rx180	0,465257	LC2 - Vento	GCS
N1_62	Força	Y	N24	Rx180	0,481155	LC2 - Vento	GCS
N1_63	Força	Y	N27	Rx180	0,495184	LC2 - Vento	GCS
N1_64	Força	Y	N18	Rx180	0,507776	LC2 - Vento	GCS
N1_65	Força	Y	N31	Rx180	0,519227	LC2 - Vento	GCS
N1_66	Força	Y	N36	Rx180	0,529746	LC2 - Vento	GCS
N1_67	Força	Y	N39	Rx180	0,539489	LC2 - Vento	GCS
N1_68	Força	Y	N30	Rx180	0,548574	LC2 - Vento	GCS
N1_69	Força	Y	N43	Rx180	0,557093	LC2 - Vento	GCS
N1_70	Força	Y	N48	Rx180	0,56512	LC2 - Vento	GCS
N1_71	Força	Y	N51	Rx180	0,572715	LC2 - Vento	GCS
N1_72	Força	Y	N42	Rx180	0,579927	LC2 - Vento	GCS
N1_73	Força	Y	N55	Rx180	0,586797	LC2 - Vento	GCS
N1_74	Força	Y	N60	Rx180	0,593359	LC2 - Vento	GCS
N1_75	Força	Y	N63	Rx180	0,599643	LC2 - Vento	GCS
N1_76	Força	Y	N54	Rx180	0,605674	LC2 - Vento	GCS
N1_77	Força	Y	N67	Rx180	0,611473	LC2 - Vento	GCS
N1_78	Força	Y	N72	Rx180	0,617061	LC2 - Vento	GCS
N1_79	Força	Y	N75	Rx180	0,622453	LC2 - Vento	GCS
N1_80	Força	Y	N66	Rx180	0,627664	LC2 - Vento	GCS
N1_81	Força	Y	N79	Rx180	0,632708	LC2 - Vento	GCS
N1_82	Força	Y	N84	Rx180	0,637596	LC2 - Vento	GCS
N1_83	Força	Y	N87	Rx180	0,642338	LC2 - Vento	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_84	Força	Y	N78	Rx180	0,646944	LC2 - Vento	GCS
N1_85	Força	Y	N91	Rx180	0,651423	LC2 - Vento	GCS
N1_86	Força	Y	N96	Rx180	0,655782	LC2 - Vento	GCS
N1_87	Força	Y	N99	Rx180	0,660028	LC2 - Vento	GCS
N1_88	Força	Y	N90	Rx180	0,664167	LC2 - Vento	GCS
N1_89	Força	Y	N103	Rx180	0,668205	LC2 - Vento	GCS
N1_90	Força	Y	N108	Rx180	0,672149	LC2 - Vento	GCS
N1_91	Força	Y	N111	Rx180	0,676001	LC2 - Vento	GCS
N1_92	Força	Y	N102	Rx180	0,679768	LC2 - Vento	GCS
N1_93	Força	Y	N115	Rx180	0,683453	LC2 - Vento	GCS
N1_94	Força	Y	N120	Rx180	0,687061	LC2 - Vento	GCS
N1_95	Força	Y	N123	Rx180	0,690594	LC2 - Vento	GCS
N1_96	Força	Y	N114	Rx180	0,694056	LC2 - Vento	GCS
N1_97	Força	Y	N127	Rx180	0,69745	LC2 - Vento	GCS
N1_98	Força	Y	N132	Rx180	0,70078	LC2 - Vento	GCS
N1_99	Força	Y	N135	Rx180	0,704048	LC2 - Vento	GCS
N1_100	Força	Y	N126	Rx180	0,707255	LC2 - Vento	GCS
N1_101	Força	Y	N139	Rx180	0,710406	LC2 - Vento	GCS
N1_102	Força	Y	N144	Rx180	0,713502	LC2 - Vento	GCS
N1_103	Força	Y	N147	Rx180	0,716545	LC2 - Vento	GCS
N1_104	Força	Y	N138	Rx180	0,719537	LC2 - Vento	GCS
N1_105	Força	Y	N151	Rx180	0,722481	LC2 - Vento	GCS
N1_106	Força	Y	N156	Rx180	0,725377	LC2 - Vento	GCS
N1_107	Força	Y	N159	Rx180	0,728227	LC2 - Vento	GCS
N1_108	Força	Y	N150	Rx180	0,731034	LC2 - Vento	GCS
N1_109	Força	Y	N163	Rx180	0,733798	LC2 - Vento	GCS
N1_110	Força	Y	N168	Rx180	0,736521	LC2 - Vento	GCS
N1_111	Força	Y	N171	Rx180	0,739204	LC2 - Vento	GCS
N1_112	Força	Y	N162	Rx180	0,370268	LC2 - Vento	GCS
N1_113	Força	Y	N8	Rx180	0,197197	LC2 - Vento	GCS
N1_114	Força	Y	N10	Rx180	0,219749	LC2 - Vento	GCS
N1_115	Força	Y	N13	Rx180	0,235426	LC2 - Vento	GCS
N1_116	Força	Y	N4	Rx180	0,247723	LC2 - Vento	GCS
N1_117	Força	Y	N20	Rx180	0,257953	LC2 - Vento	GCS
N1_118	Força	Y	N22	Rx180	0,266767	LC2 - Vento	GCS
N1_119	Força	Y	N25	Rx180	0,274545	LC2 - Vento	GCS
N1_120	Força	Y	N17	Rx180	0,281526	LC2 - Vento	GCS
N1_121	Força	Y	N32	Rx180	0,287875	LC2 - Vento	GCS
N1_122	Força	Y	N34	Rx180	0,293707	LC2 - Vento	GCS
N1_123	Força	Y	N37	Rx180	0,299109	LC2 - Vento	GCS
N1_124	Força	Y	N29	Rx180	0,304146	LC2 - Vento	GCS
N1_125	Força	Y	N44	Rx180	0,308869	LC2 - Vento	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_126	Força	Y	N46	Rx180	0,31332	LC2 - Vento	GCS
N1_127	Força	Y	N49	Rx180	0,317531	LC2 - Vento	GCS
N1_128	Força	Y	N41	Rx180	0,321529	LC2 - Vento	GCS
N1_129	Força	Y	N56	Rx180	0,325338	LC2 - Vento	GCS
N1_130	Força	Y	N58	Rx180	0,328976	LC2 - Vento	GCS
N1_131	Força	Y	N61	Rx180	0,33246	LC2 - Vento	GCS
N1_132	Força	Y	N53	Rx180	0,335804	LC2 - Vento	GCS
N1_133	Força	Y	N68	Rx180	0,339019	LC2 - Vento	GCS
N1_134	Força	Y	N70	Rx180	0,342117	LC2 - Vento	GCS
N1_135	Força	Y	N73	Rx180	0,345107	LC2 - Vento	GCS
N1_136	Força	Y	N65	Rx180	0,347996	LC2 - Vento	GCS
N1_137	Força	Y	N80	Rx180	0,350793	LC2 - Vento	GCS
N1_138	Força	Y	N82	Rx180	0,353503	LC2 - Vento	GCS
N1_139	Força	Y	N85	Rx180	0,356132	LC2 - Vento	GCS
N1_140	Força	Y	N77	Rx180	0,358686	LC2 - Vento	GCS
N1_141	Força	Y	N92	Rx180	0,361169	LC2 - Vento	GCS
N1_142	Força	Y	N94	Rx180	0,363585	LC2 - Vento	GCS
N1_143	Força	Y	N97	Rx180	0,365939	LC2 - Vento	GCS
N1_144	Força	Y	N89	Rx180	0,368234	LC2 - Vento	GCS
N1_145	Força	Y	N104	Rx180	0,370473	LC2 - Vento	GCS
N1_146	Força	Y	N106	Rx180	0,37266	LC2 - Vento	GCS
N1_147	Força	Y	N109	Rx180	0,374796	LC2 - Vento	GCS
N1_148	Força	Y	N101	Rx180	0,376884	LC2 - Vento	GCS
N1_149	Força	Y	N116	Rx180	0,378927	LC2 - Vento	GCS
N1_150	Força	Y	N118	Rx180	0,380927	LC2 - Vento	GCS
N1_151	Força	Y	N121	Rx180	0,382886	LC2 - Vento	GCS
N1_152	Força	Y	N113	Rx180	0,384806	LC2 - Vento	GCS
N1_153	Força	Y	N128	Rx180	0,386688	LC2 - Vento	GCS
N1_154	Força	Y	N130	Rx180	0,388534	LC2 - Vento	GCS
N1_155	Força	Y	N133	Rx180	0,390345	LC2 - Vento	GCS
N1_156	Força	Y	N125	Rx180	0,392124	LC2 - Vento	GCS
N1_157	Força	Y	N140	Rx180	0,393871	LC2 - Vento	GCS
N1_158	Força	Y	N142	Rx180	0,395587	LC2 - Vento	GCS
N1_159	Força	Y	N145	Rx180	0,397274	LC2 - Vento	GCS
N1_160	Força	Y	N137	Rx180	0,398933	LC2 - Vento	GCS
N1_161	Força	Y	N152	Rx180	0,400565	LC2 - Vento	GCS
N1_162	Força	Y	N154	Rx180	0,402171	LC2 - Vento	GCS
N1_163	Força	Y	N157	Rx180	0,403751	LC2 - Vento	GCS
N1_164	Força	Y	N149	Rx180	0,405307	LC2 - Vento	GCS
N1_165	Força	Y	N164	Rx180	0,40684	LC2 - Vento	GCS
N1_166	Força	Y	N166	Rx180	0,40835	LC2 - Vento	GCS
N1_167	Força	Y	N169	Rx180	0,409837	LC2 - Vento	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_168	Força	Y	N161	Rx180	0,205288	LC2 - Vento	GCS

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 9 - Entrada parametrizada das cargas estáticas da hipótese 2

(continua)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_169	Força	Y	N8	Rx0	0,907426	LC3 - Vento	GCS
N1_170	Força	Y	N10	Rx0	1,011202	LC3 - Vento	GCS
N1_171	Força	Y	N13	Rx0	1,083337	LC3 - Vento	GCS
N1_172	Força	Y	N4	Rx0	1,139927	LC3 - Vento	GCS
N1_173	Força	Y	N20	Rx0	1,186999	LC3 - Vento	GCS
N1_174	Força	Y	N22	Rx0	1,227559	LC3 - Vento	GCS
N1_175	Força	Y	N25	Rx0	1,263349	LC3 - Vento	GCS
N1_176	Força	Y	N17	Rx0	1,295476	LC3 - Vento	GCS
N1_177	Força	Y	N32	Rx0	1,32469	LC3 - Vento	GCS
N1_178	Força	Y	N34	Rx0	1,351528	LC3 - Vento	GCS
N1_179	Força	Y	N37	Rx0	1,376385	LC3 - Vento	GCS
N1_180	Força	Y	N29	Rx0	1,399563	LC3 - Vento	GCS
N1_181	Força	Y	N44	Rx0	1,421298	LC3 - Vento	GCS
N1_182	Força	Y	N46	Rx0	1,441777	LC3 - Vento	GCS
N1_183	Força	Y	N49	Rx0	1,461154	LC3 - Vento	GCS
N1_184	Força	Y	N41	Rx0	1,479554	LC3 - Vento	GCS
N1_185	Força	Y	N56	Rx0	1,497081	LC3 - Vento	GCS
N1_186	Força	Y	N58	Rx0	1,513822	LC3 - Vento	GCS
N1_187	Força	Y	N61	Rx0	1,529854	LC3 - Vento	GCS
N1_188	Força	Y	N53	Rx0	1,54524	LC3 - Vento	GCS
N1_189	Força	Y	N68	Rx0	1,560037	LC3 - Vento	GCS
N1_190	Força	Y	N70	Rx0	1,574292	LC3 - Vento	GCS
N1_191	Força	Y	N73	Rx0	1,588049	LC3 - Vento	GCS
N1_192	Força	Y	N65	Rx0	1,601344	LC3 - Vento	GCS
N1_193	Força	Y	N80	Rx0	1,614212	LC3 - Vento	GCS
N1_194	Força	Y	N82	Rx0	1,626682	LC3 - Vento	GCS
N1_195	Força	Y	N85	Rx0	1,638781	LC3 - Vento	GCS
N1_196	Força	Y	N77	Rx0	1,650533	LC3 - Vento	GCS
N1_197	Força	Y	N92	Rx0	1,661959	LC3 - Vento	GCS
N1_198	Força	Y	N94	Rx0	1,673079	LC3 - Vento	GCS
N1_199	Força	Y	N97	Rx0	1,683912	LC3 - Vento	GCS
N1_200	Força	Y	N89	Rx0	1,694472	LC3 - Vento	GCS
N1_201	Força	Y	N104	Rx0	1,704775	LC3 - Vento	GCS
N1_202	Força	Y	N106	Rx0	1,714835	LC3 - Vento	GCS
N1_203	Força	Y	N109	Rx0	1,724665	LC3 - Vento	GCS
N1_204	Força	Y	N101	Rx0	1,734275	LC3 - Vento	GCS
N1_205	Força	Y	N116	Rx0	1,743677	LC3 - Vento	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_206	Força	Y	N118	Rx0	1,75288	LC3 - Vento	GCS
N1_207	Força	Y	N121	Rx0	1,761894	LC3 - Vento	GCS
N1_208	Força	Y	N113	Rx0	1,770727	LC3 - Vento	GCS
N1_209	Força	Y	N128	Rx0	1,779387	LC3 - Vento	GCS
N1_210	Força	Y	N130	Rx0	1,787882	LC3 - Vento	GCS
N1_211	Força	Y	N133	Rx0	1,796219	LC3 - Vento	GCS
N1_212	Força	Y	N125	Rx0	1,804403	LC3 - Vento	GCS
N1_213	Força	Y	N140	Rx0	1,812442	LC3 - Vento	GCS
N1_214	Força	Y	N142	Rx0	1,82034	LC3 - Vento	GCS
N1_215	Força	Y	N145	Rx0	1,828104	LC3 - Vento	GCS
N1_216	Força	Y	N137	Rx0	1,835738	LC3 - Vento	GCS
N1_217	Força	Y	N152	Rx0	1,843247	LC3 - Vento	GCS
N1_218	Força	Y	N154	Rx0	1,850635	LC3 - Vento	GCS
N1_219	Força	Y	N157	Rx0	1,857908	LC3 - Vento	GCS
N1_220	Força	Y	N149	Rx0	1,865068	LC3 - Vento	GCS
N1_221	Força	Y	N164	Rx0	1,87212	LC3 - Vento	GCS
N1_222	Força	Y	N166	Rx0	1,879067	LC3 - Vento	GCS
N1_223	Força	Y	N169	Rx0	1,885913	LC3 - Vento	GCS
N1_224	Força	Y	N161	Rx0	0,944656	LC3 - Vento	GCS

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 10 - Entrada parametrizada das cargas estáticas da hipótese 3

(continua)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_225	Força	Y	N9	Rz150	0,80486442	LC4 - Vento	GCS
N1_226	Força	Y	N11	Rz150	0,896910886	LC4 - Vento	GCS
N1_227	Força	Y	N14	Rz150	0,960893126	LC4 - Vento	GCS
N1_228	Força	Y	N2	Rz150	1,011086679	LC4 - Vento	GCS
N1_229	Força	Y	N21	Rz150	1,052838063	LC4 - Vento	GCS
N1_230	Força	Y	N23	Rz150	1,08881426	LC4 - Vento	GCS
N1_231	Força	Y	N26	Rz150	1,12055917	LC4 - Vento	GCS
N1_232	Força	Y	N16	Rz150	1,149054551	LC4 - Vento	GCS
N1_233	Força	Y	N33	Rz150	1,174966892	LC4 - Vento	GCS
N1_234	Força	Y	N35	Rz150	1,198771109	LC4 - Vento	GCS
N1_235	Força	Y	N38	Rz150	1,220818514	LC4 - Vento	GCS
N1_236	Força	Y	N28	Rz150	1,24137686	LC4 - Vento	GCS
N1_237	Força	Y	N45	Rz150	1,260655254	LC4 - Vento	GCS
N1_238	Força	Y	N47	Rz150	1,278820352	LC4 - Vento	GCS
N1_239	Força	Y	N50	Rz150	1,296007284	LC4 - Vento	GCS
N1_240	Força	Y	N40	Rz150	1,312327244	LC4 - Vento	GCS
N1_241	Força	Y	N57	Rz150	1,327872909	LC4 - Vento	GCS
N1_242	Força	Y	N59	Rz150	1,342722394	LC4 - Vento	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_243	Força	Y	N62	Rz150	1,356942192	LC4 - Vento	GCS
N1_244	Força	Y	N52	Rz150	1,37058941	LC4 - Vento	GCS
N1_245	Força	Y	N69	Rz150	1,383713476	LC4 - Vento	GCS
N1_246	Força	Y	N71	Rz150	1,396357481	LC4 - Vento	GCS
N1_247	Força	Y	N74	Rz150	1,408559233	LC4 - Vento	GCS
N1_248	Força	Y	N64	Rz150	1,420352099	LC4 - Vento	GCS
N1_249	Força	Y	N81	Rz150	1,431765686	LC4 - Vento	GCS
N1_250	Força	Y	N83	Rz150	1,442826392	LC4 - Vento	GCS
N1_251	Força	Y	N86	Rz150	1,453557865	LC4 - Vento	GCS
N1_252	Força	Y	N76	Rz150	1,463981372	LC4 - Vento	GCS
N1_253	Força	Y	N93	Rz150	1,474116118	LC4 - Vento	GCS
N1_254	Força	Y	N95	Rz150	1,483979506	LC4 - Vento	GCS
N1_255	Força	Y	N98	Rz150	1,493587361	LC4 - Vento	GCS
N1_256	Força	Y	N88	Rz150	1,502954115	LC4 - Vento	GCS
N1_257	Força	Y	N105	Rz150	1,512092971	LC4 - Vento	GCS
N1_258	Força	Y	N107	Rz150	1,521016042	LC4 - Vento	GCS
N1_259	Força	Y	N110	Rz150	1,529734465	LC4 - Vento	GCS
N1_260	Força	Y	N100	Rz150	1,53825851	LC4 - Vento	GCS
N1_261	Força	Y	N117	Rz150	1,546597665	LC4 - Vento	GCS
N1_262	Força	Y	N119	Rz150	1,554760717	LC4 - Vento	GCS
N1_263	Força	Y	N122	Rz150	1,562755822	LC4 - Vento	GCS
N1_264	Força	Y	N112	Rz150	1,570590559	LC4 - Vento	GCS
N1_265	Força	Y	N129	Rz150	1,578271991	LC4 - Vento	GCS
N1_266	Força	Y	N131	Rz150	1,585806708	LC4 - Vento	GCS
N1_267	Força	Y	N134	Rz150	1,593200869	LC4 - Vento	GCS
N1_268	Força	Y	N124	Rz150	1,60046024	LC4 - Vento	GCS
N1_269	Força	Y	N141	Rz150	1,607590227	LC4 - Vento	GCS
N1_270	Força	Y	N143	Rz150	1,614595906	LC4 - Vento	GCS
N1_271	Força	Y	N146	Rz150	1,621482052	LC4 - Vento	GCS
N1_272	Força	Y	N136	Rz150	1,628253156	LC4 - Vento	GCS
N1_273	Força	Y	N153	Rz150	1,634913457	LC4 - Vento	GCS
N1_274	Força	Y	N155	Rz150	1,641466952	LC4 - Vento	GCS
N1_275	Força	Y	N158	Rz150	1,647917419	LC4 - Vento	GCS
N1_276	Força	Y	N148	Rz150	1,654268434	LC4 - Vento	GCS
N1_277	Força	Y	N165	Rz150	1,660523382	LC4 - Vento	GCS
N1_278	Força	Y	N167	Rz150	1,666685472	LC4 - Vento	GCS
N1_279	Força	Y	N170	Rz150	1,672757749	LC4 - Vento	GCS
N1_280	Força	Y	N160	Rz150	0,837885903	LC4 - Vento	GCS

Fonte: Autoria própria (2022)

APÊNDICE C - Resultados da análise estática

Figura 22 - Resultados da análise não-linear estática.

1. Forças internas 1D

Cálculo não linear
Comb. não linear : NC1
Sistema de coordenadas: Principal
Extremo 1D: Global
Seleção: Tudo

Nome	dx (m)	Caso	N (kN)
B2	0,000	NC1	-249,90
B322	1,000	NC1	105,92

2. Forças internas 1D

Cálculo não linear
Comb. não linear : NC2
Sistema de coordenadas: Principal
Extremo 1D: Global
Seleção: Tudo

Nome	dx (m)	Caso	N (kN)
B3	0,000	NC2	-143,03
B320	1,000	NC2	197,08

3. Forças internas 1D

Cálculo não linear
Comb. não linear : NC3
Sistema de coordenadas: Principal
Extremo 1D: Global
Seleção: Tudo

Nome	dx (m)	Caso	N (kN)
B2	0,000	NC3	-237,02
B1	2,000	NC3	168,61

4. Deformações 1D

Cálculo não linear
Comb. não linear : NC1
Sistema de coordenadas: Global
Extremo 1D: Global
Seleção: Tudo

Nome	dx (m)	Caso	u _x (mm)	U _{total} (mm)
B2	1,000	NC1	-0,4	1,4
B386	22,464	NC1	0,5	320,1
B363	0,500	NC1	0,4	649,2

5. Deformações 1D

Cálculo não linear
Comb. não linear : NC2
Sistema de coordenadas: Global
Extremo 1D: Global
Seleção: Tudo

Nome	dx (m)	Caso	u _x (mm)	U _{total} (mm)
B281	0,000	NC2	-0,7	313,2
B1	1,000	NC2	0,3	1,2
B363	0,500	NC2	-0,4	540,1

6. Deformações 1D

Cálculo não linear
Comb. não linear : NC3
Sistema de coordenadas: Global
Extremo 1D: Global
Seleção: Tudo

Nome	dx (m)	Caso	u _x (mm)	U _{total} (mm)
B362	0,000	NC3	-336,2	478,0
B42	1,414	NC3	5,0	38,0
B363	0,500	NC3	-125,5	527,6

Fonte: Autoria própria (2022)

APÊNDICE D - Valor médio da ação do vento, ações em trechos, valor médio da ação nos estais, ações em trechos nos estais

Tabela 11 - Valor médio da ação do vento e ações em trechos na hipótese 1

(continua)

z (m)	ks	c0 (z)	k1	z0	lv (z)	Vk (m/s)	qp (z) N/m²	φ	cfs	Kθ	cfs0	cw (z)	Fmw (N)	Fpw (N)	Fmw (kN)	Fpw (kN)
1	3,5	1	1	0,01	0,217	39,01	2397,25	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	424,107	644,66	0,424	0,645
2	3,5	1	1	0,01	0,189	41,81	2536,43	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	487,171	643,64	0,487	0,644
3	3,5	1	1	0,01	0,175	43,54	2639,38	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	528,323	648,39	0,528	0,648
4	3,5	1	1	0,01	0,167	44,81	2721,73	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	559,613	653,81	0,560	0,654
5	3,5	1	1	0,01	0,161	45,83	2790,89	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	585,153	659,10	0,585	0,659
6	3,5	1	1	0,01	0,156	46,67	2850,84	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	606,884	664,10	0,607	0,664
7	3,5	1	1	0,01	0,153	47,39	2903,95	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	625,886	668,78	0,626	0,669
8	3,5	1	1	0,01	0,150	48,03	2951,77	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	642,826	673,16	0,643	0,673
9	3,5	1	1	0,01	0,147	48,60	2995,36	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	658,149	677,27	0,658	0,677
10	3,5	1	1	0,01	0,145	49,12	3035,49	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	672,164	681,14	0,672	0,681
11	3,5	1	1	0,01	0,143	49,59	3072,71	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	685,100	684,80	0,685	0,685
12	3,5	1	1	0,01	0,141	50,02	3107,47	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	697,127	688,27	0,697	0,688
13	3,5	1	1	0,01	0,139	50,42	3140,10	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	708,376	691,57	0,708	0,692
14	3,5	1	1	0,01	0,138	50,80	3170,89	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	718,954	694,72	0,719	0,695
15	3,5	1	1	0,01	0,137	51,15	3200,04	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	728,943	697,72	0,729	0,698
16	3,5	1	1	0,01	0,136	51,48	3227,74	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	738,413	700,60	0,738	0,701
17	3,5	1	1	0,01	0,134	51,79	3254,15	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	747,421	703,37	0,747	0,703
18	3,5	1	1	0,01	0,133	52,09	3279,40	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	756,014	706,03	0,756	0,706
19	3,5	1	1	0,01	0,132	52,37	3303,59	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	764,234	708,60	0,764	0,709
20	3,5	1	1	0,01	0,132	52,64	3326,82	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	772,114	711,07	0,772	0,711
21	3,5	1	1	0,01	0,131	52,90	3349,17	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	779,685	713,47	0,780	0,713
22	3,5	1	1	0,01	0,130	53,14	3370,71	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	786,973	715,78	0,787	0,716
23	3,5	1	1	0,01	0,129	53,38	3391,51	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	794,001	718,03	0,794	0,718
24	3,5	1	1	0,01	0,128	53,61	3411,62	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	800,788	720,21	0,801	0,720
25	3,5	1	1	0,01	0,128	53,83	3431,09	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	807,353	722,32	0,807	0,722
26	3,5	1	1	0,01	0,127	54,04	3449,96	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	813,711	724,38	0,814	0,724
27	3,5	1	1	0,01	0,127	54,24	3468,28	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	819,876	726,38	0,820	0,726
28	3,5	1	1	0,01	0,126	54,44	3486,08	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	825,861	728,33	0,826	0,728
29	3,5	1	1	0,01	0,125	54,63	3503,39	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	831,678	730,23	0,832	0,730
30	3,5	1	1	0,01	0,125	54,82	3520,24	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	837,336	732,09	0,837	0,732
31	3,5	1	1	0,01	0,124	55,00	3536,66	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	842,845	733,90	0,843	0,734
32	3,5	1	1	0,01	0,124	55,17	3552,67	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	848,214	735,67	0,848	0,736
33	3,5	1	1	0,01	0,123	55,34	3568,30	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	853,450	737,40	0,853	0,737
34	3,5	1	1	0,01	0,123	55,51	3583,56	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	858,561	739,09	0,859	0,739
35	3,5	1	1	0,01	0,123	55,67	3598,47	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	863,553	740,75	0,864	0,741
36	3,5	1	1	0,01	0,122	55,83	3613,06	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	868,432	742,37	0,868	0,742
37	3,5	1	1	0,01	0,122	55,98	3627,33	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	873,204	743,96	0,873	0,744
38	3,5	1	1	0,01	0,121	56,13	3641,30	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	877,874	745,52	0,878	0,746
39	3,5	1	1	0,01	0,121	56,28	3654,98	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	882,446	747,05	0,882	0,747
40	3,5	1	1	0,01	0,121	56,42	3668,40	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	886,926	748,55	0,887	0,749
41	3,5	1	1	0,01	0,120	56,56	3681,55	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	891,317	750,02	0,891	0,750
42	3,5	1	1	0,01	0,120	56,69	3694,45	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	895,623	751,47	0,896	0,751

(continuação)

z (m)	ks	c0 (z)	k1	z0	lv (z)	Vk (m/s)	qp (z) N/m²	ϕ	cfs	K0	cfs0	cw (z)	Fmw (N)	Fpw (N)	Fmw (kN)	Fpw (kN)
43	3,5	1	1	0,01	0,120	56,83	3707,12	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	899,848	752,89	0,900	0,753
44	3,5	1	1	0,01	0,119	56,96	3719,55	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	903,995	754,28	0,904	0,754
45	3,5	1	1	0,01	0,119	57,09	3731,77	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	908,067	755,66	0,908	0,756
46	3,5	1	1	0,01	0,119	57,21	3743,77	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	912,068	757,01	0,912	0,757
47	3,5	1	1	0,01	0,118	57,34	3755,57	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	915,999	758,34	0,916	0,758
48	3,5	1	1	0,01	0,118	57,46	3767,17	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	919,864	759,65	0,920	0,760
49	3,5	1	1	0,01	0,118	57,57	3778,59	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	923,665	760,94	0,924	0,761
50	3,5	1	1	0,01	0,117	57,69	3789,82	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	927,405	762,20	0,927	0,762
51	3,5	1	1	0,01	0,117	57,81	3800,88	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	931,085	763,45	0,931	0,763
52	3,5	1	1	0,01	0,117	57,92	3811,77	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	934,708	764,68	0,935	0,765
53	3,5	1	1	0,01	0,117	58,03	3822,49	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	938,276	765,90	0,938	0,766
54	3,5	1	1	0,01	0,116	58,14	3833,06	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	941,790	767,09	0,942	0,767
55	3,5	1	1	0,01	0,116	58,24	3843,47	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	945,253	768,27	0,945	0,768
56	3,5	1	1	0,01	0,116	58,35	3853,74	0,4963	0,898	1	1,810	0,898	948,665	769,44	0,949	0,769

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 12 - Valor médio da ação do vento e ações em trechos - estais - hipótese 1

(continua)

Aref	cfg	Fmg (N/m²)	Fpg (N/m²)	Fmg (kN)	Fpg (kN/m²)
0,649	1,20	741,23	1126,69	0,74	1,13
0,649	1,20	851,45	1124,91	0,85	1,12
0,649	1,20	923,37	1133,21	0,92	1,13
0,649	1,20	978,06	1142,69	0,98	1,14
0,649	1,20	1022,69	1151,94	1,02	1,15
0,649	1,20	1060,67	1160,67	1,06	1,16
0,649	1,20	1093,88	1168,84	1,09	1,17
0,649	1,20	1123,49	1176,50	1,12	1,18
0,649	1,20	1150,27	1183,69	1,15	1,18
0,649	1,20	1174,77	1190,45	1,17	1,19
0,649	1,20	1197,38	1196,85	1,20	1,20
0,649	1,20	1218,39	1202,92	1,22	1,20
0,649	1,20	1238,06	1208,68	1,24	1,21
0,649	1,20	1256,54	1214,18	1,26	1,21
0,649	1,20	1274,00	1219,44	1,27	1,22
0,649	1,20	1290,55	1224,47	1,29	1,22
0,713	1,20	1434,45	1349,91	1,43	1,35
0,713	1,20	1450,94	1355,01	1,45	1,36
0,713	1,20	1466,71	1359,94	1,47	1,36
0,713	1,20	1481,84	1364,69	1,48	1,36
0,713	1,20	1496,37	1369,28	1,50	1,37
0,713	1,20	1510,35	1373,73	1,51	1,37
0,713	1,20	1523,84	1378,03	1,52	1,38
0,713	1,20	1536,87	1382,21	1,54	1,38

(continuação)

Aref	cfg	Fmg (N/m ²)	Fpg (N/m ²)	Fmg (kN)	Fpg (kN/m ²)
0,713	1,20	1549,47	1386,27	1,55	1,39
0,713	1,20	1561,67	1390,22	1,56	1,39
0,713	1,20	1573,50	1394,06	1,57	1,39
0,713	1,20	1584,99	1397,81	1,58	1,40
0,827	1,20	1851,54	1625,70	1,85	1,63
0,827	1,20	1864,14	1629,82	1,86	1,63
0,827	1,20	1876,40	1633,86	1,88	1,63
0,827	1,20	1888,36	1637,80	1,89	1,64
0,827	1,20	1900,01	1641,65	1,90	1,64
0,827	1,20	1911,39	1645,42	1,91	1,65
0,827	1,20	1922,51	1649,10	1,92	1,65
0,827	1,20	1933,37	1652,72	1,93	1,65
0,827	1,20	1943,99	1656,26	1,94	1,66
0,827	1,20	1954,39	1659,73	1,95	1,66
0,827	1,20	1964,57	1663,13	1,96	1,66
0,827	1,20	1974,54	1666,47	1,97	1,67
0,827	1,20	1984,32	1669,75	1,98	1,67
0,827	1,20	1993,90	1672,97	1,99	1,67
0,827	1,20	2003,31	1676,13	2,00	1,68
0,827	1,20	2012,54	1679,24	2,01	1,68
0,936	1,20	2287,75	1903,77	2,29	1,90
0,936	1,20	2297,83	1907,18	2,30	1,91
0,936	1,20	2307,73	1910,53	2,31	1,91
0,936	1,20	2317,47	1913,82	2,32	1,91
0,936	1,20	2327,04	1917,07	2,33	1,92
0,936	1,20	2336,47	1920,26	2,34	1,92
0,936	1,20	2345,74	1923,41	2,35	1,92
0,936	1,20	2354,87	1926,51	2,35	1,93
0,936	1,20	2363,85	1929,57	2,36	1,93
0,936	1,20	2372,71	1932,59	2,37	1,93
0,936	1,20	2381,43	1935,56	2,38	1,94
0,936	1,20	2390,03	1938,49	2,39	1,94

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 13 - Valor médio da ação do vento e Ações em trechos na hipótese 2

(continua)

z (m)	ks	c0 (z)	k1	z0	lv (z)	Vk (m/s)	qp (z) N/m ²	φ	cfs	Kθ	cfs0	cw (z)	Fmw (N)	Fpw (N)	Fmw (kN)	Fpw (kN)
1	3,5	1	1	0,01	0,217	39,01	2397,25	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	406,925	618,54	0,407	0,619
2	3,5	1	1	0,01	0,189	41,81	2536,43	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	467,435	617,56	0,467	0,618
3	3,5	1	1	0,01	0,175	43,54	2639,38	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	506,920	622,12	0,507	0,622
4	3,5	1	1	0,01	0,167	44,81	2721,73	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	536,941	627,32	0,537	0,627
5	3,5	1	1	0,01	0,161	45,83	2790,89	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	561,447	632,40	0,561	0,632
6	3,5	1	1	0,01	0,156	46,67	2850,84	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	582,298	637,19	0,582	0,637

(continuação)

z (m)	ks	c0 (z)	k1	z0	lv (z)	Vk (m/s)	qp (z) N/m²	φ	cfs	Kθ	cfs0	cw (z)	Fmw (N)	Fpw (N)	Fmw (kN)	Fpw (kN)
7	3,5	1	1	0,01	0,153	47,39	2903,95	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	600,530	641,68	0,601	0,642
8	3,5	1	1	0,01	0,150	48,03	2951,77	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	616,784	645,88	0,617	0,646
9	3,5	1	1	0,01	0,147	48,60	2995,36	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	631,485	649,83	0,631	0,650
10	3,5	1	1	0,01	0,145	49,12	3035,49	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	644,933	653,55	0,645	0,654
11	3,5	1	1	0,01	0,143	49,59	3072,71	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	657,345	657,06	0,657	0,657
12	3,5	1	1	0,01	0,141	50,02	3107,47	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	668,884	660,39	0,669	0,660
13	3,5	1	1	0,01	0,139	50,42	3140,10	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	679,679	663,55	0,680	0,664
14	3,5	1	1	0,01	0,138	50,80	3170,89	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	689,827	666,57	0,690	0,667
15	3,5	1	1	0,01	0,137	51,15	3200,04	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	699,412	669,46	0,699	0,669
16	3,5	1	1	0,01	0,136	51,48	3227,74	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	708,498	672,22	0,708	0,672
17	3,5	1	1	0,01	0,134	51,79	3254,15	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	717,141	674,88	0,717	0,675
18	3,5	1	1	0,01	0,133	52,09	3279,40	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	725,386	677,43	0,725	0,677
19	3,5	1	1	0,01	0,132	52,37	3303,59	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	733,273	679,89	0,733	0,680
20	3,5	1	1	0,01	0,132	52,64	3326,82	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	740,834	682,27	0,741	0,682
21	3,5	1	1	0,01	0,131	52,90	3349,17	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	748,098	684,56	0,748	0,685
22	3,5	1	1	0,01	0,130	53,14	3370,71	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	755,091	686,78	0,755	0,687
23	3,5	1	1	0,01	0,129	53,38	3391,51	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	761,834	688,94	0,762	0,689
24	3,5	1	1	0,01	0,128	53,61	3411,62	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	768,347	691,03	0,768	0,691
25	3,5	1	1	0,01	0,128	53,83	3431,09	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	774,645	693,06	0,775	0,693
26	3,5	1	1	0,01	0,127	54,04	3449,96	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	780,746	695,03	0,781	0,695
27	3,5	1	1	0,01	0,127	54,24	3468,28	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	786,661	696,95	0,787	0,697
28	3,5	1	1	0,01	0,126	54,44	3486,08	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	792,404	698,82	0,792	0,699
29	3,5	1	1	0,01	0,125	54,63	3503,39	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	797,985	700,65	0,798	0,701
30	3,5	1	1	0,01	0,125	54,82	3520,24	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	803,413	702,43	0,803	0,702
31	3,5	1	1	0,01	0,124	55,00	3536,66	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	808,700	704,17	0,809	0,704
32	3,5	1	1	0,01	0,124	55,17	3552,67	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	813,851	705,86	0,814	0,706
33	3,5	1	1	0,01	0,123	55,34	3568,30	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	818,875	707,52	0,819	0,708
34	3,5	1	1	0,01	0,123	55,51	3583,56	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	823,779	709,15	0,824	0,709
35	3,5	1	1	0,01	0,123	55,67	3598,47	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	828,569	710,74	0,829	0,711
36	3,5	1	1	0,01	0,122	55,83	3613,06	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	833,250	712,29	0,833	0,712
37	3,5	1	1	0,01	0,122	55,98	3627,33	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	837,829	713,82	0,838	0,714
38	3,5	1	1	0,01	0,121	56,13	3641,30	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	842,309	715,31	0,842	0,715
39	3,5	1	1	0,01	0,121	56,28	3654,98	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	846,697	716,78	0,847	0,717
40	3,5	1	1	0,01	0,121	56,42	3668,40	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	850,995	718,22	0,851	0,718
41	3,5	1	1	0,01	0,120	56,56	3681,55	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	855,208	719,63	0,855	0,720
42	3,5	1	1	0,01	0,120	56,69	3694,45	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	859,339	721,02	0,859	0,721
43	3,5	1	1	0,01	0,120	56,83	3707,12	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	863,393	722,39	0,863	0,722
44	3,5	1	1	0,01	0,119	56,96	3719,55	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	867,372	723,73	0,867	0,724
45	3,5	1	1	0,01	0,119	57,09	3731,77	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	871,279	725,04	0,871	0,725
46	3,5	1	1	0,01	0,119	57,21	3743,77	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	875,118	726,34	0,875	0,726
47	3,5	1	1	0,01	0,118	57,34	3755,57	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	878,890	727,62	0,879	0,728
48	3,5	1	1	0,01	0,118	57,46	3767,17	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	882,598	728,87	0,883	0,729
49	3,5	1	1	0,01	0,118	57,57	3778,59	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	886,246	730,11	0,886	0,730

(continuação)

z (m)	ks	c0 (z)	k1	z0	lv (z)	Vk (m/s)	qp (z) N/m ²	φ	cfs	Kθ	cfs0	cw (z)	Fmw (N)	Fpw (N)	Fmw (kN)	Fpw (kN)
50	3,5	1	1	0,01	0,117	57,69	3789,82	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	889,834	731,32	0,890	0,731
51	3,5	1	1	0,01	0,117	57,81	3800,88	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	893,365	732,52	0,893	0,733
52	3,5	1	1	0,01	0,117	57,92	3811,77	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	896,841	733,71	0,897	0,734
53	3,5	1	1	0,01	0,117	58,03	3822,49	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	900,264	734,87	0,900	0,735
54	3,5	1	1	0,01	0,116	58,14	3833,06	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	903,636	736,02	0,904	0,736
55	3,5	1	1	0,01	0,116	58,24	3843,47	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	906,958	737,15	0,907	0,737
56	3,5	1	1	0,01	0,116	58,35	3853,74	0,4974	0,86	0,95	1,820	0,860	910,233	738,27	0,910	0,738

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 14 - Valor médio da ação do vento e Ações em trechos - estais - hipótese 2

(continua)

Aref	c _{fg}	F _{mg} (N/m ²)	F _{pg} (N/m ²)	F _{mg} (kN/m ²)	F _{pg} (kN/m ²)
0,649	1,20	741,23	1126,69	0,74	1,13
0,649	1,20	851,45	1124,91	0,85	1,12
0,649	1,20	923,37	1133,21	0,92	1,13
0,649	1,20	978,06	1142,69	0,98	1,14
0,649	1,20	1022,69	1151,94	1,02	1,15
0,649	1,20	1060,67	1160,67	1,06	1,16
0,649	1,20	1093,88	1168,84	1,09	1,17
0,649	1,20	1123,49	1176,50	1,12	1,18
0,649	1,20	1150,27	1183,69	1,15	1,18
0,649	1,20	1174,77	1190,45	1,17	1,19
0,649	1,20	1197,38	1196,85	1,20	1,20
0,649	1,20	1218,39	1202,92	1,22	1,20
0,649	1,20	1238,06	1208,68	1,24	1,21
0,649	1,20	1256,54	1214,18	1,26	1,21
0,649	1,20	1274,00	1219,44	1,27	1,22
0,649	1,20	1290,55	1224,47	1,29	1,22
0,713	1,20	1434,45	1349,91	1,43	1,35
0,713	1,20	1450,94	1355,01	1,45	1,36
0,713	1,20	1466,71	1359,94	1,47	1,36
0,713	1,20	1481,84	1364,69	1,48	1,36
0,713	1,20	1496,37	1369,28	1,50	1,37
0,713	1,20	1510,35	1373,73	1,51	1,37
0,713	1,20	1523,84	1378,03	1,52	1,38
0,713	1,20	1536,87	1382,21	1,54	1,38
0,713	1,20	1549,47	1386,27	1,55	1,39
0,713	1,20	1561,67	1390,22	1,56	1,39
0,713	1,20	1573,50	1394,06	1,57	1,39
0,713	1,20	1584,99	1397,81	1,58	1,40
0,827	1,20	1851,54	1625,70	1,85	1,63
0,827	1,20	1864,14	1629,82	1,86	1,63
0,827	1,20	1876,40	1633,86	1,88	1,63

(continuação)

Aref	c _{fg}	F _{mg} (N/m ²)	F _{pg} (N/m ²)	F _{mg} (kN/m ²)	F _{pg} (kN/m ²)
0,827	1,20	1888,36	1637,80	1,89	1,64
0,827	1,20	1900,01	1641,65	1,90	1,64
0,827	1,20	1911,39	1645,42	1,91	1,65
0,827	1,20	1922,51	1649,10	1,92	1,65
0,827	1,20	1933,37	1652,72	1,93	1,65
0,827	1,20	1943,99	1656,26	1,94	1,66
0,827	1,20	1954,39	1659,73	1,95	1,66
0,827	1,20	1964,57	1663,13	1,96	1,66
0,827	1,20	1974,54	1666,47	1,97	1,67
0,827	1,20	1984,32	1669,75	1,98	1,67
0,827	1,20	1993,90	1672,97	1,99	1,67
0,827	1,20	2003,31	1676,13	2,00	1,68
0,827	1,20	2012,54	1679,24	2,01	1,68
0,936	1,20	2287,75	1903,77	2,29	1,90
0,936	1,20	2297,83	1907,18	2,30	1,91
0,936	1,20	2307,73	1910,53	2,31	1,91
0,936	1,20	2317,47	1913,82	2,32	1,91
0,936	1,20	2327,04	1917,07	2,33	1,92
0,936	1,20	2336,47	1920,26	2,34	1,92
0,936	1,20	2345,74	1923,41	2,35	1,92
0,936	1,20	2354,87	1926,51	2,35	1,93
0,936	1,20	2363,85	1929,57	2,36	1,93
0,936	1,20	2372,71	1932,59	2,37	1,93
0,936	1,20	2381,43	1935,56	2,38	1,94
0,936	1,20	2390,03	1938,49	2,39	1,94

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 15 - Valor médio da ação do vento e Ações em trechos na hipótese 3

(continua)

z (m)	k _s	c ₀ (z)	k ₁	z ₀	lv (z)	V _k (m/s)	q _p (z) N/m ²	φ	c _{fs}	K _θ	c _{fs0}	c _w (z)	F _{mw} (N)	F _{pw} (N)	F _{mw} (kN)	F _{pw} (kN)
1	3,5	1	1	0,01	0,217	39,01	2397,25	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	299,023	454,52	0,299	0,455
2	3,5	1	1	0,01	0,189	41,81	2536,43	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	343,487	453,81	0,343	0,454
3	3,5	1	1	0,01	0,175	43,54	2639,38	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	372,502	457,16	0,373	0,457
4	3,5	1	1	0,01	0,167	44,81	2721,73	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	394,563	460,98	0,395	0,461
5	3,5	1	1	0,01	0,161	45,83	2790,89	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	412,571	464,71	0,413	0,465
6	3,5	1	1	0,01	0,156	46,67	2850,84	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	427,893	468,23	0,428	0,468
7	3,5	1	1	0,01	0,153	47,39	2903,95	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	441,290	471,53	0,441	0,472
8	3,5	1	1	0,01	0,150	48,03	2951,77	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	453,234	474,62	0,453	0,475
9	3,5	1	1	0,01	0,147	48,60	2995,36	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	464,038	477,52	0,464	0,478
10	3,5	1	1	0,01	0,145	49,12	3035,49	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	473,920	480,25	0,474	0,480
11	3,5	1	1	0,01	0,143	49,59	3072,71	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	483,040	482,83	0,483	0,483
12	3,5	1	1	0,01	0,141	50,02	3107,47	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	491,520	485,28	0,492	0,485
13	3,5	1	1	0,01	0,139	50,42	3140,10	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	499,452	487,60	0,499	0,488

(continuação)

z (m)	ks	c0 (z)	k1	z0	lv (z)	Vk (m/s)	qp (z) N/m ²	φ	cfs	Kθ	cfs0	cw (z)	Fmw (N)	Fpw (N)	Fmw (kN)	Fpw (kN)
14	3,5	1	1	0,01	0,138	50,80	3170,89	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	506,909	489,82	0,507	0,490
15	3,5	1	1	0,01	0,137	51,15	3200,04	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	513,952	491,94	0,514	0,492
16	3,5	1	1	0,01	0,136	51,48	3227,74	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	520,629	493,97	0,521	0,494
17	3,5	1	1	0,01	0,134	51,79	3254,15	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	526,980	495,92	0,527	0,496
18	3,5	1	1	0,01	0,133	52,09	3279,40	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	533,039	497,80	0,533	0,498
19	3,5	1	1	0,01	0,132	52,37	3303,59	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	538,835	499,61	0,539	0,500
20	3,5	1	1	0,01	0,132	52,64	3326,82	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	544,391	501,35	0,544	0,501
21	3,5	1	1	0,01	0,131	52,90	3349,17	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	549,729	503,04	0,550	0,503
22	3,5	1	1	0,01	0,130	53,14	3370,71	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	554,867	504,67	0,555	0,505
23	3,5	1	1	0,01	0,129	53,38	3391,51	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	559,822	506,26	0,560	0,506
24	3,5	1	1	0,01	0,128	53,61	3411,62	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	564,608	507,79	0,565	0,508
25	3,5	1	1	0,01	0,128	53,83	3431,09	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	569,236	509,28	0,569	0,509
26	3,5	1	1	0,01	0,127	54,04	3449,96	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	573,719	510,73	0,574	0,511
27	3,5	1	1	0,01	0,127	54,24	3468,28	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	578,066	512,15	0,578	0,512
28	3,5	1	1	0,01	0,126	54,44	3486,08	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	582,286	513,52	0,582	0,514
29	3,5	1	1	0,01	0,125	54,63	3503,39	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	586,387	514,86	0,586	0,515
30	3,5	1	1	0,01	0,125	54,82	3520,24	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	590,376	516,17	0,590	0,516
31	3,5	1	1	0,01	0,124	55,00	3536,66	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	594,261	517,45	0,594	0,517
32	3,5	1	1	0,01	0,124	55,17	3552,67	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	598,046	518,69	0,598	0,519
33	3,5	1	1	0,01	0,123	55,34	3568,30	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	601,738	519,91	0,602	0,520
34	3,5	1	1	0,01	0,123	55,51	3583,56	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	605,342	521,11	0,605	0,521
35	3,5	1	1	0,01	0,123	55,67	3598,47	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	608,861	522,27	0,609	0,522
36	3,5	1	1	0,01	0,122	55,83	3613,06	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	612,301	523,42	0,612	0,523
37	3,5	1	1	0,01	0,122	55,98	3627,33	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	615,666	524,54	0,616	0,525
38	3,5	1	1	0,01	0,121	56,13	3641,30	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	618,958	525,64	0,619	0,526
39	3,5	1	1	0,01	0,121	56,28	3654,98	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	622,182	526,72	0,622	0,527
40	3,5	1	1	0,01	0,121	56,42	3668,40	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	625,341	527,77	0,625	0,528
41	3,5	1	1	0,01	0,120	56,56	3681,55	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	628,437	528,81	0,628	0,529
42	3,5	1	1	0,01	0,120	56,69	3694,45	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	631,473	529,83	0,631	0,530
43	3,5	1	1	0,01	0,120	56,83	3707,12	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	634,451	530,83	0,634	0,531
44	3,5	1	1	0,01	0,119	56,96	3719,55	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	637,375	531,82	0,637	0,532
45	3,5	1	1	0,01	0,119	57,09	3731,77	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	640,246	532,79	0,640	0,533
46	3,5	1	1	0,01	0,119	57,21	3743,77	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	643,067	533,74	0,643	0,534
47	3,5	1	1	0,01	0,118	57,34	3755,57	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	645,839	534,68	0,646	0,535
48	3,5	1	1	0,01	0,118	57,46	3767,17	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	648,564	535,60	0,649	0,536
49	3,5	1	1	0,01	0,118	57,57	3778,59	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	651,244	536,51	0,651	0,537
50	3,5	1	1	0,01	0,117	57,69	3789,82	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	653,881	537,40	0,654	0,537
51	3,5	1	1	0,01	0,117	57,81	3800,88	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	656,476	538,28	0,656	0,538
52	3,5	1	1	0,01	0,117	57,92	3811,77	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	659,030	539,15	0,659	0,539
53	3,5	1	1	0,01	0,117	58,03	3822,49	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	661,546	540,01	0,662	0,540
54	3,5	1	1	0,01	0,116	58,14	3833,06	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	664,023	540,85	0,664	0,541
55	3,5	1	1	0,01	0,116	58,24	3843,47	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	666,465	541,68	0,666	0,542

(continuação)

z (m)	ks	c0 (z)	k1	z0	lv (z)	Vk (m/s)	qp (z) N/m ²	φ	cfs	Kθ	cfs0	cw (z)	Fmw (N)	Fpw (N)	Fmw (kN)	Fpw (kN)
56	3,5	1	1	0,01	0,116	58,35	3853,74	0,3975	0,791	0,98	2,030	0,791	668,871	542,50	0,669	0,543

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 16 - Valor médio da ação do vento e Ações em trechos - estais - hipótese 3

(continua)

Aref	cfg	Fmg (N/m ²)	Fpg (N/m ²)	Fmg(kN/m ²)	Fpg (kN/m ²)
0,649	1,20	741,23	1126,69	0,74	1,13
0,649	1,20	851,45	1124,91	0,85	1,12
0,649	1,20	923,37	1133,21	0,92	1,13
0,649	1,20	978,06	1142,69	0,98	1,14
0,649	1,20	1022,69	1151,94	1,02	1,15
0,649	1,20	1060,67	1160,67	1,06	1,16
0,649	1,20	1093,88	1168,84	1,09	1,17
0,649	1,20	1123,49	1176,50	1,12	1,18
0,649	1,20	1150,27	1183,69	1,15	1,18
0,649	1,20	1174,77	1190,45	1,17	1,19
0,649	1,20	1197,38	1196,85	1,20	1,20
0,649	1,20	1218,39	1202,92	1,22	1,20
0,649	1,20	1238,06	1208,68	1,24	1,21
0,649	1,20	1256,54	1214,18	1,26	1,21
0,649	1,20	1274,00	1219,44	1,27	1,22
0,649	1,20	1290,55	1224,47	1,29	1,22
0,713	1,20	1434,45	1349,91	1,43	1,35
0,713	1,20	1450,94	1355,01	1,45	1,36
0,713	1,20	1466,71	1359,94	1,47	1,36
0,713	1,20	1481,84	1364,69	1,48	1,36
0,713	1,20	1496,37	1369,28	1,50	1,37
0,713	1,20	1510,35	1373,73	1,51	1,37
0,713	1,20	1523,84	1378,03	1,52	1,38
0,713	1,20	1536,87	1382,21	1,54	1,38
0,713	1,20	1549,47	1386,27	1,55	1,39
0,713	1,20	1561,67	1390,22	1,56	1,39
0,713	1,20	1573,50	1394,06	1,57	1,39
0,713	1,20	1584,99	1397,81	1,58	1,40
0,827	1,20	1851,54	1625,70	1,85	1,63
0,827	1,20	1864,14	1629,82	1,86	1,63
0,827	1,20	1876,40	1633,86	1,88	1,63
0,827	1,20	1888,36	1637,80	1,89	1,64
0,827	1,20	1900,01	1641,65	1,90	1,64
0,827	1,20	1911,39	1645,42	1,91	1,65
0,827	1,20	1922,51	1649,10	1,92	1,65
0,827	1,20	1933,37	1652,72	1,93	1,65
0,827	1,20	1943,99	1656,26	1,94	1,66

(continuação)

Aref	cfg	Fmg (N/m ²)	Fpg (N/m ²)	Fmg(kN/m ²)	Fpg (kN/m ²)
0,827	1,20	1954,39	1659,73	1,95	1,66
0,827	1,20	1964,57	1663,13	1,96	1,66
0,827	1,20	1974,54	1666,47	1,97	1,67
0,827	1,20	1984,32	1669,75	1,98	1,67
0,827	1,20	1993,90	1672,97	1,99	1,67
0,827	1,20	2003,31	1676,13	2,00	1,68
0,827	1,20	2012,54	1679,24	2,01	1,68
0,936	1,20	2287,75	1903,77	2,29	1,90
0,936	1,20	2297,83	1907,18	2,30	1,91
0,936	1,20	2307,73	1910,53	2,31	1,91
0,936	1,20	2317,47	1913,82	2,32	1,91
0,936	1,20	2327,04	1917,07	2,33	1,92
0,936	1,20	2336,47	1920,26	2,34	1,92
0,936	1,20	2345,74	1923,41	2,35	1,92
0,936	1,20	2354,87	1926,51	2,35	1,93
0,936	1,20	2363,85	1929,57	2,36	1,93
0,936	1,20	2372,71	1932,59	2,37	1,93
0,936	1,20	2381,43	1935,56	2,38	1,94
0,936	1,20	2390,03	1938,49	2,39	1,94

Fonte: Autoria própria (2022)

APÊNDICE E - Entrada parametrizada dos esforços dinâmicos

Tabela 17 - Entrada parametrizada dos esforços dinâmicos da hipótese 1
(continua)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_1	Força	Y	N9	Rx180	0,1800	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_2	Força	Y	N11	Rx180	0,2006	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_3	Força	Y	N14	Rx180	0,2149	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_4	Força	Y	N2	Rx180	0,2261	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_5	Força	Y	N21	Rx180	0,2354	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_6	Força	Y	N23	Rx180	0,2435	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_7	Força	Y	N26	Rx180	0,2506	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_8	Força	Y	N16	Rx180	0,2569	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_9	Força	Y	N33	Rx180	0,2627	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_10	Força	Y	N35	Rx180	0,2681	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_11	Força	Y	N38	Rx180	0,2730	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_12	Força	Y	N28	Rx180	0,2776	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_13	Força	Y	N45	Rx180	0,2819	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_14	Força	Y	N47	Rx180	0,2860	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_15	Força	Y	N50	Rx180	0,2898	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_16	Força	Y	N40	Rx180	0,2935	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_17	Força	Y	N57	Rx180	0,2969	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_18	Força	Y	N59	Rx180	0,3002	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_19	Força	Y	N62	Rx180	0,3034	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_20	Força	Y	N52	Rx180	0,3065	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_21	Força	Y	N69	Rx180	0,3094	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_22	Força	Y	N71	Rx180	0,3122	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_23	Força	Y	N74	Rx180	0,3150	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_24	Força	Y	N64	Rx180	0,3176	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_25	Força	Y	N81	Rx180	0,3202	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_26	Força	Y	N83	Rx180	0,3226	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_27	Força	Y	N86	Rx180	0,3250	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_28	Força	Y	N76	Rx180	0,3274	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_29	Força	Y	N93	Rx180	0,3296	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_30	Força	Y	N95	Rx180	0,3318	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_31	Força	Y	N98	Rx180	0,3340	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_32	Força	Y	N88	Rx180	0,3361	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_33	Força	Y	N105	Rx180	0,3381	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_34	Força	Y	N107	Rx180	0,3401	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_35	Força	Y	N110	Rx180	0,3421	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_36	Força	Y	N100	Rx180	0,3440	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_37	Força	Y	N117	Rx180	0,3458	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_38	Força	Y	N119	Rx180	0,3477	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_39	Força	Y	N122	Rx180	0,3495	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_40	Força	Y	N112	Rx180	0,3512	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_41	Força	Y	N129	Rx180	0,3529	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_42	Força	Y	N131	Rx180	0,3546	LC2 - Vento Médio H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_43	Força	Y	N134	Rx180	0,3563	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_44	Força	Y	N124	Rx180	0,3579	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_45	Força	Y	N141	Rx180	0,3595	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_46	Força	Y	N143	Rx180	0,3610	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_47	Força	Y	N146	Rx180	0,3626	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_48	Força	Y	N136	Rx180	0,3641	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_49	Força	Y	N153	Rx180	0,3656	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_50	Força	Y	N155	Rx180	0,3671	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_51	Força	Y	N158	Rx180	0,3685	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_52	Força	Y	N148	Rx180	0,3699	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_53	Força	Y	N165	Rx180	0,3713	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_54	Força	Y	N167	Rx180	0,3727	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_55	Força	Y	N170	Rx180	0,3740	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_56	Força	Y	N160	Rx180	0,1874	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_57	Força	Y	N7	Rx180	0,1800	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_58	Força	Y	N12	Rx180	0,2006	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_59	Força	Y	N15	Rx180	0,2149	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_60	Força	Y	N6	Rx180	0,2261	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_61	Força	Y	N19	Rx180	0,2354	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_62	Força	Y	N24	Rx180	0,2435	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_63	Força	Y	N27	Rx180	0,2506	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_64	Força	Y	N18	Rx180	0,2569	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_65	Força	Y	N31	Rx180	0,2627	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_66	Força	Y	N36	Rx180	0,2681	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_67	Força	Y	N39	Rx180	0,2730	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_68	Força	Y	N30	Rx180	0,2776	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_69	Força	Y	N43	Rx180	0,2819	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_70	Força	Y	N48	Rx180	0,2860	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_71	Força	Y	N51	Rx180	0,2898	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_72	Força	Y	N42	Rx180	0,2935	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_73	Força	Y	N55	Rx180	0,2969	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_74	Força	Y	N60	Rx180	0,3002	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_75	Força	Y	N63	Rx180	0,3034	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_76	Força	Y	N54	Rx180	0,3065	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_77	Força	Y	N67	Rx180	0,3094	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_78	Força	Y	N72	Rx180	0,3122	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_79	Força	Y	N75	Rx180	0,3150	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_80	Força	Y	N66	Rx180	0,3176	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_81	Força	Y	N79	Rx180	0,3202	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_82	Força	Y	N84	Rx180	0,3226	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_83	Força	Y	N87	Rx180	0,3250	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_84	Força	Y	N78	Rx180	0,3274	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_85	Força	Y	N91	Rx180	0,3296	LC2 - Vento Médio H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_86	Força	Y	N96	Rx180	0,3318	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_87	Força	Y	N99	Rx180	0,3340	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_88	Força	Y	N90	Rx180	0,3361	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_89	Força	Y	N103	Rx180	0,3381	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_90	Força	Y	N108	Rx180	0,3401	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_91	Força	Y	N111	Rx180	0,3421	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_92	Força	Y	N102	Rx180	0,3440	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_93	Força	Y	N115	Rx180	0,3458	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_94	Força	Y	N120	Rx180	0,3477	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_95	Força	Y	N123	Rx180	0,3495	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_96	Força	Y	N114	Rx180	0,3512	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_97	Força	Y	N127	Rx180	0,3529	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_98	Força	Y	N132	Rx180	0,3546	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_99	Força	Y	N135	Rx180	0,3563	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_100	Força	Y	N126	Rx180	0,3579	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_101	Força	Y	N139	Rx180	0,3595	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_102	Força	Y	N144	Rx180	0,3610	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_103	Força	Y	N147	Rx180	0,3626	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_104	Força	Y	N138	Rx180	0,3641	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_105	Força	Y	N151	Rx180	0,3656	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_106	Força	Y	N156	Rx180	0,3671	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_107	Força	Y	N159	Rx180	0,3685	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_108	Força	Y	N150	Rx180	0,3699	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_109	Força	Y	N163	Rx180	0,3713	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_110	Força	Y	N168	Rx180	0,3727	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_111	Força	Y	N171	Rx180	0,3740	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_112	Força	Y	N162	Rx180	0,1874	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_113	Força	Y	N8	Rx180	0,0998	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_114	Força	Y	N10	Rx180	0,1112	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_115	Força	Y	N13	Rx180	0,1191	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_116	Força	Y	N4	Rx180	0,1254	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_117	Força	Y	N20	Rx180	0,1305	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_118	Força	Y	N22	Rx180	0,1350	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_119	Força	Y	N25	Rx180	0,1389	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_120	Força	Y	N17	Rx180	0,1425	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_121	Força	Y	N32	Rx180	0,1457	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_122	Força	Y	N34	Rx180	0,1486	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_123	Força	Y	N37	Rx180	0,1514	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_124	Força	Y	N29	Rx180	0,1539	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_125	Força	Y	N44	Rx180	0,1563	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_126	Força	Y	N46	Rx180	0,1585	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_127	Força	Y	N49	Rx180	0,1607	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_128	Força	Y	N41	Rx180	0,1627	LC2 - Vento Médio H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_129	Força	Y	N56	Rx180	0,1646	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_130	Força	Y	N58	Rx180	0,1665	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_131	Força	Y	N61	Rx180	0,1682	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_132	Força	Y	N53	Rx180	0,1699	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_133	Força	Y	N68	Rx180	0,1715	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_134	Força	Y	N70	Rx180	0,1731	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_135	Força	Y	N73	Rx180	0,1746	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_136	Força	Y	N65	Rx180	0,1761	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_137	Força	Y	N80	Rx180	0,1775	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_138	Força	Y	N82	Rx180	0,1789	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_139	Força	Y	N85	Rx180	0,1802	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_140	Força	Y	N77	Rx180	0,1815	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_141	Força	Y	N92	Rx180	0,1828	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_142	Força	Y	N94	Rx180	0,1840	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_143	Força	Y	N97	Rx180	0,1852	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_144	Força	Y	N89	Rx180	0,1863	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_145	Força	Y	N104	Rx180	0,1875	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_146	Força	Y	N106	Rx180	0,1886	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_147	Força	Y	N109	Rx180	0,1897	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_148	Força	Y	N101	Rx180	0,1907	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_149	Força	Y	N116	Rx180	0,1917	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_150	Força	Y	N118	Rx180	0,1928	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_151	Força	Y	N121	Rx180	0,1937	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_152	Força	Y	N113	Rx180	0,1947	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_153	Força	Y	N128	Rx180	0,1957	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_154	Força	Y	N130	Rx180	0,1966	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_155	Força	Y	N133	Rx180	0,1975	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_156	Força	Y	N125	Rx180	0,1984	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_157	Força	Y	N140	Rx180	0,1993	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_158	Força	Y	N142	Rx180	0,2002	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_159	Força	Y	N145	Rx180	0,2010	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_160	Força	Y	N137	Rx180	0,2019	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_161	Força	Y	N152	Rx180	0,2027	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_162	Força	Y	N154	Rx180	0,2035	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_163	Força	Y	N157	Rx180	0,2043	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_164	Força	Y	N149	Rx180	0,2051	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_165	Força	Y	N164	Rx180	0,2059	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_166	Força	Y	N166	Rx180	0,2066	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_167	Força	Y	N169	Rx180	0,2074	LC2 - Vento Médio H1	GCS
N1_168	Força	Y	N161	Rx180	0,1039	LC2 - Vento Médio H1	GCS

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 18 - Entrada parametrizada dos esforços dinâmicos da hipótese 2
(continua)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_169	Força	Y	N8	Rx0	0,4372	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_170	Força	Y	N10	Rx0	0,4872	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_171	Força	Y	N13	Rx0	0,5219	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_172	Força	Y	N4	Rx0	0,5492	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_173	Força	Y	N20	Rx0	0,5719	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_174	Força	Y	N22	Rx0	0,5914	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_175	Força	Y	N25	Rx0	0,6087	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_176	Força	Y	N17	Rx0	0,6241	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_177	Força	Y	N32	Rx0	0,6382	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_178	Força	Y	N34	Rx0	0,6511	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_179	Força	Y	N37	Rx0	0,6631	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_180	Força	Y	N29	Rx0	0,6743	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_181	Força	Y	N44	Rx0	0,6848	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_182	Força	Y	N46	Rx0	0,6946	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_183	Força	Y	N49	Rx0	0,7040	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_184	Força	Y	N41	Rx0	0,7128	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_185	Força	Y	N56	Rx0	0,7213	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_186	Força	Y	N58	Rx0	0,7293	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_187	Força	Y	N61	Rx0	0,7371	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_188	Força	Y	N53	Rx0	0,7445	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_189	Força	Y	N68	Rx0	0,7516	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_190	Força	Y	N70	Rx0	0,7585	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_191	Força	Y	N73	Rx0	0,7651	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_192	Força	Y	N65	Rx0	0,7715	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_193	Força	Y	N80	Rx0	0,7777	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_194	Força	Y	N82	Rx0	0,7837	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_195	Força	Y	N85	Rx0	0,7895	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_196	Força	Y	N77	Rx0	0,7952	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_197	Força	Y	N92	Rx0	0,8007	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_198	Força	Y	N94	Rx0	0,8061	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_199	Força	Y	N97	Rx0	0,8113	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_200	Força	Y	N89	Rx0	0,8164	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_201	Força	Y	N104	Rx0	0,8213	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_202	Força	Y	N106	Rx0	0,8262	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_203	Força	Y	N109	Rx0	0,8309	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_204	Força	Y	N101	Rx0	0,8355	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_205	Força	Y	N116	Rx0	0,8401	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_206	Força	Y	N118	Rx0	0,8445	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_207	Força	Y	N121	Rx0	0,8488	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_208	Força	Y	N113	Rx0	0,8531	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_209	Força	Y	N128	Rx0	0,8573	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_210	Força	Y	N130	Rx0	0,8614	LC3 - Vento Médio H2	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_211	Força	Y	N133	Rx0	0,8654	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_212	Força	Y	N125	Rx0	0,8693	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_213	Força	Y	N140	Rx0	0,8732	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_214	Força	Y	N142	Rx0	0,8770	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_215	Força	Y	N145	Rx0	0,8807	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_216	Força	Y	N137	Rx0	0,8844	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_217	Força	Y	N152	Rx0	0,8880	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_218	Força	Y	N154	Rx0	0,8916	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_219	Força	Y	N157	Rx0	0,8951	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_220	Força	Y	N149	Rx0	0,8986	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_221	Força	Y	N164	Rx0	0,9020	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_222	Força	Y	N166	Rx0	0,9053	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_223	Força	Y	N169	Rx0	0,9086	LC3 - Vento Médio H2	GCS
N1_224	Força	Y	N161	Rx0	0,4551	LC3 - Vento Médio H2	GCS

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 19 - Entrada parametrizada dos esforços dinâmicos da hipótese 3

(continua)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_225	Força	Y	N9	Rz150	0,3213	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_226	Força	Y	N11	Rz150	0,3580	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_227	Força	Y	N14	Rz150	0,3835	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_228	Força	Y	N2	Rz150	0,4036	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_229	Força	Y	N21	Rz150	0,4202	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_230	Força	Y	N23	Rz150	0,4346	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_231	Força	Y	N26	Rz150	0,4473	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_232	Força	Y	N16	Rz150	0,4586	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_233	Força	Y	N33	Rz150	0,4690	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_234	Força	Y	N35	Rz150	0,4785	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_235	Força	Y	N38	Rz150	0,4873	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_236	Força	Y	N28	Rz150	0,4955	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_237	Força	Y	N45	Rz150	0,5032	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_238	Força	Y	N47	Rz150	0,5104	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_239	Força	Y	N50	Rz150	0,5173	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_240	Força	Y	N40	Rz150	0,5238	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_241	Força	Y	N57	Rz150	0,5300	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_242	Força	Y	N59	Rz150	0,5359	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_243	Força	Y	N62	Rz150	0,5416	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_244	Força	Y	N52	Rz150	0,5471	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_245	Força	Y	N69	Rz150	0,5523	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_246	Força	Y	N71	Rz150	0,5573	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_247	Força	Y	N74	Rz150	0,5622	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_248	Força	Y	N64	Rz150	0,5669	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_249	Força	Y	N81	Rz150	0,5715	LC4 - Vento Médio H3	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_250	Força	Y	N83	Rz150	0,5759	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_251	Força	Y	N86	Rz150	0,5802	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_252	Força	Y	N76	Rz150	0,5843	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_253	Força	Y	N93	Rz150	0,5884	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_254	Força	Y	N95	Rz150	0,5923	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_255	Força	Y	N98	Rz150	0,5962	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_256	Força	Y	N88	Rz150	0,5999	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_257	Força	Y	N105	Rz150	0,6035	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_258	Força	Y	N107	Rz150	0,6071	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_259	Força	Y	N110	Rz150	0,6106	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_260	Força	Y	N100	Rz150	0,6140	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_261	Força	Y	N117	Rz150	0,6173	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_262	Força	Y	N119	Rz150	0,6206	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_263	Força	Y	N122	Rz150	0,6238	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_264	Força	Y	N112	Rz150	0,6269	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_265	Força	Y	N129	Rz150	0,6300	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_266	Força	Y	N131	Rz150	0,6330	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_267	Força	Y	N134	Rz150	0,6359	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_268	Força	Y	N124	Rz150	0,6388	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_269	Força	Y	N141	Rz150	0,6417	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_270	Força	Y	N143	Rz150	0,6445	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_271	Força	Y	N146	Rz150	0,6472	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_272	Força	Y	N136	Rz150	0,6499	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_273	Força	Y	N153	Rz150	0,6526	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_274	Força	Y	N155	Rz150	0,6552	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_275	Força	Y	N158	Rz150	0,6578	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_276	Força	Y	N148	Rz150	0,6603	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_277	Força	Y	N165	Rz150	0,6628	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_278	Força	Y	N167	Rz150	0,6652	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_279	Força	Y	N170	Rz150	0,6677	LC4 - Vento Médio H3	GCS
N1_280	Força	Y	N160	Rz150	0,3344	LC4 - Vento Médio H3	GCS

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 20 - Entrada parametrizada dos esforços patch da hipótese 1

(continua)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_281	Força	Y	N9	Rx180	0,2544	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_282	Força	Y	N11	Rx180	0,2552	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_283	Força	Y	N14	Rx180	0,2572	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_284	Força	Y	N2	Rx180	0,2593	LC5 - Vento P1 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_285	Força	Y	N21	Rx180	0,2613	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_286	Força	Y	N23	Rx180	0,2632	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_287	Força	Y	N26	Rx180	0,2650	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_288	Força	Y	N16	Rx180	0,2667	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_289	Força	Y	N33	Rx180	0,2683	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_290	Força	Y	N35	Rx180	0,2698	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_291	Força	Y	N38	Rx180	0,2712	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_292	Força	Y	N28	Rx180	0,2725	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_293	Força	Y	N45	Rx180	0,2738	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_294	Força	Y	N47	Rx180	0,2750	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_295	Força	Y	N50	Rx180	0,2762	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_296	Força	Y	N40	Rx180	0,2773	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_297	Força	Y	N57	Rx180	0,2784	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_298	Força	Y	N59	Rx180	0,2794	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_299	Força	Y	N62	Rx180	0,2804	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_300	Força	Y	N52	Rx180	0,2813	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_301	Força	Y	N69	Rx180	0,2823	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_302	Força	Y	N71	Rx180	0,2832	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_303	Força	Y	N74	Rx180	0,2841	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_304	Força	Y	N64	Rx180	0,2849	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_305	Força	Y	N81	Rx180	0,2857	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_306	Força	Y	N83	Rx180	0,2865	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_307	Força	Y	N86	Rx180	0,2873	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_308	Força	Y	N76	Rx180	0,2881	LC6 - Vento P2 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_309	Força	Y	N93	Rx180	0,2888	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_310	Força	Y	N95	Rx180	0,2895	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_311	Força	Y	N98	Rx180	0,2902	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_312	Força	Y	N88	Rx180	0,2909	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_313	Força	Y	N105	Rx180	0,2916	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_314	Força	Y	N107	Rx180	0,2923	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_315	Força	Y	N110	Rx180	0,2929	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_316	Força	Y	N100	Rx180	0,2935	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_317	Força	Y	N117	Rx180	0,2942	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_318	Força	Y	N119	Rx180	0,2948	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_319	Força	Y	N122	Rx180	0,2954	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_320	Força	Y	N112	Rx180	0,2960	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_321	Força	Y	N129	Rx180	0,2965	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_322	Força	Y	N131	Rx180	0,2971	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_323	Força	Y	N134	Rx180	0,2977	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_324	Força	Y	N124	Rx180	0,2982	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_325	Força	Y	N141	Rx180	0,2982	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_326	Força	Y	N143	Rx180	0,2988	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_327	Força	Y	N146	Rx180	0,2993	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_328	Força	Y	N136	Rx180	0,2998	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_329	Força	Y	N153	Rx180	0,3003	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_330	Força	Y	N155	Rx180	0,3008	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_331	Força	Y	N158	Rx180	0,3013	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_332	Força	Y	N148	Rx180	0,3018	LC8 - Vento P4 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_333	Força	Y	N165	Rx180	0,3023	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_334	Força	Y	N167	Rx180	0,3028	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_335	Força	Y	N170	Rx180	0,3032	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_336	Força	Y	N160	Rx180	0,3037	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_337	Força	Y	N7	Rx180	0,2544	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_338	Força	Y	N12	Rx180	0,2552	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_339	Força	Y	N15	Rx180	0,2572	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_340	Força	Y	N6	Rx180	0,2593	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_341	Força	Y	N19	Rx180	0,2613	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_342	Força	Y	N24	Rx180	0,2632	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_343	Força	Y	N27	Rx180	0,2650	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_344	Força	Y	N18	Rx180	0,2667	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_345	Força	Y	N31	Rx180	0,2683	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_346	Força	Y	N36	Rx180	0,2698	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_347	Força	Y	N39	Rx180	0,2712	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_348	Força	Y	N30	Rx180	0,2725	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_349	Força	Y	N43	Rx180	0,2738	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_350	Força	Y	N48	Rx180	0,2750	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_351	Força	Y	N51	Rx180	0,2762	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_352	Força	Y	N42	Rx180	0,2773	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_353	Força	Y	N55	Rx180	0,2784	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_354	Força	Y	N60	Rx180	0,2794	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_355	Força	Y	N63	Rx180	0,2804	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_356	Força	Y	N54	Rx180	0,2813	LC6 - Vento P2 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_357	Força	Y	N67	Rx180	0,2823	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_358	Força	Y	N72	Rx180	0,2832	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_359	Força	Y	N75	Rx180	0,2841	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_360	Força	Y	N66	Rx180	0,2849	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_361	Força	Y	N79	Rx180	0,2857	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_362	Força	Y	N84	Rx180	0,2865	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_363	Força	Y	N87	Rx180	0,2873	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_364	Força	Y	N78	Rx180	0,2881	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_365	Força	Y	N91	Rx180	0,2888	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_366	Força	Y	N96	Rx180	0,2895	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_367	Força	Y	N99	Rx180	0,2902	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_368	Força	Y	N90	Rx180	0,2909	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_369	Força	Y	N103	Rx180	0,2916	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_370	Força	Y	N108	Rx180	0,2923	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_371	Força	Y	N111	Rx180	0,2929	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_372	Força	Y	N102	Rx180	0,2935	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_373	Força	Y	N115	Rx180	0,2942	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_374	Força	Y	N120	Rx180	0,2948	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_375	Força	Y	N123	Rx180	0,2954	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_376	Força	Y	N114	Rx180	0,2960	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_377	Força	Y	N127	Rx180	0,2965	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_378	Força	Y	N132	Rx180	0,2971	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_379	Força	Y	N135	Rx180	0,2977	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_380	Força	Y	N126	Rx180	0,2982	LC7 - Vento P3 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_381	Força	Y	N139	Rx180	0,2982	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_382	Força	Y	N144	Rx180	0,2988	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_383	Força	Y	N147	Rx180	0,2993	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_384	Força	Y	N138	Rx180	0,2998	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_385	Força	Y	N151	Rx180	0,3003	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_386	Força	Y	N156	Rx180	0,3008	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_387	Força	Y	N159	Rx180	0,3013	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_388	Força	Y	N150	Rx180	0,3018	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_389	Força	Y	N163	Rx180	0,3023	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_390	Força	Y	N168	Rx180	0,3028	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_391	Força	Y	N171	Rx180	0,3032	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_392	Força	Y	N162	Rx180	0,3037	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_393	Força	Y	N8	Rx180	0,1411	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_394	Força	Y	N10	Rx180	0,1415	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_395	Força	Y	N13	Rx180	0,1426	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_396	Força	Y	N4	Rx180	0,1438	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_397	Força	Y	N20	Rx180	0,1449	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_398	Força	Y	N22	Rx180	0,1459	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_399	Força	Y	N25	Rx180	0,1469	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_400	Força	Y	N17	Rx180	0,1479	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_401	Força	Y	N32	Rx180	0,1487	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_402	Força	Y	N34	Rx180	0,1496	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_403	Força	Y	N37	Rx180	0,1504	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_404	Força	Y	N29	Rx180	0,1511	LC5 - Vento P1 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_405	Força	Y	N44	Rx180	0,1518	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_406	Força	Y	N46	Rx180	0,1525	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_407	Força	Y	N49	Rx180	0,1531	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_408	Força	Y	N41	Rx180	0,1537	LC5 - Vento P1 H1	GCS
N1_409	Força	Y	N56	Rx180	0,1543	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_410	Força	Y	N58	Rx180	0,1549	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_411	Força	Y	N61	Rx180	0,1555	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_412	Força	Y	N53	Rx180	0,1560	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_413	Força	Y	N68	Rx180	0,1565	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_414	Força	Y	N70	Rx180	0,1570	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_415	Força	Y	N73	Rx180	0,1575	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_416	Força	Y	N65	Rx180	0,1580	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_417	Força	Y	N80	Rx180	0,1584	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_418	Força	Y	N82	Rx180	0,1589	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_419	Força	Y	N85	Rx180	0,1593	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_420	Força	Y	N77	Rx180	0,1597	LC6 - Vento P2 H1	GCS
N1_421	Força	Y	N92	Rx180	0,1601	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_422	Força	Y	N94	Rx180	0,1605	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_423	Força	Y	N97	Rx180	0,1609	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_424	Força	Y	N89	Rx180	0,1613	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_425	Força	Y	N104	Rx180	0,1617	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_426	Força	Y	N106	Rx180	0,1620	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_427	Força	Y	N109	Rx180	0,1624	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_428	Força	Y	N101	Rx180	0,1628	LC7 - Vento P3 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_429	Força	Y	N116	Rx180	0,1631	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_430	Força	Y	N118	Rx180	0,1634	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_431	Força	Y	N121	Rx180	0,1638	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_432	Força	Y	N113	Rx180	0,1641	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_433	Força	Y	N128	Rx180	0,1644	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_434	Força	Y	N130	Rx180	0,1647	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_435	Força	Y	N133	Rx180	0,1650	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_436	Força	Y	N125	Rx180	0,1653	LC7 - Vento P3 H1	GCS
N1_437	Força	Y	N140	Rx180	0,1656	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_438	Força	Y	N142	Rx180	0,1659	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_439	Força	Y	N145	Rx180	0,1662	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_440	Força	Y	N137	Rx180	0,1665	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_441	Força	Y	N152	Rx180	0,1668	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_442	Força	Y	N154	Rx180	0,1671	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_443	Força	Y	N157	Rx180	0,1673	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_444	Força	Y	N149	Rx180	0,1676	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_445	Força	Y	N164	Rx180	0,1679	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_446	Força	Y	N166	Rx180	0,1681	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_447	Força	Y	N169	Rx180	0,1684	LC8 - Vento P4 H1	GCS
N1_448	Força	Y	N161	Rx180	0,0843	LC8 - Vento P4 H1	GCS
Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_449	Força	Y	N9	Rx180	0,2544	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_450	Força	Y	N11	Rx180	0,2552	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_451	Força	Y	N14	Rx180	0,2572	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_452	Força	Y	N2	Rx180	0,2593	LC9 - Vento P5 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_453	Força	Y	N21	Rx180	0,2613	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_454	Força	Y	N23	Rx180	0,2632	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_455	Força	Y	N26	Rx180	0,2650	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_456	Força	Y	N16	Rx180	0,2667	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_457	Força	Y	N33	Rx180	0,2683	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_458	Força	Y	N35	Rx180	0,2698	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_459	Força	Y	N38	Rx180	0,2712	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_460	Força	Y	N28	Rx180	0,2725	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_461	Força	Y	N45	Rx180	0,2738	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_462	Força	Y	N47	Rx180	0,2750	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_463	Força	Y	N50	Rx180	0,2762	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_464	Força	Y	N40	Rx180	0,2773	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_465	Força	Y	N57	Rx180	0,2784	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_466	Força	Y	N59	Rx180	0,2794	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_467	Força	Y	N62	Rx180	0,2804	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_468	Força	Y	N52	Rx180	0,2813	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_469	Força	Y	N69	Rx180	0,2823	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_470	Força	Y	N71	Rx180	0,2832	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_471	Força	Y	N74	Rx180	0,2841	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_472	Força	Y	N64	Rx180	0,2849	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_473	Força	Y	N81	Rx180	0,2857	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_474	Força	Y	N83	Rx180	0,2865	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_475	Força	Y	N86	Rx180	0,2873	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_476	Força	Y	N76	Rx180	0,2881	LC11 - Vento P7 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_477	Força	Y	N93	Rx180	0,2888	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_478	Força	Y	N95	Rx180	0,2895	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_479	Força	Y	N98	Rx180	0,2902	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_480	Força	Y	N88	Rx180	0,2909	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_481	Força	Y	N105	Rx180	0,2916	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_482	Força	Y	N107	Rx180	0,2923	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_483	Força	Y	N110	Rx180	0,2929	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_484	Força	Y	N100	Rx180	0,2935	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_485	Força	Y	N117	Rx180	0,2942	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_486	Força	Y	N119	Rx180	0,2948	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_487	Força	Y	N122	Rx180	0,2954	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_488	Força	Y	N112	Rx180	0,2960	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_489	Força	Y	N129	Rx180	0,2965	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_490	Força	Y	N131	Rx180	0,2971	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_491	Força	Y	N134	Rx180	0,2977	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_492	Força	Y	N124	Rx180	0,2982	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_493	Força	Y	N141	Rx180	0,2988	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_494	Força	Y	N143	Rx180	0,2993	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_495	Força	Y	N146	Rx180	0,2998	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_496	Força	Y	N136	Rx180	0,3003	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_497	Força	Y	N153	Rx180	0,3008	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_498	Força	Y	N155	Rx180	0,3013	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_499	Força	Y	N158	Rx180	0,3018	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_500	Força	Y	N148	Rx180	0,3023	LC13 - Vento P9 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_501	Força	Y	N165	Rx180	0,3028	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_502	Força	Y	N167	Rx180	0,3032	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_503	Força	Y	N170	Rx180	0,3037	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_504	Força	Y	N160	Rx180	0,1520	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_505	Força	Y	N7	Rx180	0,2544	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_506	Força	Y	N12	Rx180	0,2552	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_507	Força	Y	N15	Rx180	0,2572	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_508	Força	Y	N6	Rx180	0,2593	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_509	Força	Y	N19	Rx180	0,2613	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_510	Força	Y	N24	Rx180	0,2632	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_511	Força	Y	N27	Rx180	0,2650	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_512	Força	Y	N18	Rx180	0,2667	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_513	Força	Y	N31	Rx180	0,2683	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_514	Força	Y	N36	Rx180	0,2698	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_515	Força	Y	N39	Rx180	0,2712	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_516	Força	Y	N30	Rx180	0,2725	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_517	Força	Y	N43	Rx180	0,2738	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_518	Força	Y	N48	Rx180	0,2750	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_519	Força	Y	N51	Rx180	0,2762	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_520	Força	Y	N42	Rx180	0,2773	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_521	Força	Y	N55	Rx180	0,2784	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_522	Força	Y	N60	Rx180	0,2794	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_523	Força	Y	N63	Rx180	0,2804	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_524	Força	Y	N54	Rx180	0,2813	LC10 - Vento P6 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_525	Força	Y	N67	Rx180	0,2823	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_526	Força	Y	N72	Rx180	0,2832	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_527	Força	Y	N75	Rx180	0,2841	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_528	Força	Y	N66	Rx180	0,2849	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_529	Força	Y	N79	Rx180	0,2857	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_530	Força	Y	N84	Rx180	0,2865	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_531	Força	Y	N87	Rx180	0,2873	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_532	Força	Y	N78	Rx180	0,2881	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_533	Força	Y	N91	Rx180	0,2888	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_534	Força	Y	N96	Rx180	0,2895	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_535	Força	Y	N99	Rx180	0,2902	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_536	Força	Y	N90	Rx180	0,2909	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_537	Força	Y	N103	Rx180	0,2916	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_538	Força	Y	N108	Rx180	0,2923	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_539	Força	Y	N111	Rx180	0,2929	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_540	Força	Y	N102	Rx180	0,2935	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_541	Força	Y	N115	Rx180	0,2942	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_542	Força	Y	N120	Rx180	0,2948	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_543	Força	Y	N123	Rx180	0,2954	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_544	Força	Y	N114	Rx180	0,2960	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_545	Força	Y	N127	Rx180	0,2965	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_546	Força	Y	N132	Rx180	0,2971	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_547	Força	Y	N135	Rx180	0,2977	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_548	Força	Y	N126	Rx180	0,2982	LC12 - Vento P8 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_549	Força	Y	N139	Rx180	0,2988	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_550	Força	Y	N144	Rx180	0,2993	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_551	Força	Y	N147	Rx180	0,2998	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_552	Força	Y	N138	Rx180	0,3003	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_553	Força	Y	N151	Rx180	0,3008	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_554	Força	Y	N156	Rx180	0,3013	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_555	Força	Y	N159	Rx180	0,3018	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_556	Força	Y	N150	Rx180	0,3023	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_557	Força	Y	N163	Rx180	0,3028	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_558	Força	Y	N168	Rx180	0,3032	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_559	Força	Y	N171	Rx180	0,3037	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_560	Força	Y	N162	Rx180	0,1520	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_561	Força	Y	N8	Rx180	0,1411	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_562	Força	Y	N10	Rx180	0,1415	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_563	Força	Y	N13	Rx180	0,1426	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_564	Força	Y	N4	Rx180	0,1438	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_565	Força	Y	N20	Rx180	0,1449	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_566	Força	Y	N22	Rx180	0,1459	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_567	Força	Y	N25	Rx180	0,1469	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_568	Força	Y	N17	Rx180	0,1479	LC9 - Vento P5 H1	GCS
N1_569	Força	Y	N32	Rx180	0,1487	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_570	Força	Y	N34	Rx180	0,1496	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_571	Força	Y	N37	Rx180	0,1504	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_572	Força	Y	N29	Rx180	0,1511	LC10 - Vento P6 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_573	Força	Y	N44	Rx180	0,1518	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_574	Força	Y	N46	Rx180	0,1525	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_575	Força	Y	N49	Rx180	0,1531	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_576	Força	Y	N41	Rx180	0,1537	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_577	Força	Y	N56	Rx180	0,1543	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_578	Força	Y	N58	Rx180	0,1549	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_579	Força	Y	N61	Rx180	0,1555	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_580	Força	Y	N53	Rx180	0,1560	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_581	Força	Y	N68	Rx180	0,1565	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_582	Força	Y	N70	Rx180	0,1570	LC10 - Vento P6 H1	GCS
N1_583	Força	Y	N73	Rx180	0,1575	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_584	Força	Y	N65	Rx180	0,1580	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_585	Força	Y	N80	Rx180	0,1584	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_586	Força	Y	N82	Rx180	0,1589	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_587	Força	Y	N85	Rx180	0,1593	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_588	Força	Y	N77	Rx180	0,1597	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_589	Força	Y	N92	Rx180	0,1601	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_590	Força	Y	N94	Rx180	0,1605	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_591	Força	Y	N97	Rx180	0,1609	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_592	Força	Y	N89	Rx180	0,1613	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_593	Força	Y	N104	Rx180	0,1617	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_594	Força	Y	N106	Rx180	0,1620	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_595	Força	Y	N109	Rx180	0,1624	LC11 - Vento P7 H1	GCS
N1_596	Força	Y	N101	Rx180	0,1628	LC11 - Vento P7 H1	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_597	Força	Y	N116	Rx180	0,1631	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_598	Força	Y	N118	Rx180	0,1634	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_599	Força	Y	N121	Rx180	0,1638	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_600	Força	Y	N113	Rx180	0,1641	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_601	Força	Y	N128	Rx180	0,1644	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_602	Força	Y	N130	Rx180	0,1647	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_603	Força	Y	N133	Rx180	0,1650	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_604	Força	Y	N125	Rx180	0,1653	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_605	Força	Y	N140	Rx180	0,1656	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_606	Força	Y	N142	Rx180	0,1659	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_607	Força	Y	N145	Rx180	0,1662	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_608	Força	Y	N137	Rx180	0,1665	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_609	Força	Y	N152	Rx180	0,1668	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_610	Força	Y	N154	Rx180	0,1671	LC12 - Vento P8 H1	GCS
N1_611	Força	Y	N157	Rx180	0,1673	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_612	Força	Y	N149	Rx180	0,1676	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_613	Força	Y	N164	Rx180	0,1679	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_614	Força	Y	N166	Rx180	0,1681	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_615	Força	Y	N169	Rx180	0,1684	LC13 - Vento P9 H1	GCS
N1_616	Força	Y	N161	Rx180	0,0843	LC13 - Vento P9 H1	GCS

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 21 - Entrada parametrizada dos esforços patch da hipótese 2
(continua)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_617	Força	Y	N8	Rx0	0,6181	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_618	Força	Y	N10	Rx0	0,6198	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_619	Força	Y	N13	Rx0	0,6247	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_620	Força	Y	N4	Rx0	0,6299	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_621	Força	Y	N20	Rx0	0,6348	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_622	Força	Y	N22	Rx0	0,6394	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_623	Força	Y	N25	Rx0	0,6438	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_624	Força	Y	N17	Rx0	0,6479	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_625	Força	Y	N32	Rx0	0,6517	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_626	Força	Y	N34	Rx0	0,6553	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_627	Força	Y	N37	Rx0	0,6587	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_628	Força	Y	N29	Rx0	0,6620	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_629	Força	Y	N44	Rx0	0,6651	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_630	Força	Y	N46	Rx0	0,6680	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_631	Força	Y	N49	Rx0	0,6708	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_632	Força	Y	N41	Rx0	0,6735	LC14 - Vento P1 H2	GCS
N1_633	Força	Y	N56	Rx0	0,6762	LC15 - Vento P2 H2	GCS
N1_634	Força	Y	N58	Rx0	0,6787	LC15 - Vento P2 H2	GCS
N1_635	Força	Y	N61	Rx0	0,6811	LC15 - Vento P2 H2	GCS
N1_636	Força	Y	N53	Rx0	0,6834	LC15 - Vento P2 H2	GCS
N1_637	Força	Y	N68	Rx0	0,6857	LC15 - Vento P2 H2	GCS
N1_638	Força	Y	N70	Rx0	0,6879	LC15 - Vento P2 H2	GCS
N1_639	Força	Y	N73	Rx0	0,6900	LC15 - Vento P2 H2	GCS
N1_640	Força	Y	N65	Rx0	0,6920	LC15 - Vento P2 H2	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_641	Força	Y	N80	Rx0	0,6940	LC15 - Vento P2 H2	GCS
N1_642	Força	Y	N82	Rx0	0,6960	LC15 - Vento P2 H2	GCS
N1_643	Força	Y	N85	Rx0	0,6979	LC15 - Vento P2 H2	GCS
N1_644	Força	Y	N77	Rx0	0,6997	LC15 - Vento P2 H2	GCS
N1_645	Força	Y	N92	Rx0	0,7015	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_646	Força	Y	N94	Rx0	0,7033	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_647	Força	Y	N97	Rx0	0,7050	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_648	Força	Y	N89	Rx0	0,7067	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_649	Força	Y	N104	Rx0	0,7083	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_650	Força	Y	N106	Rx0	0,7099	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_651	Força	Y	N109	Rx0	0,7115	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_652	Força	Y	N101	Rx0	0,7131	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_653	Força	Y	N116	Rx0	0,7146	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_654	Força	Y	N118	Rx0	0,7160	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_655	Força	Y	N121	Rx0	0,7175	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_656	Força	Y	N113	Rx0	0,7189	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_657	Força	Y	N128	Rx0	0,7203	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_658	Força	Y	N130	Rx0	0,7217	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_659	Força	Y	N133	Rx0	0,7231	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_660	Força	Y	N125	Rx0	0,7244	LC16 - Vento P3 H2	GCS
N1_661	Força	Y	N140	Rx0	0,7257	LC17 - Vento P4 H2	GCS
N1_662	Força	Y	N142	Rx0	0,7270	LC17 - Vento P4 H2	GCS
N1_663	Força	Y	N145	Rx0	0,7282	LC17 - Vento P4 H2	GCS
N1_664	Força	Y	N137	Rx0	0,7295	LC17 - Vento P4 H2	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_665	Força	Y	N152	Rx0	0,7307	LC17 - Vento P4 H2	GCS
N1_666	Força	Y	N154	Rx0	0,7319	LC17 - Vento P4 H2	GCS
N1_667	Força	Y	N157	Rx0	0,7331	LC17 - Vento P4 H2	GCS
N1_668	Força	Y	N149	Rx0	0,7343	LC17 - Vento P4 H2	GCS
N1_669	Força	Y	N164	Rx0	0,7354	LC17 - Vento P4 H2	GCS
N1_670	Força	Y	N166	Rx0	0,7366	LC17 - Vento P4 H2	GCS
N1_671	Força	Y	N169	Rx0	0,7377	LC17 - Vento P4 H2	GCS
N1_672	Força	Y	N161	Rx0	0,3691	LC17 - Vento P4 H2	GCS
Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_673	Força	Y	N8	Rx0	0,6181	LC18 - Vento P5 H2	GCS
N1_674	Força	Y	N10	Rx0	0,6198	LC18 - Vento P5 H2	GCS
N1_675	Força	Y	N13	Rx0	0,6247	LC18 - Vento P5 H2	GCS
N1_676	Força	Y	N4	Rx0	0,6299	LC18 - Vento P5 H2	GCS
N1_677	Força	Y	N20	Rx0	0,6348	LC18 - Vento P5 H2	GCS
N1_678	Força	Y	N22	Rx0	0,6394	LC18 - Vento P5 H2	GCS
N1_679	Força	Y	N25	Rx0	0,6438	LC18 - Vento P5 H2	GCS
N1_680	Força	Y	N17	Rx0	0,6479	LC18 - Vento P5 H2	GCS
N1_681	Força	Y	N32	Rx0	0,6517	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_682	Força	Y	N34	Rx0	0,6553	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_683	Força	Y	N37	Rx0	0,6587	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_684	Força	Y	N29	Rx0	0,6620	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_685	Força	Y	N44	Rx0	0,6651	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_686	Força	Y	N46	Rx0	0,6680	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_687	Força	Y	N49	Rx0	0,6708	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_688	Força	Y	N41	Rx0	0,6735	LC19 - Vento P6 H2	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_689	Força	Y	N56	Rx0	0,6762	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_690	Força	Y	N58	Rx0	0,6787	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_691	Força	Y	N61	Rx0	0,6811	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_692	Força	Y	N53	Rx0	0,6834	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_693	Força	Y	N68	Rx0	0,6857	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_694	Força	Y	N70	Rx0	0,6879	LC19 - Vento P6 H2	GCS
N1_695	Força	Y	N73	Rx0	0,6900	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_696	Força	Y	N65	Rx0	0,6920	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_697	Força	Y	N80	Rx0	0,6940	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_698	Força	Y	N82	Rx0	0,6960	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_699	Força	Y	N85	Rx0	0,6979	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_700	Força	Y	N77	Rx0	0,6997	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_701	Força	Y	N92	Rx0	0,7015	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_702	Força	Y	N94	Rx0	0,7033	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_703	Força	Y	N97	Rx0	0,7050	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_704	Força	Y	N89	Rx0	0,7067	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_705	Força	Y	N104	Rx0	0,7083	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_706	Força	Y	N106	Rx0	0,7099	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_707	Força	Y	N109	Rx0	0,7115	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_708	Força	Y	N101	Rx0	0,7131	LC20 - Vento P7 H2	GCS
N1_709	Força	Y	N116	Rx0	0,7146	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_710	Força	Y	N118	Rx0	0,7160	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_711	Força	Y	N121	Rx0	0,7175	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_712	Força	Y	N113	Rx0	0,7189	LC21 - Vento P8 H2	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_713	Força	Y	N128	Rx0	0,7203	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_714	Força	Y	N130	Rx0	0,7217	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_715	Força	Y	N133	Rx0	0,7231	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_716	Força	Y	N125	Rx0	0,7244	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_717	Força	Y	N140	Rx0	0,7257	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_718	Força	Y	N142	Rx0	0,7270	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_719	Força	Y	N145	Rx0	0,7282	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_720	Força	Y	N137	Rx0	0,7295	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_721	Força	Y	N152	Rx0	0,7307	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_722	Força	Y	N154	Rx0	0,7319	LC21 - Vento P8 H2	GCS
N1_723	Força	Y	N157	Rx0	0,7331	LC22 - Vento P9 H2	GCS
N1_724	Força	Y	N149	Rx0	0,7343	LC22 - Vento P9 H2	GCS
N1_725	Força	Y	N164	Rx0	0,7354	LC22 - Vento P9 H2	GCS
N1_726	Força	Y	N166	Rx0	0,7366	LC22 - Vento P9 H2	GCS
N1_727	Força	Y	N169	Rx0	0,7377	LC22 - Vento P9 H2	GCS
N1_728	Força	Y	N161	Rx0	0,3691	LC22 - Vento P9 H2	GCS

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 22 - Entrada parametrizada dos esforços patch da hipótese 3

(continua)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_729	Força	Y	N9	Rz150	0,4542	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_730	Força	Y	N11	Rz150	0,4555	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_731	Força	Y	N14	Rz150	0,4591	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_732	Força	Y	N2	Rz150	0,4628	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_733	Força	Y	N21	Rz150	0,4665	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_734	Força	Y	N23	Rz150	0,4699	LC23 - Vento P1 H3	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_735	Força	Y	N26	Rz150	0,4731	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_736	Força	Y	N16	Rz150	0,4761	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_737	Força	Y	N33	Rz150	0,4789	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_738	Força	Y	N35	Rz150	0,4815	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_739	Força	Y	N38	Rz150	0,4841	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_740	Força	Y	N28	Rz150	0,4864	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_741	Força	Y	N45	Rz150	0,4887	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_742	Força	Y	N47	Rz150	0,4909	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_743	Força	Y	N50	Rz150	0,4930	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_744	Força	Y	N40	Rz150	0,4949	LC23 - Vento P1 H3	GCS
N1_745	Força	Y	N57	Rz150	0,4969	LC24 - Vento P2 H3	GCS
N1_746	Força	Y	N59	Rz150	0,4987	LC24 - Vento P2 H3	GCS
N1_747	Força	Y	N62	Rz150	0,5005	LC24 - Vento P2 H3	GCS
N1_748	Força	Y	N52	Rz150	0,5022	LC24 - Vento P2 H3	GCS
N1_749	Força	Y	N69	Rz150	0,5039	LC24 - Vento P2 H3	GCS
N1_750	Força	Y	N71	Rz150	0,5055	LC24 - Vento P2 H3	GCS
N1_751	Força	Y	N74	Rz150	0,5070	LC24 - Vento P2 H3	GCS
N1_752	Força	Y	N64	Rz150	0,5085	LC24 - Vento P2 H3	GCS
N1_753	Força	Y	N81	Rz150	0,5100	LC24 - Vento P2 H3	GCS
N1_754	Força	Y	N83	Rz150	0,5114	LC24 - Vento P2 H3	GCS
N1_755	Força	Y	N86	Rz150	0,5128	LC24 - Vento P2 H3	GCS
N1_756	Força	Y	N76	Rz150	0,5142	LC24 - Vento P2 H3	GCS
N1_757	Força	Y	N93	Rz150	0,5155	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_758	Força	Y	N95	Rz150	0,5168	LC25 - Vento P3 H3	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_759	Força	Y	N98	Rz150	0,5181	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_760	Força	Y	N88	Rz150	0,5193	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_761	Força	Y	N105	Rz150	0,5205	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_762	Força	Y	N107	Rz150	0,5217	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_763	Força	Y	N110	Rz150	0,5228	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_764	Força	Y	N100	Rz150	0,5240	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_765	Força	Y	N117	Rz150	0,5251	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_766	Força	Y	N119	Rz150	0,5262	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_767	Força	Y	N122	Rz150	0,5272	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_768	Força	Y	N112	Rz150	0,5283	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_769	Força	Y	N129	Rz150	0,5293	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_770	Força	Y	N131	Rz150	0,5303	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_771	Força	Y	N134	Rz150	0,5313	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_772	Força	Y	N124	Rz150	0,5323	LC25 - Vento P3 H3	GCS
N1_773	Força	Y	N141	Rz150	0,5333	LC26 - Vento P4 H3	GCS
N1_774	Força	Y	N143	Rz150	0,5342	LC26 - Vento P4 H3	GCS
N1_775	Força	Y	N146	Rz150	0,5351	LC26 - Vento P4 H3	GCS
N1_776	Força	Y	N136	Rz150	0,5361	LC26 - Vento P4 H3	GCS
N1_777	Força	Y	N153	Rz150	0,5370	LC26 - Vento P4 H3	GCS
N1_778	Força	Y	N155	Rz150	0,5378	LC26 - Vento P4 H3	GCS
N1_779	Força	Y	N158	Rz150	0,5387	LC26 - Vento P4 H3	GCS
N1_780	Força	Y	N148	Rz150	0,5396	LC26 - Vento P4 H3	GCS
N1_781	Força	Y	N165	Rz150	0,5404	LC26 - Vento P4 H3	GCS
N1_782	Força	Y	N167	Rz150	0,5413	LC26 - Vento P4 H3	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_783	Força	Y	N170	Rz150	0,5421	LC26 - Vento P4 H3	GCS
N1_784	Força	Y	N160	Rz150	0,2713	LC26 - Vento P4 H3	GCS
Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_785	Força	Y	N9	Rz150	0,4542	LC27 - Vento P5 H3	GCS
N1_786	Força	Y	N11	Rz150	0,4555	LC27 - Vento P5 H3	GCS
N1_787	Força	Y	N14	Rz150	0,4591	LC27 - Vento P5 H3	GCS
N1_788	Força	Y	N2	Rz150	0,4628	LC27 - Vento P5 H3	GCS
N1_789	Força	Y	N21	Rz150	0,4665	LC27 - Vento P5 H3	GCS
N1_790	Força	Y	N23	Rz150	0,4699	LC27 - Vento P5 H3	GCS
N1_791	Força	Y	N26	Rz150	0,4731	LC27 - Vento P5 H3	GCS
N1_792	Força	Y	N16	Rz150	0,4761	LC27 - Vento P5 H3	GCS
N1_793	Força	Y	N33	Rz150	0,4789	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_794	Força	Y	N35	Rz150	0,4815	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_795	Força	Y	N38	Rz150	0,4841	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_796	Força	Y	N28	Rz150	0,4864	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_797	Força	Y	N45	Rz150	0,4887	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_798	Força	Y	N47	Rz150	0,4909	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_799	Força	Y	N50	Rz150	0,4930	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_800	Força	Y	N40	Rz150	0,4949	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_801	Força	Y	N57	Rz150	0,4969	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_802	Força	Y	N59	Rz150	0,4987	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_803	Força	Y	N62	Rz150	0,5005	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_804	Força	Y	N52	Rz150	0,5022	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_805	Força	Y	N69	Rz150	0,5039	LC28 - Vento P6 H3	GCS
N1_806	Força	Y	N71	Rz150	0,5055	LC28 - Vento P6 H3	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_807	Força	Y	N74	Rz150	0,5070	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_808	Força	Y	N64	Rz150	0,5085	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_809	Força	Y	N81	Rz150	0,5100	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_810	Força	Y	N83	Rz150	0,5114	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_811	Força	Y	N86	Rz150	0,5128	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_812	Força	Y	N76	Rz150	0,5142	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_813	Força	Y	N93	Rz150	0,5155	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_814	Força	Y	N95	Rz150	0,5168	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_815	Força	Y	N98	Rz150	0,5181	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_816	Força	Y	N88	Rz150	0,5193	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_817	Força	Y	N105	Rz150	0,5205	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_818	Força	Y	N107	Rz150	0,5217	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_819	Força	Y	N110	Rz150	0,5228	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_820	Força	Y	N100	Rz150	0,5240	LC29 - Vento P7 H3	GCS
N1_821	Força	Y	N117	Rz150	0,5251	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_822	Força	Y	N119	Rz150	0,5262	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_823	Força	Y	N122	Rz150	0,5272	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_824	Força	Y	N112	Rz150	0,5283	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_825	Força	Y	N129	Rz150	0,5293	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_826	Força	Y	N131	Rz150	0,5303	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_827	Força	Y	N134	Rz150	0,5313	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_828	Força	Y	N124	Rz150	0,5323	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_829	Força	Y	N141	Rz150	0,5333	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_830	Força	Y	N143	Rz150	0,5342	LC30 - Vento P8 H3	GCS

(continuação)

Nome	Tipo	Direção	Nó	Ângulo	Valor	Caso de Carga	Sistema
N1_831	Força	Y	N146	Rz150	0,5351	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_832	Força	Y	N136	Rz150	0,5361	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_833	Força	Y	N153	Rz150	0,5370	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_834	Força	Y	N155	Rz150	0,5378	LC30 - Vento P8 H3	GCS
N1_835	Força	Y	N158	Rz150	0,5387	LC31 - Vento P9 H3	GCS
N1_836	Força	Y	N148	Rz150	0,5396	LC31 - Vento P9 H3	GCS
N1_837	Força	Y	N165	Rz150	0,5404	LC31 - Vento P9 H3	GCS
N1_838	Força	Y	N167	Rz150	0,5413	LC31 - Vento P9 H3	GCS
N1_839	Força	Y	N170	Rz150	0,5421	LC31 - Vento P9 H3	GCS
N1_840	Força	Y	N160	Rz150	0,2713	LC31 - Vento P9 H3	GCS

Fonte: Autoria própria (2022)

APÊNDICE F - Resultados das hipóteses

Tabela 23 - Resultados Hipótese 1

(continua)

z	Mean			Patch 01			Patch 02		
	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)
1	30,65	-144,98	35,33	54,31	-198,25	64,93	50,19	-185,08	55,89
4	18,08	-112,38	17,53	26,46	-128,61	25,38	34,50	-145,17	33,91
8	7,92	-89,08	7,34	3,08	-78,91	2,01	20,17	-113,51	19,52
12	5,99	-82,60	5,39	-3,27	-63,64	-4,20	14,08	-98,53	13,49
16	11,26	-89,07	16,39	5,60	-78,56	11,54	13,34	-95,37	20,61
20	-9,69	-32,43	-10,28	-13,56	-24,57	-14,25	-23,49	-4,42	-24,49
24	-29,43	9,23	-29,99	-32,68	16,55	-33,32	-52,80	57,11	-53,75
28	-38,43	31,01	-39,32	-41,04	36,30	-41,99	-61,95	78,44	-63,22
32	-33,26	23,41	-33,75	-35,24	27,42	-35,78	-51,31	59,58	-51,86
36	-16,71	-6,77	-17,17	-18,06	-4,04	-18,55	-29,00	17,84	-29,49
40	11,19	-59,67	10,78	10,48	-58,23	10,05	4,68	-46,63	4,24
44	50,30	-132,57	60,69	50,18	-132,41	60,64	49,21	-131,10	60,31
48	35,53	-76,57	35,15	35,53	-76,57	35,15	35,53	-76,57	35,15
52	11,85	-26,26	11,47	11,85	-26,26	11,47	11,85	-26,26	11,47
56	1,49	-1,98	-0,22	1,49	-1,98	-0,22	1,49	-1,98	-0,22
z	Patch 03			Patch 04			Patch 05		
	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)
1	42,80	-168,75	46,95	26,27	-135,40	30,12	38,84	-165,00	47,15
4	31,81	-139,82	31,24	16,18	-108,57	15,63	18,18	-112,14	17,19
8	23,53	-120,70	22,44	9,09	-91,23	8,34	4,16	-81,61	3,40
12	24,14	-118,12	23,47	10,89	-92,06	10,28	4,22	-78,33	3,60
16	29,67	-127,80	36,71	19,27	-105,16	24,32	10,92	-88,57	16,24
20	-2,68	-46,37	-3,34	3,28	-58,35	2,68	-9,75	-32,27	-10,37
24	-36,19	23,55	-36,80	-11,40	-26,08	-11,96	-29,49	10,11	-30,07
28	-58,73	71,99	-59,78	-15,32	-15,19	-16,22	-38,47	31,12	-39,38
32	-63,86	84,62	-64,68	-5,09	-32,93	-5,58	-33,29	23,49	-33,80
36	-47,67	55,47	-48,45	16,52	-73,25	16,07	-16,74	-6,72	-17,20
40	-10,64	-15,72	-11,37	49,50	-136,29	49,08	11,18	-59,65	10,76
44	45,87	-126,52	59,08	91,34	-219,44	106,28	50,30	-132,56	60,69
48	35,53	-76,57	35,15	57,79	-120,78	57,11	35,53	-76,57	35,15
52	11,85	-26,26	11,47	36,30	-38,55	17,46	11,85	-26,26	11,47
56	1,49	-1,98	-0,22	2,05	-2,54	-0,22	1,49	-1,98	-0,22

(continuação)

z	Patch 06			Patch 07			Patch 08		
	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)
1	56,67	-200,10	64,43	48,14	-180,06	52,92	33,57	-150,06	37,49
4	34,54	-145,19	33,88	35,25	-146,68	34,67	23,29	-122,79	22,74
8	11,63	-96,38	10,93	24,64	-122,47	24,00	15,95	-105,57	15,13
12	0,58	-71,35	-0,23	22,27	-115,09	21,71	17,50	-104,66	16,88
16	3,74	-75,68	10,52	25,13	-119,13	32,58	24,96	-117,23	30,85
20	-22,72	-5,94	-23,74	-12,83	-26,04	-13,52	1,71	-55,19	1,09
24	-42,05	35,32	-42,72	-51,60	54,68	-52,53	-21,28	-6,31	-21,86
28	-48,58	51,41	-49,56	-72,24	99,82	-74,06	-33,52	21,72	-34,67
32	-40,96	38,87	-41,51	-69,21	95,66	-70,05	-31,59	20,09	-32,09
36	-21,95	3,75	-22,45	-45,19	50,51	-45,98	-18,29	-3,62	-18,75
40	8,42	-54,10	7,98	-4,07	-29,15	-4,50	10,33	-57,65	9,61
44	49,83	-131,94	60,53	47,75	-129,14	59,82	57,74	-151,02	71,71
48	35,53	-76,57	35,15	35,53	-76,57	35,15	37,71	-80,61	37,02
52	11,85	-26,26	11,47	11,85	-31,26	11,47	11,85	-26,26	11,47
56	1,49	-1,98	-0,22	1,49	-1,98	-0,22	1,49	-1,98	-0,22
z	Patch 09			RESULTADO					
	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1	N3	N5			
1	27,32	-137,90	31,58	76,67	-190,39	87,23			
4	16,00	-108,22	15,45	51,44	-179,13	50,66			
8	37,24	-87,81	6,91	47,61	-136,20	33,50			
12	7,24	-84,92	7,00	32,44	-134,05	31,67			
16	14,39	-95,05	19,24	37,87	-146,00	46,64			
20	-3,05	-45,70	-3,64	-9,69	-32,43	-14,71			
24	-18,96	-10,97	-19,52	-56,85	86,01	-58,12			
28	-24,07	2,40	-25,01	-76,56	108,92	-78,67			
32	-15,12	-12,87	-15,61	-71,89	101,05	-73,00			
36	5,26	-50,73	4,81	-35,83	-6,77	-37,27			
40	37,00	-111,30	36,59	48,24	-133,59	47,62			
44	78,88	-191,92	91,46	100,97	-239,14	116,75			
48	53,68	-112,86	53,30	64,33	-133,91	63,70			
52	17,18	-36,60	16,48	36,87	-43,08	19,28			
56	1,81	-2,30	-0,22	2,13	-2,62	-0,22			

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 24 - Resultados Hipótese 2

(continua)

z	Mean			Patch 01			Patch 02		
	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)
1	-81,14	87,48	-85,78	-103,64	138,13	-113,94	-99,71	125,61	-105,34
4	-69,44	58,61	-67,43	-75,90	74,03	-74,91	-83,55	89,78	-83,00
8	-56,64	38,87	-56,07	-52,03	29,20	-51,01	-68,29	62,11	-67,65
12	-53,15	35,07	-52,66	-44,34	17,11	-43,44	-60,84	50,42	-60,05
16	-52,00	47,42	-57,27	-46,63	37,43	-52,66	-53,98	53,42	-61,29
20	-25,24	-2,53	-24,63	-21,55	-10,00	-20,85	-12,11	-29,16	-11,12
24	-3,93	-42,18	-3,35	-0,84	-48,42	-0,19	18,30	-86,99	19,24
28	7,05	-61,38	8,04	9,54	-66,41	10,58	29,43	-106,48	30,76
32	3,79	-51,68	4,28	5,68	-55,48	6,21	20,96	-86,06	21,50
36	-10,38	-20,35	-9,93	-9,10	-22,94	-8,62	1,30	-43,75	1,79
40	-35,35	32,59	-34,95	-34,67	31,21	-34,25	-29,16	20,18	-28,74
44	-62,64	113,21	-72,59	-62,53	113,05	-72,55	-61,60	111,81	-72,23
48	-38,18	70,13	-37,83	-38,18	70,13	-37,83	-38,18	70,13	-37,83
52	-13,47	23,63	-13,11	-13,47	23,63	-13,11	-13,47	23,63	-13,11
56	-1,96	1,71	-0,03	-1,96	1,71	-0,03	-1,96	1,71	-0,03
z	Patch 03			Patch 04			Patch 05		
	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)
1	-92,69	110,09	-96,84	-77,28	79,01	-81,17	-88,93	106,52	-97,03
4	-81,00	84,69	-80,47	-66,35	55,41	-65,84	-68,03	58,38	-67,11
8	-71,68	68,36	-71,08	-58,05	41,39	-57,49	-53,27	31,76	-52,33
12	-70,19	69,27	-69,34	-57,58	44,10	-56,52	-51,25	30,78	-50,44
16	-69,51	84,25	-76,60	-59,60	62,44	-64,69	-51,68	46,95	-57,13
20	-31,89	10,73	-31,23	-37,08	21,17	-36,48	-25,17	-2,68	-24,54
24	2,51	-55,08	3,12	-20,24	-9,54	-19,67	-3,87	-42,30	-3,28
28	26,34	-100,35	27,49	-13,74	-19,81	-12,75	7,09	-61,49	8,10
32	32,92	-109,96	33,59	-21,46	-1,16	-20,98	3,82	-51,75	4,33
36	19,06	-79,53	19,82	-40,10	39,10	-39,66	-10,36	-20,40	-9,90
40	-14,60	-9,22	-13,90	-69,54	100,96	-69,14	-35,34	32,56	-34,93
44	-58,43	107,46	-71,05	-99,38	190,63	-113,28	-62,64	113,20	-72,58
48	-38,18	70,13	-37,83	-57,51	108,49	-56,86	-38,18	70,13	-37,83
52	-13,47	23,63	-13,11	-18,53	33,46	-17,87	-13,47	23,63	-13,11
56	-1,95	1,71	-0,03	-2,26	2,01	-0,03	-1,96	1,71	-0,03

(continuação)

z	Patch 06			Patch 07			Patch 08		
	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)
1	-105,87	139,89	-113,46	-97,77	120,84	-102,51	-83,92	92,31	-87,84
4	-83,59	89,80	-82,98	-84,27	91,22	-85,52	-72,90	68,50	-72,38
8	-60,16	45,82	-59,48	-72,53	70,62	-71,92	-64,48	55,20	-63,91
12	-48,00	24,44	-47,12	-68,63	66,02	-68,07	-63,89	56,70	-62,84
16	-44,85	34,69	-51,70	-65,19	76,01	-72,67	-65,03	74,21	-71,03
20	-12,85	-27,72	-11,83	-22,25	-8,61	-21,54	-36,07	19,12	-35,44
24	8,08	-66,27	8,75	17,16	-84,68	18,08	-11,67	-26,69	-11,09
28	16,71	-80,78	17,78	39,21	-126,49	41,35	2,39	-52,21	3,89
32	11,11	-66,37	11,66	37,98	-120,37	38,80	2,21	-48,51	2,71
36	-5,40	-30,35	-4,91	16,70	-74,82	17,47	-8,88	-23,35	-8,43
40	-32,71	27,28	-32,29	-20,84	3,55	-20,42	-34,53	30,65	-33,84
44	-62,20	112,61	-72,43	-60,21	109,94	-71,76	-69,71	130,75	-83,07
48	-38,18	70,13	-37,83	-38,18	70,13	-37,83	-40,26	73,97	-39,60
52	-13,47	23,63	-13,11	-13,47	23,63	-13,11	-13,47	23,63	-13,11
56	-1,96	1,71	-0,03	-1,96	1,71	-0,03	-1,96	1,71	-0,03
z	Patch 09			RESULTADO					
	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1	N3	N5			
1	-77,97	80,75	-82,22	-124,91	180,53	-135,19			
4	-65,96	54,64	-65,45	-97,42	121,60	-99,92			
8	-56,23	38,08	-55,67	-82,29	89,80	-81,48			
12	-54,33	37,03	-53,63	-78,01	84,69	-76,51			
16	-54,98	53,11	-59,99	-77,31	101,49	-87,07			
20	-31,55	10,10	-30,94	-25,24	-2,53	-24,63			
24	-13,88	-22,26	-13,31	-3,93	-96,01	-3,35			
28	-6,56	-34,18	-5,57	44,03	-136,48	46,40			
32	-13,46	-17,07	-12,97	41,70	-127,62	42,58			
36	-31,27	21,45	-30,83	-10,38	-63,41	-9,93			
40	-59,89	81,67	-59,49	-68,26	98,21	-67,66			
44	-89,81	169,64	-101,85	-108,60	210,37	-123,76			
48	-55,44	104,65	-55,09	-64,18	121,87	-63,58			
52	-18,53	33,46	-17,47	-20,63	37,53	-19,56			
56	-2,26	2,01	-0,03	-2,38	2,13	-0,03			

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 25 - Resultados Hipótese 3

(continua)

z	Mean			Patch 01			Patch 02		
	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)
1	58,30	-117,28	-39,10	87,86	-154,27	-40,25	84,35	-144,58	-41,51
4	30,19	-80,97	-25,72	40,23	-90,57	-25,82	50,04	-100,80	-25,73
8	17,21	-65,98	-24,74	11,26	-59,62	-24,82	32,01	-80,75	-24,76
12	1,81	-49,71	-23,76	-10,50	-37,69	-23,82	9,15	-71,95	-23,80
16	29,49	-74,69	-18,29	23,15	-67,34	-17,85	33,46	-67,80	-17,43
20	-7,22	-27,20	-17,58	-11,95	-22,44	-17,61	-23,97	-10,06	-17,62
24	-32,16	-0,31	-16,58	-36,12	3,69	-16,61	-60,48	28,41	-16,62
28	-51,66	21,03	-15,91	-54,90	24,12	-15,93	-80,74	48,76	-15,94
32	-35,85	5,60	-14,59	-38,27	8,03	-14,61	-57,73	27,50	-14,61
36	-13,86	-14,49	-13,59	-15,50	-12,83	-13,61	-28,74	0,97	-13,61
40	21,90	-46,57	-12,59	21,03	-45,69	-12,60	14,00	-38,67	-12,60
44	74,62	-93,32	-3,43	74,50	-93,24	-3,40	73,59	-92,58	-3,14
48	49,39	-52,85	-1,96	49,39	-52,85	-1,96	49,39	-52,85	-1,96
52	17,53	-19,03	-0,98	17,53	-19,03	-0,98	17,53	-19,03	-0,98
56	2,01	-0,91	0,61	2,01	-0,91	0,61	2,01	-0,91	0,61
z	Patch 03			Patch 04			Patch 05		
	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)
1	77,13	-135,47	-43,23	56,60	-114,62	-42,30	68,32	-131,87	-39,37
4	46,80	-97,56	-25,72	28,16	-78,93	-25,72	30,24	-80,62	-25,78
8	36,35	-85,10	-24,75	3,16	-67,79	-24,74	12,88	-61,26	-24,78
12	19,36	-67,75	-23,78	20,11	-52,66	-23,74	-0,81	-47,56	-23,79
16	55,08	-102,01	-17,52	42,45	-86,46	-18,37	29,15	-74,06	-18,21
20	1,24	-35,63	-17,60	7,87	-42,29	-17,58	-7,31	-27,11	-17,59
24	-40,36	7,92	-16,60	-11,40	-21,08	-16,58	-32,24	-0,22	-16,59
28	-67,98	38,44	-15,92	-28,56	-3,49	-15,91	-51,71	21,10	-15,92
32	-83,71	52,13	-14,60	-3,71	-26,55	-14,59	-35,90	5,65	-14,59
36	-51,34	21,89	-13,60	23,97	-52,32	-13,59	-13,89	-14,46	-13,59
40	-4,53	-19,78	-12,60	65,41	-90,90	-12,59	21,88	-46,56	-12,59
44	70,52	-90,11	-2,17	123,05	-143,43	-1,75	74,62	-93,32	-3,43
48	49,39	-52,85	-1,96	73,99	-77,08	-1,96	49,39	-52,85	-1,96
52	17,53	-19,03	-0,98	23,98	-25,10	-0,98	17,53	-19,03	-0,98
56	2,01	-0,91	0,61	2,39	-0,91	0,61	2,01	-0,91	0,61

(continuação)

z	Patch 06			Patch 07			Patch 08		
	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)
1	91,69	-154,48	-41,07	82,70	-141,96	-42,43	65,62	-123,67	-42,88
4	50,07	-100,79	-25,76	50,95	-101,71	-25,73	36,49	-87,26	-25,72
8	21,66	-70,37	-24,79	37,43	-86,17	-24,76	10,76	-75,96	-24,74
12	-6,74	-39,95	-23,81	18,16	-65,89	-23,79	28,13	-60,10	-23,77
16	21,42	-68,18	-17,51	48,58	-96,81	-17,36	49,53	-94,75	-17,98
20	-23,05	-10,97	-17,63	-11,07	-23,32	-17,61	6,57	-40,98	-17,58
24	-37,70	15,05	-16,62	-59,02	26,94	-16,61	-22,30	-10,16	-16,58
28	-47,48	32,90	-11,37	-93,97	54,91	-15,93	-48,87	7,64	-15,91
32	-64,23	14,97	-14,62	-79,38	57,71	-14,61	-33,84	3,59	-14,59
36	-45,20	-8,12	-13,61	-48,33	21,39	-13,60	-15,77	-12,95	-13,59
40	-20,21	-43,19	-12,60	3,42	-28,09	-12,60	20,85	-46,32	-12,59
44	18,53	-93,00	-3,31	72,20	-91,58	-2,75	85,19	-105,09	-1,86
48	49,39	-52,85	-1,96	49,39	-52,85	-1,96	49,39	-55,11	-1,96
52	17,53	-19,03	-0,98	17,53	-19,03	-0,98	17,53	-19,03	-0,98
56	2,01	-0,91	0,61	2,01	-0,91	0,61	2,01	-0,91	0,61
z	Patch 09			RESULTADO					
	N1 (kN)	N3 (kN)	N5 (kN)	N1	N3	N5			
1	55,82	-114,36	-40,65	119,64	-185,66	-45,49			
4	27,67	-78,44	-25,71	70,51	-121,10	-25,84			
8	16,70	-65,47	-24,74	44,05	-98,39	-24,74			
12	1,76	-50,16	-23,76	39,56	-80,60	-23,76			
16	34,94	-79,31	-18,40	68,58	-116,51	-19,95			
20	0,82	-35,24	-17,57	-7,22	-27,20	-17,58			
24	-19,49	-12,99	-16,58	-32,16	-34,92	-16,58			
28	-36,11	-5,73	-15,91	-97,99	50,58	-20,45			
32	-13,90	-6,31	-14,59	-98,81	70,98	-14,63			
36	12,75	-41,09	-13,59	-13,86	-42,00	-13,59			
40	53,13	-77,81	-12,59	21,90	-89,08	-12,59			
44	110,09	-129,68	-2,55	97,98	-156,23	-5,41			
48	71,35	-74,82	-1,96	82,36	-85,64	-1,96			
52	23,98	-23,60	-0,98	26,65	-26,63	-0,98			
56	2,39	-0,91	0,61	2,55	-0,91	0,61			

Fonte: Autoria própria (2022)