

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MATHIAS ROBERTO ARAUJO MARINHO**

**ANÁLISE DAS CARGAS ATUANTES NOS POSTES DEVIDO  
O COMPARTILHAMENTO DE INFRAESTRUTURA COM  
EMPRESAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

**ANÁPOLIS / GO**

**2021**

**MATHIAS ROBERTO ARAUJO MARINHO**

**ANÁLISE DAS CARGAS ATUANTES NOS POSTES DEVIDO  
O COMPARTILHAMENTO DE INFRAESTRUTURA COM  
EMPRESAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: EDUARDO MARTINS TOLEDO**

**ANÁPOLIS / GO: 2021**

## FICHA CATALOGRÁFICA

MARINHO, MATHIAS ROBERTO ARAUJO

Análise das cargas atuantes nos postes devido o compartilhamento de infraestrutura com empresas de telecomunicações.

61P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

- |                    |              |
|--------------------|--------------|
| 1. Telecomunicação | 2. Postes    |
| 3. ENEL            | 4. Colapso   |
| I. ENC/UNI         | II. Bacharel |

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MARINHO, Mathias Roberto Araujo. Análise das cargas atuantes nos postes devido o compartilhamento de infraestrutura com empresas de telecomunicações. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 62p. 2021.

## CESSÃO DE DIREITO

NOME DO AUTOR: Mathias Roberto Araujo Marinho

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Análise das cargas atuantes nos postes devido o compartilhamento de infraestrutura com empresas de telecomunicações.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2021

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Mathias Roberto Araujo Marinho

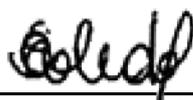
E-mail: mathias.marinho@outlook.com

**MATHIAS ROBERTO ARAUJO MARINHO**

**ANÁLISE DAS CARGAS ATUANTES NOS POSTES DEVIDO  
O COMPARTILHAMENTO DE INFRAESTRUTURA COM  
EMPRESAS DE TELECOMUNICAÇÕES**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

**APROVADO POR:**



---

**EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEVANGÉLICA)  
(ORIENTADOR)**



---

**FILIPE FONSECA GARCIA, Especialista (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**



---

**ANDERSON DUTRA E SILVA, Mestre (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 27 de MAIO de 2021.**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por todas as bênçãos e conquistas em minha vida.

A meu pai José Roberto e a minha mãe Cristiane Monteiro, que colocaram meu ensino e aprendizado a frente de seus próprios objetivos, me oferecendo todo respaldo e segurança para me dedicar a vida acadêmica para alcançar o objetivo de me tornar Engenheiro Civil, ao meu irmão Marcos Roberto e a minha irmã Myleni Araujo que nunca colocaram obstáculos em meus objetivos e sempre me apoiaram e ajudaram.

A minha namorada e companheira Débora da Silva, que durante o período de desenvolvimento deste trabalho me apoiou nos momentos de desânimo e me motivou a entregar o melhor de mim a este trabalho.

Aos meus familiares, em especial a minha tia Liliam Marinho, que sempre se colocou à disposição para me apoiar e orientar quanto a importância de meus estudos.

Aos meus amigos de curso Divino De Paula Rodrigues Junior e Lucas De Souza Bernardo pelo companheirismo durante os estudos, realização de atividades e trabalhos em grupo durante toda graduação onde sempre se dispuseram a me ajudar em momentos de dificuldade.

Ao Prof. Me. Eduardo Martins Toledo por aceitar o convite de me orientar e direcionar para elaboração deste trabalho e por todas as excelentes aulas ministradas durante todas as disciplinas ministradas por ele.

Aos meus colegas de trabalho durante minha vida profissional, que me ensinaram e me ajudaram a me desenvolver como profissional no mundo da telecomunicação e da engenharia em especial ao Josiel de Souza Borges que despertou o interesse pela engenharia em meu primeiro emprego e a minha colega Ana Clara Araujo dos Santos que muito me ajudou com conselhos para elaboração deste trabalho nos momentos de dificuldade.

Por último, quero agradecer ao grupo de docentes do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário UniEvangélica de Anápolis Goiás, pelo profissionalismo, empenho e dedicação para garantir a qualidade de nosso aprendizado, lançando mão de novas ferramentas e técnicas em especial com o advento do ensino remoto nos últimos períodos.

Mathias Roberto Araujo Marinho

## RESUMO

Em tempos de home office, uma internet estável e veloz se torna algo fundamental no cotidiano seja para estudos, trabalho ou entretenimento. Esses aspectos são amplamente atendidos utilizando fibra óptica, tal solução só se popularizou com permissão para a utilização dos postes de sustentação da rede elétrica, após a assinatura da Resolução Conjunta N°1 (Aneel, Anatel e ANP). Desde então, a capacidade excedente passou a ser utilizada para entrega de serviços de telecomunicações e permitiu a popularização das redes de fibra óptica. A alta demanda por essa tecnologia tornou comum situações onde é visível uma quantidade enorme de cabos amontoados nos postes e que conseqüentemente estarão gerando esforços sobre a estrutura. Diante disso, o estudo tem por objetivo compreender quais os esforços atuam sobre os postes e avaliar através do cálculo desses se as estruturas estão aptas a suportar esta carga ou se o excesso ocasiona de fato a sobrecarga. Então foi realizada uma pesquisa descritiva, exploratória e quantitativa por meio de análise das normas referentes ao tema entre normas nacionais e regionais para identificar quais as cargas atuam sobre os postes e quais os procedimentos para cálculo dessas solicitações mecânicas e posteriormente determinar um trecho específico da cidade Anápolis, para aplicação destes conhecimentos e determinação dos esforços. Por meio da interpretação das normas e desenvolvimento dos cálculos, os resultados encontrados forma de que não seria necessário cálculo dos esforços em todos os postes, somente onde houvesse alteração de ângulo ou após três lances consecutivos e nos postes em que foram necessários os cálculos, em apenas três deles foi observado um esforço maior que sua capacidade nominal e somente em um destes a carga era maior que cento e quarenta por cento de sua carga nominal, observando que em estruturas entre vãos curtos, tendem a apresentar esforço resultante dentro de sua carga nominal mesmo com o excedente, enquanto que as estruturas entre vãos longos apresentam carga resultante superior à sua carga prevista, porém esses pontos não apresentam risco eminente de colapso pois atendem ao aspecto de suportar uma carga de ruptura de até duas vezes a sua carga nominal, mas que a longo prazo podem vir a apresentar sinais de fadiga.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Compartilhamento de Infraestrutura. ENEL. Telecomunicações. Análise de Cargas.

## **ABSTRACT**

In times of home office, a stable and fast internet becomes something fundamental in everyday life, whether for studies, work, or entertainment. These aspects are largely met by using fiber optics, a solution that only became popular with permission to use the electric network support poles, after the signing of Joint Resolution No. 1 (Aneel, Anatel and ANP). Since then, the excess capacity has been used to deliver telecommunications services and has allowed the popularization of fiber optic networks. The high demand for this technology has made common situations where it is visible a huge amount of cables piled up on the poles and that consequently will be generating stress on the structure. In view of this, the study aims to understand which efforts act on the poles and evaluate through their calculation if the structures are able to support this load or if the excess causes the overload. Then a descriptive, exploratory and quantitative research was carried out by means of an analysis of the norms referring to the subject between national and regional norms to identify which loads act on the poles and which are the procedures for calculating these mechanical stresses and later determine a specific stretch of the city of Anapolis, for the application of this knowledge and determination of the efforts. Through the interpretation of the norms and the development of the calculations, the results found were that it would not be necessary to calculate the efforts in all the poles, only where there was a change of angle or after three consecutive flights and in the poles where the calculations were necessary, in only three of them an effort greater than its nominal capacity was observed and only in one of these the load was greater than one hundred and forty percent of its nominal load, observing that in structures between short spans, they tend to present a resultant effort within its nominal load even with the surplus, while the structures between long spans present a resultant load higher than its expected load, but these points do not present an eminent risk of collapse because they meet the aspect of supporting a rupture load of up to twice its nominal load, but in the long run they may present signs of fatigue.

### **KEYWORDS:**

Infrastructure Sharing. ENEL. Telecommunications. Load Analysis.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Poste de Concreto Circular. ....	20
Figura 2 - Poste de Concreto Seção Duplo T. ....	21
Figura 3 - Afastamentos Mínimos de RDs e Comunicação. ....	22
Figura 4 - Afastamentos Mínimos - Distância "h". ....	24
Figura 5 - Afastamentos Mínimos - Distância "L". ....	25
Figura 6 - Deformação dos Postes. ....	27
Figura 7 - Esforços Verticais Nos Postes. ....	28
Figura 8 - Vãos Entre os Postes da Rede. ....	28
Figura 9 - Peso da Rede Devido Equipamentos. ....	29
Figura 10 - Rede em Desnível. ....	30
Figura 11 - Poste Comprimido pela Rede. ....	30
Figura 12 - Poste Tracionado pela Rede. ....	30
Figura 13 - Esforço Horizontal no Poste. ....	31
Figura 14 - Ponto Virtual de Aplicação dos Esforços. ....	32
Figura 15 - Exemplo de Diagrama de Momento. ....	33
Figura 16 - Diagrama de Momento Fletor na NBR 8541-3. ....	33
Figura 17 - Força do Vento em Vãos Adjacentes. ....	34
Figura 18 - Ângulo de Deflexão na Rede. ....	35
Figura 19 - Elementos Para Cálculo da Força Vento no Poste. ....	36
Figura 20 - Tensão em Postes com Ângulo de Deflexão. ....	37
Figura 21 - R. Eng. Portela - St. Central. ....	39
Figura 22 - Mapa das Isopletas. ....	43
Figura 23 - Força do Vento Atuante no Poste e Condutores. ....	55
Figura 24 - Força de Tração dos Condutores. ....	55
Figura 25 - Resultante da Tração dos Condutores. ....	56
Figura 26 - Forças Atuantes. ....	56

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Características Físicas Dos Cabos De Alumínio Coberto XLPE 15 kV. ....	19
Tabela 2 - Características Dos Condutores De Alumínio Com Alma De Aço – CAA. ....	19
Tabela 3 - Características Físicas Dos Cabos Multiplexados.....	19
Tabela 4 - Distâncias Mínimas de Segurança entre os Condutores da Ocupante e o Solo. ....	23
Tabela 5 - Distâncias Mínimas de Segurança entre Condutores da Rede Elétrica e Cabos de Telecomunicações. ....	24
Tabela 6 - Dados Coletados em Campo. ....	40
Tabela 7 - Características Físicas (Cabo Aero Autossuportados com Núcleo Seco). ....	41
Tabela 8 - Diâmetro do Cabo Aereo Autossuportados Com Núcleo Seco.....	42
Tabela 9 - Fator S2. ....	43
Tabela 10 - Resultado dos Esforços. ....	57

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ALT.	Altura
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis
AT	Alta Tensão
AWG	American Wire Gauge (escala americana normalizada)
BT	Baixa Tensão
CA	Cabo de Alumínio
CAA	Cabo de Alumínio Liga
CC	Concreto Circular
CN	Carga Nominal
DT	Duplo T
DAN	DecaNewton
H	Altura Máxima
ID	Código de Identificação do Poste
KGF	Quilograma-Força
L	Comprimento Nominal
LDAT	Linhas de Distribuição de Alta Tensão
LAT.	Latitude
LONG.	Longitude
MT	Média Tensão
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
NTC	Norma Técnica Celg
OCUP.	Ocupantes
PST	Poste
SI	Sistema Internacional de Medidas
XLPE	Polietileno Reticulado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS .....	14
<b>1.2.1 Objetivo geral .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>14</b>
1.3 METODOLOGIA .....	15
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA .....</b>	<b>16</b>
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAS .....	16
2.2 NORMAS E REGULAMENTAÇÃO .....	17
2.3 REDES E LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO .....	17
<b>2.3.1 Postes de Concreto Armado .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.2 Média e Baixa Tensão .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.3 Afastamentos Mínimos.....</b>	<b>21</b>
2.4 COMPARTILHAMENTO DE INFRAESTRUTURA.....	23
<b>2.4.1 Faixa de Ocupação e Afastamentos Mínimos .....</b>	<b>23</b>
2.5 DEFINIÇÕES DOS ESFORÇOS MECÂNICOS.....	25
<b>2.5.1 Características Gerais.....</b>	<b>25</b>
2.5.1.1 Limite de Carregamento e Resistência de Ruptura do Poste .....	26
2.5.1.2 Tração de Projeto .....	26
<b>2.5.2 Determinação dos Esforços Mecânicos.....</b>	<b>26</b>
2.5.2.1 Esforços Verticais .....	27
2.5.2.2 Esforços Horizontais .....	30
2.5.2.3 Momento Fletor .....	32
2.6 ANÁLISE DE ESFORÇOS ATUANTES NOS POSTES DE CONCRETO ARMADO..	
.....	33
<b>2.6.1 Ação do Vento no Cabo.....</b>	<b>33</b>
<b>2.6.2 Ação do Vento no Poste.....</b>	<b>35</b>
<b>2.6.3 Tração dos Condutores e Cabos Ópticos .....</b>	<b>36</b>
<b>3 MATERIAIS E METÓDOS .....</b>	<b>38</b>
3.1 APROVAÇÃO DO COMPARTILHAMENTO .....	38

3.2	ESCOLHA DA REGIÃO .....	38
3.3	MÉTODO DE COLETA DE DADOS .....	39
<b>3.3.1</b>	<b>Mapa do Trajeto.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Map Maker .....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Parâmetros de Projeto .....</b>	<b>41</b>
3.3.3.1	Cabo Óptico Aéreo Autossustentado .....	41
3.3.3.2	Cálculo da Força do Vento .....	42
3.3.3.3	Cálculo da Tração de Projeto .....	43
<b>4</b>	<b>CÁLCULOS E RESULTADOS .....</b>	<b>45</b>
4.1	PARÂMETROS GERAIS .....	45
4.2	CÁLCULOS E RESULTADOS .....	46
<b>4.2.1</b>	<b>Pst-01 .....</b>	<b>46</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Pst-02 .....</b>	<b>49</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Pst-03 .....</b>	<b>50</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Pst-07 .....</b>	<b>51</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Pst-11 .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Pst-15 .....</b>	<b>53</b>
<b>4.2.7</b>	<b>Resultados .....</b>	<b>54</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>58</b>
5.1	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS .....	59
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em uma sociedade altamente globalizada e conectada é quase imperceptível, no cotidiano do usuário, toda a estrutura necessária para que possamos estar conectados vinte quatro horas por dia. Entretanto, do ponto de vista técnico e da infraestrutura operacional, é importante destacar a significativa evolução, especialmente na última década, dos serviços de internet.

Ao passo que os serviços de internet começaram a ganhar importância comercial, tecnologias que permitem a entrega de maiores velocidades como a fibra óptica, se popularizaram. Porém, pela falta de conhecimento, levanta-se dúvidas de quem a manuseia devido à ausência de regulamentação técnica para orientar e assegurar as empresas quanto a confiabilidade desta nova tecnologia.

Sendo assim, a partir da assinatura da Resolução Conjunta nº 1 (Aneel, Anatel e ANP) em 24 de novembro de 1999, que permite o compartilhamento de infraestrutura excedente por empresas do ramo de energia elétrica e telecomunicações, a utilização de cabos ópticos ganhou notabilidade no Brasil. Até 2019, dos 5.570 municípios brasileiros, 4.012 já são atendidos com fibra óptica conforme dados da Anatel.

Por isso, foram elaboradas normas como a NBR 15214 em âmbito nacional (ABNT, 2006) e a Especificação Técnica nº278 nos estados sobre concessão da ENEL (ENEL, 2018), a fim de determinar parâmetros para o compartilhamento de infraestrutura, em prol das empresas de telecomunicações, delimitando a faixa de ocupação a ser compartilhada (excedente) e a quantidade de seis pontos para utilização das empresas interessadas.

Essa literatura normativa impulsionou a expansão da rede óptica no país, eliminando um dos entraves para a utilização da fibra, que é por onde passar o cabo. Com o caminho livre para a utilização do espaço excedente, novas empresas iniciaram a construção de suas redes, em razão do mercado se provar bastante atrativo. Ainda assim, um emaranhado de cabos se espalhou pelas cidades brasileiras, por falta do necessário conhecimento técnico.

Considerando essas ocupações irregulares, surge uma preocupação quanto à capacidade de resistência dos postes aos esforços submetidos. Como muitos são antigos, os mesmos não foram dimensionados e fabricados para uma circunstância de exposição a tantos esforços. Juntamente com isso, a carga a que estão expostos pode vir a aumentar com a ancoragem de novos cabos, podendo ocasionar fissuras e posteriormente rupturas.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A utilização dos postes de concreto é benéfica tanto para a concessionária que conta com um material que oferece maiores vantagens em relação aos postes de fibra e madeira disponíveis no mercado, como para as empresas interessadas na utilização destes, pois possuem maior resistência ao esforço, facilitando a utilização da sua capacidade excedente para construção de redes ópticas.

Porém, são comuns situações de ocupações além do que prevê a norma, sem os cálculos necessários para determinar se tal estrutura está apta a suportar a carga imposta sobre ela, quando fixar um novo cabo. Tornando essa utilização perigosa para a população de um modo geral, porque a mesma está sujeita as consequências do colapso de uma estrutura sobrecarregada.

Portanto faz-se necessário o estudo que demonstre as tensões a que essas estruturas estão expostas, quando ocupadas além do permitido. Determinando se estes esforços colocam em risco a integridade da estrutura ou se é viável uma flexibilização da norma, permitindo que mais empresas tenham suas redes legalizadas junto a concessionária responsável. Além de contribuir para a difusão do conhecimento sobre o compartilhamento de infraestrutura em setores de telecomunicações e energia.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar, através do cálculo dos esforços aplicados e da capacidade de resistência projetada, se os postes apresentam capacidade para suportar o excesso de carga devido a ocupantes excedentes.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar e compreender as normativas que tangem o compartilhamento de infraestrutura;
- Análise do processo de fabricação e determinação da carga de ruptura;
- Determinar esforços aplicados devido a estrutura do poste em função dos diversos cabos ancorados;

- Escolher uma região em Anápolis onde seja identificado um cenário de excedente de ocupantes e utilizá-lo para estudo;
- Realizar o levantamento dos postes, cálculo dos esforços e determinar se as estruturas estão em sobrecarga.
- Tornar público este tema, suas respectivas normativas e agregar conhecimento a uma literatura ainda pouco conhecida.

### 1.3 METODOLOGIA

Nesta pesquisa exploratória sobre o compartilhamento de infraestrutura foi aprofundado o conhecimento sobre as normativas que regem essa vertente da engenharia. Os resultados desta pesquisa foram aplicados em estudo de caso, onde foi realizado a coleta fotográfica, dados da localização e quantitativo de ocupantes em campo, onde por meio do cálculo dos esforços foi determinado se estas estruturas estão próximas do colapso ou se estão aptas a suportarem as solicitações impostas.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está dividindo em 5 capítulos, segue breve a descrição de cada um deles:

No primeiro capítulo é abordado a introdução ao tema, assim como a justificativa, objetivos gerais e específicos. No segundo capítulo, fez-se a revisão literária a fim de apresentar conceitos básicos e embasar o leitor para melhor compreensão do estudo.

O terceiro capítulo, apresenta as características do estudo, tais como a escolha do local onde este será realizado, quais os métodos utilizados para a coleta dos dados necessários e definição dos parâmetros necessários para os cálculos. No quarto capítulo realizamos a análise dos esforços aplicados por meio dos cálculos, determinando se a estrutura está sobrecarregada ou não.

O quinto capítulo discute-se sobre os resultados encontrados após a análise dos cálculos obtidos na pesquisa e sugestões para trabalhos futuros sobre o tema.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAS

A estrutura do poste de concreto armado deve ser projetada considerando diversos fatores como: sua forma, altura, equipamentos instalados (cabos, transformadores, equipamentos de telecomunicações, ...), seu peso próprio, ações dinâmicas (vento, chuva), peso do eletricitista ou instalador apoiado ao poste, além de cargas excepcionais como a de um impacto de um veículo ou outros objetos (SILVA, 2019).

Em 15 de Maio de 1998 foi assinado o DECRETO Nº 2.592, que aprovava o Plano Geral de Metas para a Universalização do Serviço Telefônico Fixo Comutado Prestado no Regime Público, visando a garantia do acesso a comunicação entre dois pontos fixos determinados (DECRETO Nº 2.592, 1998). Este decreto determinava metas a serem cumpridas pelas empresas de telecomunicações e foi acelerado após a possibilidade de obter concessão em outros locais, as metas foram atingidas, mas sem a devida análise por parte das empresas responsáveis pelos postes (PRAZERES, 2006).

Assim as empresas de telecomunicação fixas, passaram a atuar fora de sua área de concessão, dando início a um amontoado de cabos entre postes. Em 24 de Novembro de 1999 foi aprovada a Resolução Conjunta ANEEL/ANATEL/ANP nº 001, determinando o que pode ser compartilhado entre as empresas de energia elétrica, telecomunicação e petróleo e como este compartilhando deve ser feito.

Conforme definição da Resolução Conjunta, infraestrutura é compreendida como os postes controlados pela empresa responsável pelo serviço público de energia, compartilhamento como a utilização da infraestrutura por empresas de energia elétrica e de telecomunicação. E capacidade excedente como a infraestrutura disponível para compartilhamento para com as empresas interessadas, sendo determinado pela a proprietária a capacidade a ser compartilhada em cada poste.

Da mesma forma, outros termos importantes para compreensão deste texto são apresentados na Resolução Normativa Nº 797 (ANEEL, 2017), que especifica a empresa responsável pela energia elétrica como Detentora e responsável pela infraestrutura a ser compartilhada, as empresas com autorização e projeto aprovado para utilização da infraestrutura como Ocupante, a utilização diferente da aprovada em projeto como Ocupação à Revelia, e a Ocupação Clandestina como a utilização da infraestrutura sem a devida autorização da detentora.

## 2.2 NORMAS E REGULAMENTAÇÃO

Como abordado na seção 2.1, diversos fatores influenciam no dimensionamento dos postes, seu processo de fabricação é regido pelas normas ABNT NBR 8451-1:2020 – Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e de transmissão de energia elétrica – Parte 1: Requisitos e NTC – 01:2004 Postes de Concreto Armado para Redes de Distribuição e de Transmissão.

A princípio as normativas e regulamentações sobre o compartilhamento de infraestrutura, foram redigidas com base na Resolução Conjunta N° 1 (ANEEL/ANATEL/ANP n° 001, 1999), seguida da Resolução N° 581 (ANEEL, 2002) que trouxe novas definições sobre o tema e foi base para elaboração da ABNT NBR 15214:2006 – Rede de distribuição de energia elétrica – Compartilhamento de infraestrutura com redes de telecomunicações, em 2017 a Resolução n° 581 (2002), foi revogada pela Resolução Normativa N° 797 (ANEEL, 2017).

A detentora deve disponibilizar plano de ocupação que contenha informações sobre sua infraestrutura a ser compartilhada, relação das normas técnicas que definem os parâmetros técnicos a serem observados e atendidos pela empresa que pleiteia a contratação do compartilhamento (Resolução Normativa N° 797, 2017).

## 2.3 REDES E LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO

Entende-se por redes e linhas de distribuição como o conjunto de estruturas, utilidades, condutores e equipamentos elétricos, aéreos ou subterrâneos, utilizados para a distribuição da energia elétrica, operando em baixa, média e/ou alta tensão de distribuição (ANEEL, 2020). É considerada como Baixa Tensão (BT) toda voltagem abaixo de 1,0 kV, Média Tensão (MT) entre 1,0 kV e 36,2 kV e a Alta Tensão (AT) entre 36,2 kV até 230 kV.

Adota-se pela concessionária como padrão a utilização de Postes de Concreto Armado para redes aéreas urbanas e rurais de distribuição e transmissão de energia elétrica, postes de concreto para entrada de serviço até 1 kV (CELG D, 2014).

### 2.3.1 Postes de Concreto Armado

Este tipo de estrutura pode ser compreendida como um elemento estrutural linear, que tende a ser projetada em balanço onde a sua maior carga será o esforço de flexão atuante na peça, como apontando por Benencase (2015). A estrutura do poste é composta por armaduras

longitudinais e transversais (estribos) a serem dispostos conforme o tipo da estrutura onde as extremidades da armadura longitudinal devem estar localizadas a 20mm da base e do topo do poste e os estribos recomenda-se um afastamento máximo de 300mm, seu cobrimento varia de 15mm a 25mm em função da classe de agressividade onde este poste será utilizado.

Usualmente na rede de distribuição urbana são adotadas as estruturas do tipo duplo “t” e circular vazada com alturas que variam entre 9,0m e 12,0m, estruturas com alturas maiores tendem a ser usados apenas nas Linhas de Distribuição de Alta Tensão (LDAT) em que o compartilhamento da infraestrutura é restrito a casos em que seja do interesse da detentora. Nas Figura 01 e 02 são apresentadas as características dos postes em função de seu formato.

Na NTC 01:2014, são apresentadas terminologias e definições sobre os postes de concreto armado, dentre eles, algumas são fundamentais para identificação das estruturas em campo. São elas:

- **Carga Nominal (Cn):** Valor de carga suportado pela estrutura, na direção e sentido apresentado sem que sofra deformações superiores ao seu limite admissível, com unidade de medida em decaNewton (daN);
- **Comprimento Nominal (L):** distância entre a base e o topo da estrutura, com unidade de medida em “m”.

Em sua pesquisa, Silva (2019) ressalta que o daN é comumente utilizado por fabricantes e concessionárias para indicar a carga nominal de postes por tratar-se de uma unidade do Sistema Internacional (SI) e equivaler a um quilo grama força (kgf), usualmente utilizado para expressar esforços.

### 2.3.2 Média e Baixa Tensão

As redes MT partem das subestações e se espalham estrategicamente pela cidade, para distribuir a dar forma a rede primaria, operando em tensões nominais padronizadas de 13,8 kV e 34,5 kV. É formada por três fases + neutro, onde para redes primarias operando em 13,8 kV são utilizados cabos de alumínio cobertos com XLPE e nas redes de 34,5 kV cabos de alumínio, CAA, nas seguintes seções: 4, 2, 1/0 e 2/0 AWG, conforme NTC-08 (CELG D, 2015). As características físicas e mecânicas são apresentadas nas Tabelas 1 e 2

**Tabela 1 - Características Físicas Dos Cabos De Alumínio Coberto XLPE 15 kV**

Seção (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro (mm)		Massa Aprox. (kg/km)
	Do Condutor	Sobre a Isolação	
50	8,2	14,2	235
150	14,2	20,2	580

Fonte: NTC08 – CELG D (2015, com adaptações).

**Tabela 2 - Características Dos Condutores De Alumínio Com Alma De Aço – CAA**

CÓDIGO	CONDUTOR (AWG)	SEÇÃO NOMINAL (mm <sup>2</sup> )	DIÂMETRO TOTAL(mm)	PESO NOMINAL (kg/km)
Swan	4	24,71	6,36	85,60
Sparrow	2	39,19	8,01	135,80
Raven	1/0	62,44	10,11	216,20
Quail	2/0	78,55	11,35	272,00
Penguin	4/0	125,09	14,31	433,20

Fonte: NTC07 – CELG D (2017, com adaptações).

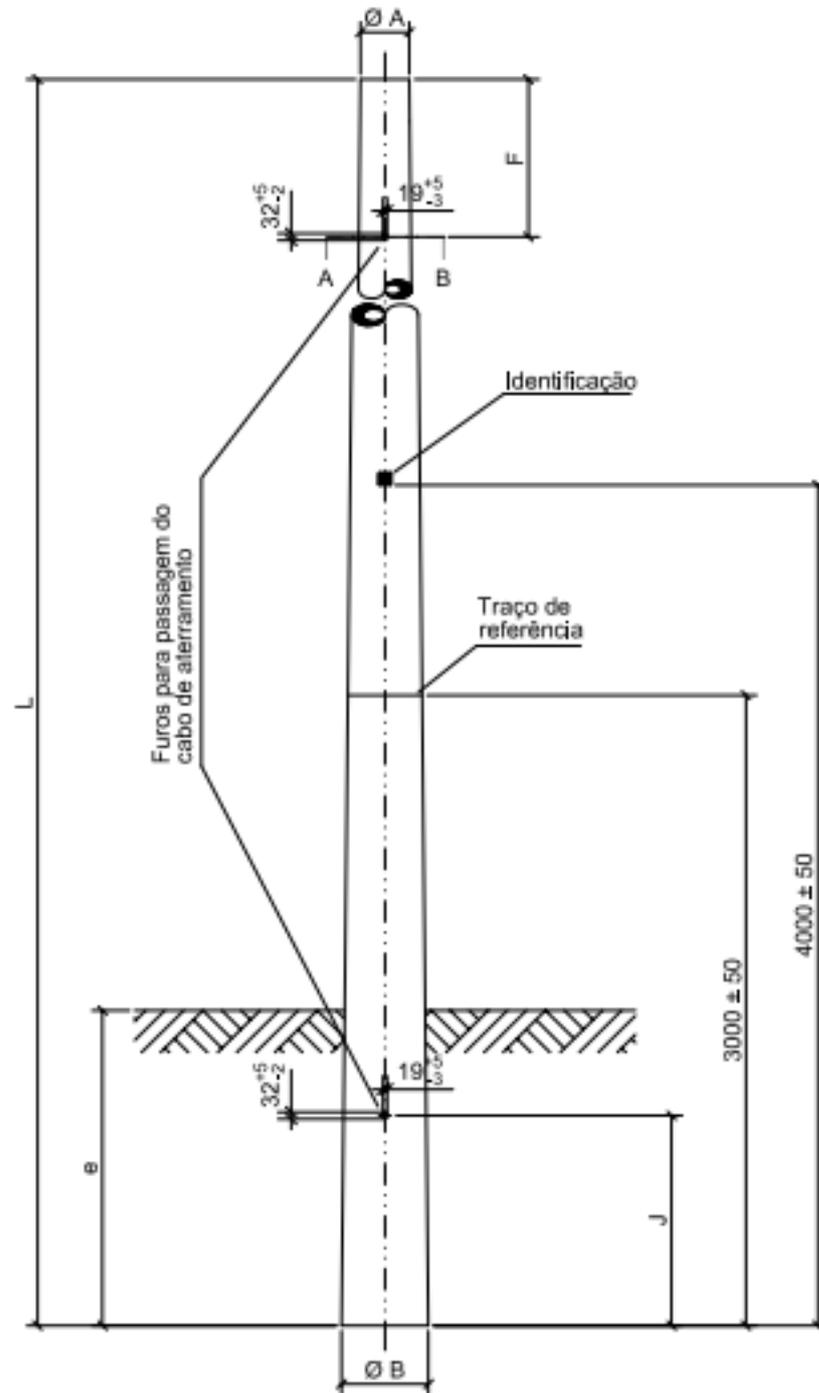
Já a rede secundária tem início nos transformadores trifásicos que transformam a rede primária (MT) para secundária (BT) e operam em tensões nominais padronizadas de 380/220 V e 440/220 V. Composta por três condutores fases e em alumínio (CA), isolados em polietileno reticulado, XLPE, 90°C, tensão 0,6/1 kV e um condutor mensageiro (neutro) nu em alumínio-liga (CAL), dentro das especificações da NTC-08 (CELG D, 2015). As características físicas e mecânicas são apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3 - Características Físicas Dos Cabos Multiplexados**

Formação Seção Nominal (mm <sup>2</sup> )	Cabo Completo	
	Diâmetro Total (mm)	Massa Aprox. (kg/km)
3x1x35+35	28,0	490
3x1x70+70	38,0	890
3x1x95+70	41,6	1200
3x1x120+70	44,5	1420

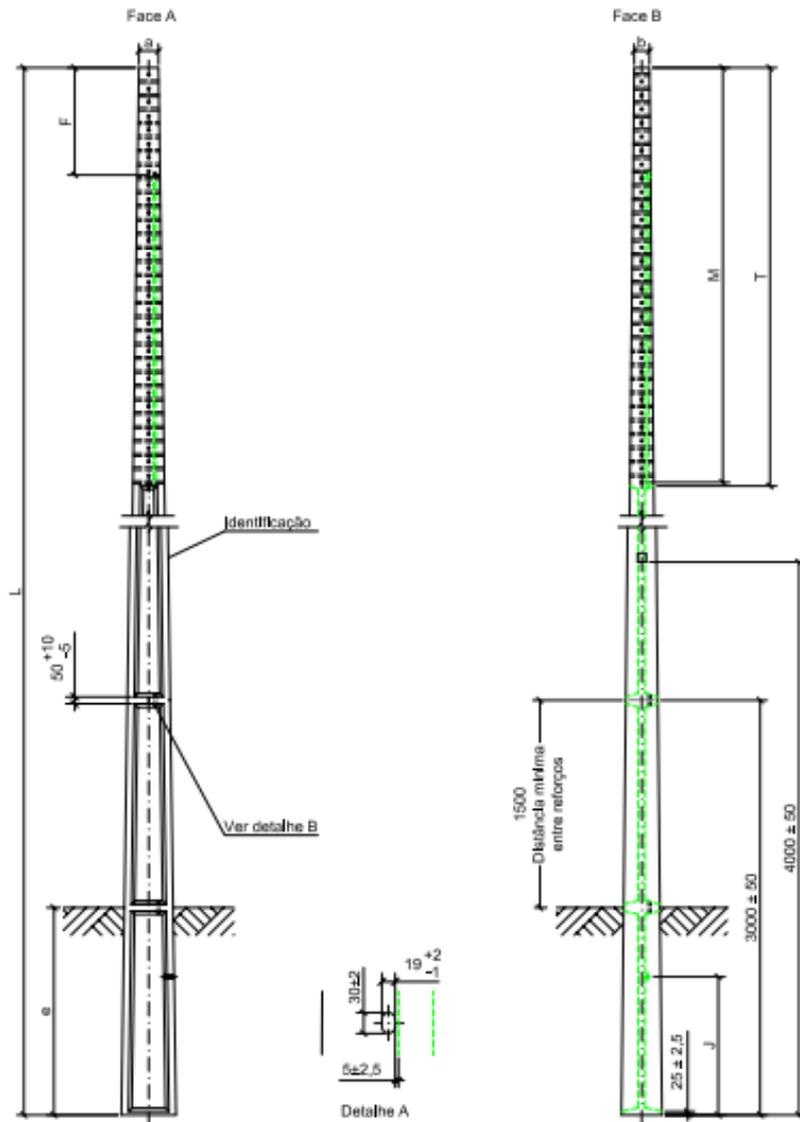
Fonte: NTC08 – CELG D (2015, com adaptações.).

Figura 1 - Poste de Concreto Circular



Fonte: NTC01 (CELG, 2014).

Figura 2 - Poste de Concreto Seção Duplo T

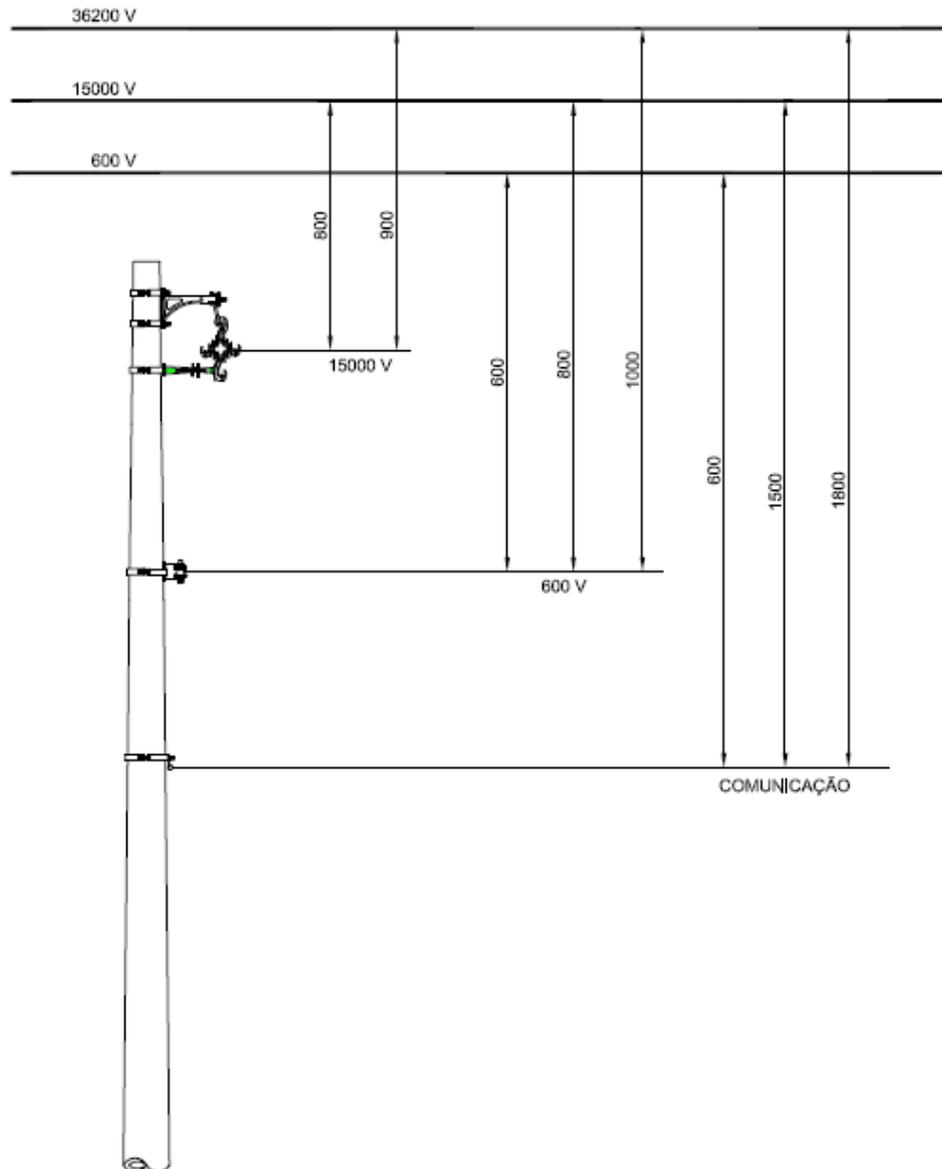


Fonte: NTC01 (CELG, 2014).

### 2.3.3 Afastamentos Mínimos

Na NTC 08 (CELG D, 2015) são determinados afastamentos mínimos em relação aos pontos energizados, e não de fixação, portando entre o cabeamento de comunicação e os cabos de BT o afastamento deve ser de 600mm, em relação aos cabos da RD em 13,8 kV o afastamento é de 1500mm e em relação aos cabos da RD em 36,2 kV afastamento de 1800mm, portanto entre a MT e a BT deve ser assegurado 800mm, conforme detalhado na Figura 3

**Figura 3 - Afastamentos Mínimos de RDs e Comunicação**



Fonte: NTC08 (CELG, 2015).

Tais afastamentos, asseguram a segurança do cabeamento não energizado e dos trabalhadores que irão operar sejam os cabos energizados ou não energizados, mas que em função da distância entre cabos energizados e de comunicação inferior à 700mm estão dentro da Zona de Risco determinada pela NR-10 SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE (ENIT, 2004) e assim exigem treinamento especial para seus operadores devido aos riscos de contato com partes energizadas, indução, descargas atmosféricas, estática e campos elétricos e magnéticos.

## 2.4 COMPARTILHAMENTO DE INFRAESTRUTURA

O Compartilhamento visa a utilização da infraestrutura das redes de distribuição elétrica pelas empresas de telecomunicação, mas que apesar de aparado por uma lei, muita das vezes a relação detentora/ocupante tende a ser conflituosa, seja pelo uso diferente do que foi construído inicialmente ou a enorme demanda dos setores de telecomunicação que tendem a utilizar além da infraestrutura delimitada e que colocar em risco a integridade e o fornecimento de serviços da detentora, como abordou Bandos (2018) em sua tese.

### 2.4.1 Faixa de Ocupação e Afastamentos Mínimos

O compartilhamento é realizado em cima da capacidade ociosa da infraestrutura da Detentora (ENEL), essa disponibiliza uma faixa de 500mm para que as empresas interessadas possam ocupar este espaço, utilizando pontos de fixação para garantir a sustentação mecânica dos cabos. É permitido até 6 pontos de fixação ou passagem de cordoalha, onde cada empresa ou grupo controlado pela empresa é permitido a utilização de apenas um único ponto de fixação.

Contudo, é possível que a ocupante passe com outros cabos no mesmo poste, desde que este o conjunto não ultrapasse 65mm de diâmetro e não inviabilize a utilização de outros pontos de fixação. Do mesmo modo também é definido o distanciamento de 100mm entre a flecha de cabos correspondentes além de valores mínimos para o afastamento entre os condutores e o solo, conforme Tabela 4.

**Tabela 4 - Distâncias Mínimas de Segurança entre os Condutores da Ocupante e o Solo**

<b>Natureza do Logradouro</b>	<b>Distâncias mínimas (h) (mm)</b>
Vias exclusivas de pedestre em áreas rurais	3000
Vias exclusivas de pedestre em áreas urbanas	3000
Estradas rurais e áreas de plantio com tráfego de máquinas agrícolas	6000
Ruas e avenidas	5000
Entradas de prédios e demais locais de uso restrito a veículos	4500
Rodovias federais	7000
Ferrovias não eletrificadas e não eletrificáveis	6000

Fonte: Especificação Técnica N° 278 (ENEL, 2018).

Na Figura 04 são representadas as características da infraestrutura considerando os afastamentos mínimos previstos na Tabela 04, representados pela cota "h", além do espaço destinado para ocupação das empresas interessadas no compartilhamento de infraestrutura (500mm), o afastamento mínimo entre o primeiro ocupante e o equipamento de iluminação pública de 100mm e também o afastamento "L" apresentado na Tabela 05.

**Figura 4 - Afastamentos Mínimos - Distância "h"**



Fonte: Especificação Técnica Nº 278 (ENEL, 2018)

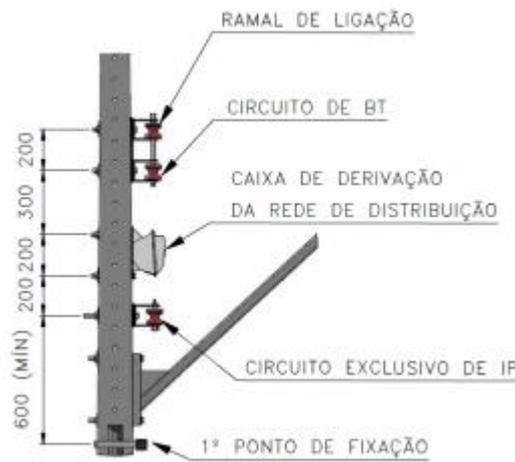
**Tabela 5 - Distâncias Mínimas de Segurança entre Condutores da Rede Elétrica e Cabos de Telecomunicações**

<b>Tensão Máxima entre as Fases da Rede de Distribuição da Distribuidora</b>	<b>Distâncias Mínimas (mm)</b>
Até 1.000 V 600	600
Acima de 1.000 V até 15.000 V 1.500	1.500
Acima de 15.000 V até 35.000 V 1.800	1.800

Fonte: Especificação Técnica Nº 278 (ENEL, 2018).

Soma-se aos valores de “L” mais 100mm entre o ponto de primeiro ponto de ocupação e a rede de Baixa tensão, tais afastamentos garantem a integridade dos cabos na faixa de ocupação, dos prestadores de serviço sejam eles da Detentora ou da Ocupante quanto a choques ou descargas elétricas e também dos pedestres que transitam abaixo destas redes e que por ausência de conhecimento técnico se encontram expostos a possíveis acidentes. Na Figura 05 é mostrado a que é destinado cada espaço no poste.

**Figura 5 - Afastamentos Mínimos - Distância "L"**



Fonte: Especificação Técnica N° 278 (ENEL, 2018).

## 2.5 DEFINIÇÕES DOS ESFORÇOS MECÂNICOS

### 2.5.1 Características Gerais

Hibbeleler em seu livro Resistência dos Materiais (2010) defini vigas como elementos delgados que suportam carregamentos aplicados perpendicularmente a seu eixo longitudinal, tal definição é válida para postes de concreto armado de postes devido suas características semelhantes à das vigas.

De acordo com Wazen (2011, P.15) para que os cabos aéreos que transportam a energia sejam sustentados de forma eficaz e segura, são necessárias estruturas específicas para cada nível de tensão e para diferentes tipos de relevos a serem transpostos. Assim, de acordo com as especificidades de cada projeto, as estruturas adotadas podem ser metálicas, de concreto ou mesmo de madeira.

Portanto, a estrutura deve ser dimensionada para suportar o momento fletor resultante nas direções em que haja esforços, visando resistir cargas excepcionais de equipamentos que

venham a ser instalados nos postes e por isso estes devem suportar uma carga de ruptura não inferior a duas vezes sua carga nominal para seções circulares e para os de seção duplo T, sua fase vazada deve garantir 50% da capacidade de sua fase lisa, conforme NTC 01 (CELG D, 2014).

Assim, os postes devem possuir seção circular ou duplo T, mas preferencialmente em esquinas devem ser utilizados do tipo circular devido sua resistência nominal uniforme em toda a estrutura ao contrário de postes tipo duplo T que possuem menor resistência em sua face vazada e suportar os esforços provenientes dos cabos de energia elétrica e demais equipamentos da Detentora, oferecer margem de segurança para que sua capacidade ociosa seja compartilhada para com as empresas interessadas.

#### 2.5.1.1 Limite de Carregamento e Resistência de Ruptura do Poste

A concessionária Light do Rio de Janeiro, cidade está que hoje é atendida pelo grupo ENEL, em seu procedimento técnico “Dimensionamento de postes para redes de distribuição aérea de energia elétrica” PTL0426DT/18-R00 apresenta definições importantes referentes a estrutura e características da estrutura, como o limite de carregamento é a sobrecarga de 40% da carga nominal, onde o limite elástico não será atingido e assim garante que a peça retornara a seu estado original, enquanto a resistência de ruptura é o carregamento que provoca o fracionamento da seção transversal, seja pelo excesso de esforço mecânico que flexiona a peça ou por ultrapassar o limite útil de resistência da fundação.

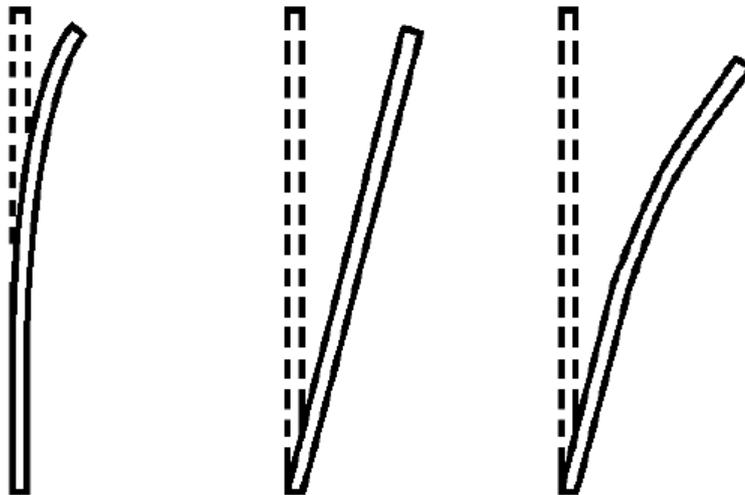
#### 2.5.1.2 Tração de Projeto

Compreende-se a tração de projeto como a maior tração que o cabo será submetido durante sua vida útil. Esta tração é utilizada para o cálculo dos esforços mecânicos no poste segundo critérios pré-estabelecidos como a variação da temperatura ambiente, o ângulo formado devido a mudança de direções da rede, a tração de montagem e a flecha que se relaciona ao tamanho do vão conforme definições da PTL0426DT/18-R00.

### 2.5.2 Determinação dos Esforços Mecânicos

Os esforços mecânicos atuantes sobre os postes são classificados em três tipos: Esforços de tração, Esforços externos, Esforços de compressão, que quando aplicados sobre as estruturas podem causar a flexão do poste quando o esforço mecânico ultrapassa a sua carga nominal, inclinação do poste devido o esforço ultrapassar o limite útil de resistência da fundação e flexão e inclinação do poste por ter excedido os limites do poste e da fundação, conforme exemplo na Figura 06.

**Figura 6 - Deformação dos Postes**



Fonte: PTL0426DT/18-R00 (LIGHT, 2018).

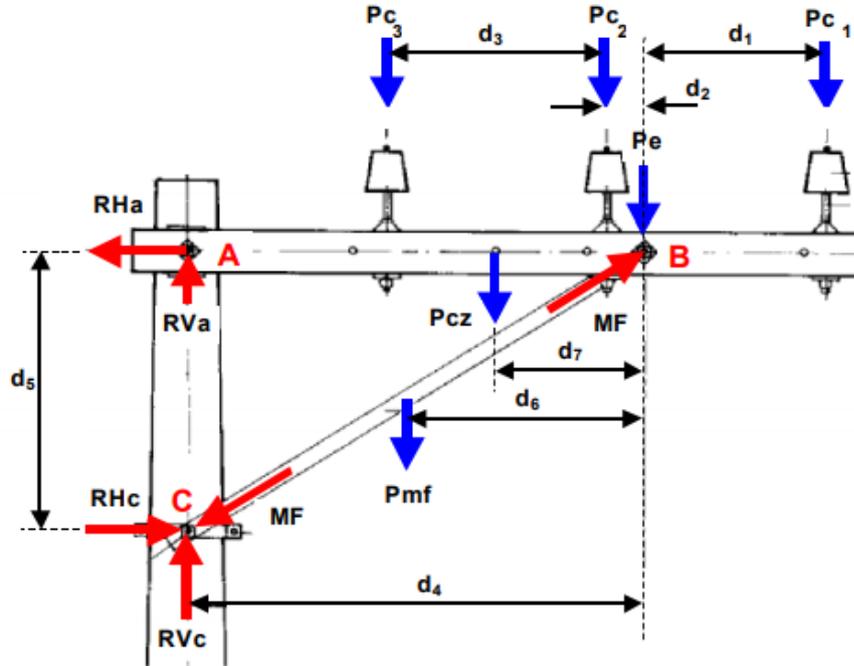
A empresa ELETROUPAULO (hoje pertencente ao grupo Enel), padronizou procedimentos para dimensionamento de postes de concreto na AES ELETROUPAULO RT-2003 que definiu os principais esforços atuantes sobre a estrutura que podem ser verticais, horizontais ou momentos fletores.

#### 2.5.2.1 Esforços Verticais

Os esforços verticais atuantes na estrutura dos postes, são cargas paralelas ao seu eixo, mas que, normalmente afastadas do eixo provocam esforços de compressão e flexão através do peso da rede, peso dos equipamentos e das redes em desnível.

O peso da rede é a resultante do peso de condutores, isoladores, cruzetas, ferragens, peso do próprio electricista e a pressão do vento. Na Figura 07 é apresentado um exemplo dos componentes associados ao peso da rede:

Figura 7 - Esforços Verticais Nos Postes



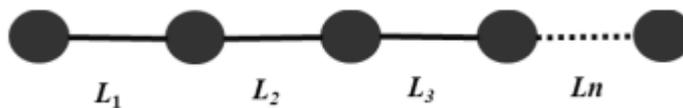
Fonte: RT 2.003- AES Eletropaulo (2003).

Quanto a parcela do peso do cabo, está relacionada à disposição da rede que normalmente são compostos de vão contínuos e nessa situação considera-se o valor do vão equivalente ( $Leq$ ) multiplicado pelo metro linear do cabo, enquanto que para postes em final de linha é considerado a metade do valor obtido entre o produto do vão equivalente e o peso do metro linear, já para casos de vãos descontínuos e cabos diferentes é somado a metade do produto da multiplicação do vão pelo peso linear do cabo naquele vão. Para o cálculo do ( $Leq$ ), utiliza-se a Equação 01:

$$Leq = \sqrt{\frac{L1^3 + L2^3 + L3^3 + \dots + Ln^3}{L1 + L2 + L3 + \dots + Ln}} \quad (01)$$

Onde  $L1, L2, L3...Ln$  representam os vãos correspondentes ao lançamento de um trecho da rede (Figura 08)

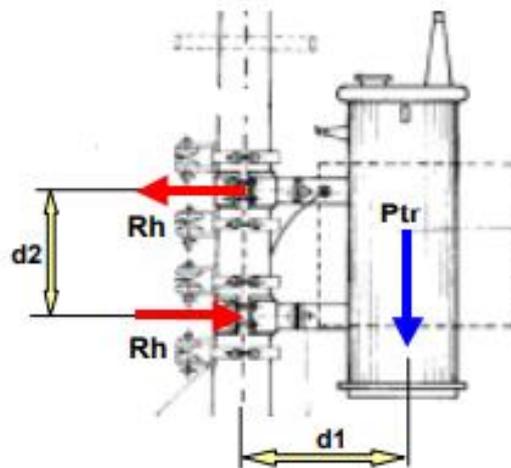
Figura 8 - Vãos Entre os Postes da Rede



Fonte: SILVA (2019).

Os equipamentos das redes de distribuição vinculados a determinado poste também geram esforços sobre sua estrutura (Figura 09), devido ao peso próprio do equipamento em relação ao eixo vertical do poste e conseqüentemente nos suportes de fixação devido a transferência de carga para o eixo do poste que ocasiona esforços de compressão e momento.

**Figura 9 - Peso da Rede Devido Equipamentos**



Fonte: RT 2.003- AES Eletropaulo (2003).

Já para redes de distribuição em desnível, além do peso da rede é adicionado a resultante da tensão de projeto que poderá ser de tração ou compressão conforme o desnível analisado, como apresentado nas Figuras 10, 11 e 12.

Onde:

$\beta$  e  $\mu$ : Representam os ângulos da rede em relação a linha de horizonte em ambos os lados, que para efeito de cálculo são considerados positivos quando abaixo da linha do horizonte (Figura 11) e negativos quando acima da linha (Figura 12).

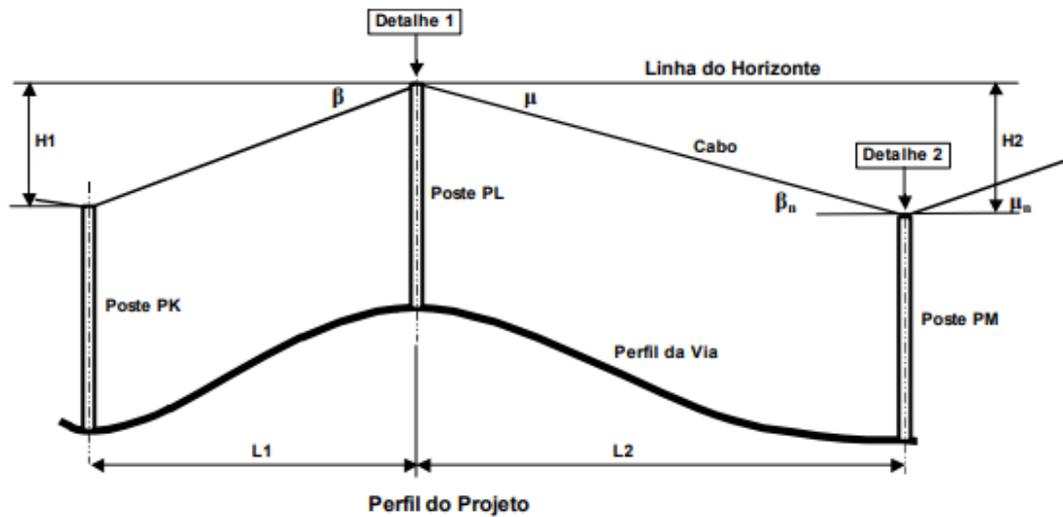
$V_n$ : o peso do cabo, isoladores e demais componentes da rede.

$T$ : tensão de projeto do cabo, esse valor tende a ser disponibilizados por fornecedores ou distribuidores.

$R_c$ : resultante das forças de compressão no poste (Figura 10).

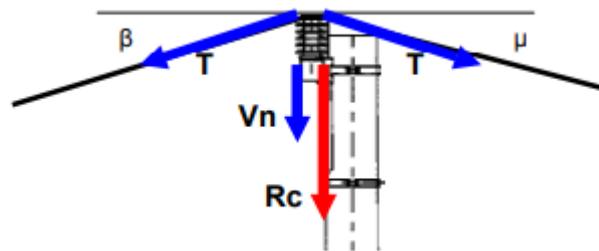
$R_t$ : resultante das forças de tração no poste (Figura 11).

Figura 10 - Rede em Desnível



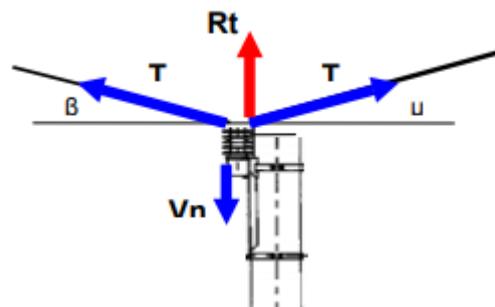
Fonte: RT 2.003- AES Eletropaulo (2003).

Figura 11 - Poste Comprimido pela Rede



Fonte: RT 2.003- AES Eletropaulo (2003).

Figura 12 - Poste Tractionado pela Rede



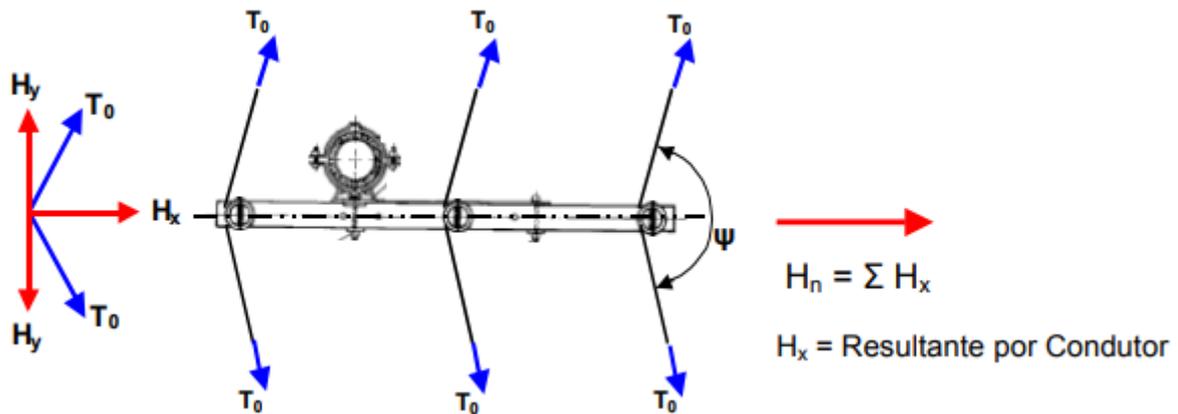
Fonte: RT 2.003- AES Eletropaulo (2003).

### 2.5.2.2 Esforços Horizontais

Já os esforços horizontais acontecem em razão da tensão resultante dos cabos devido a existência de ângulos em planta, finais de linha e etc. Diferente dos esforços verticais, os

esforços horizontais não são paralelos ao eixo do poste e causam apenas esforços de momento na base do poste junto ao solo e mínimos, no ponto de aplicação da carga que é transferida ao topo do poste. Na Figura 13 é apresentado uma situação de esforços que não são paralelos ao eixo.

**Figura 13 - Esforço Horizontal no Poste**



Fonte: RT 2.003- AES Eletropaulo (2003).

Onde:

$\Psi$ : é o ângulo da rede verificado em planta.

$T_0$ : tração de projeto do cabo.

$H_y$ : resultante dos esforços no plano horizontal na direção longitudinal da rede.

$H_x$ : resultante dos esforços no plano horizontal na direção transversal da rede.

$H_n$ : resultante dos esforços horizontais que atuará no poste.

Ao considerar as cruzetas posicionadas na bissetriz do ângulo  $\Psi$ , tensões de projetos iguais e vãos contínuos é viável garantir que a estrutura não sofrera esforços de torção e a soma das resultantes  $H_y$  serão nulas, como isso, temos a resultante  $H_x$  de cada condutor expressa pela Equação 02:

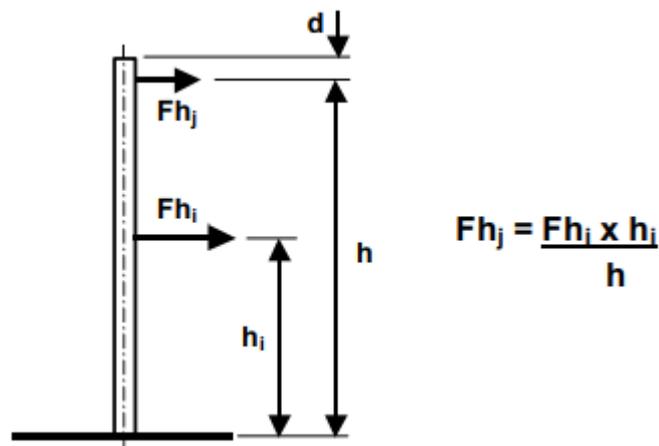
$$H_x = T_0 \times \sqrt{2 \times (1 + \cos \Psi)} \quad (02)$$

Onde a resultante total na horizontal ( $H_n$ ) atuante, será o produto da quantidade de condutores iguais pela resultante  $H_x$ .

Conforme disposto no procedimento técnico, na existência de forças aplicadas em alturas diferentes ao longo do poste, essas devem ser movidas ao ponto virtual de aplicação de

esforços horizontais no topo do poste (Figura 14), usando um valor equivalente para a força horizontal desde que seja equiparável aos diversos momentos gerados por diversas forças horizontais.

**Figura 14 - Ponto Virtual de Aplicação dos Esforços**



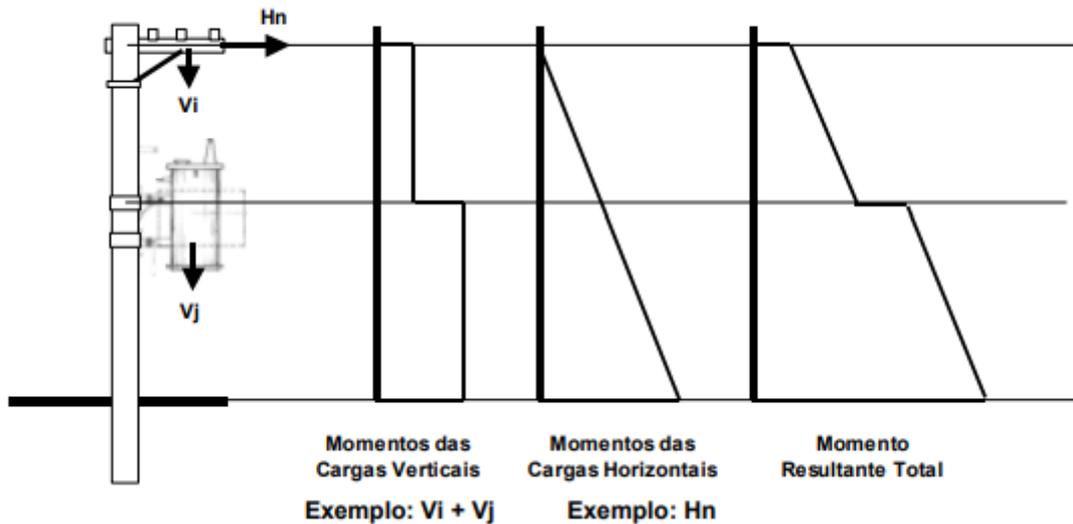
Fonte: RT 2.003- AES Eletropaulo (2003).

Com as forças horizontais no ponto virtual de aplicação também deve ser considerado o ângulo de deflexão da rede e o por meio da Lei dos Cossenos, calcular a resultante equivalente no topo do poste.

### 2.5.2.3 Momento Fletor

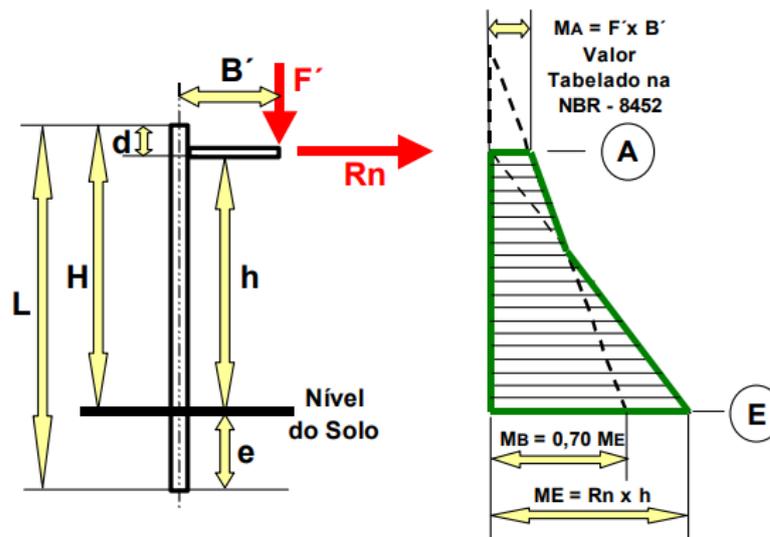
Como visto, os postes estão submetidos a esforços verticais e horizontais que precisam ser transferidos para o eixo do poste ou rebatidos para o topo que incide em cargas de momento, portanto, soma-se todos os efeitos para obter o momento resultante final e verificar se o poste está apto a suporta-la de acordo com o diagrama de esforços (Figura 15 e 16) que são disponibilizados pelo fabricante atestando que seus limites estão dentro do previsto pela norma NBR 8451-1 (ABNT, 2020) e NBR 8451-3 (ABNT, 2020).

Figura 15 - Exemplo de Diagrama de Momento



Fonte: RT 2.003- AES Eletropaulo (2003).

Figura 16 - Diagrama de Momento Fletor na NBR 8541-3



Fonte: NBR8451-3 (2020, com adaptações).

## 2.6 ANÁLISE DE ESFORÇOS ATUANTES NOS POSTES DE CONCRETO ARMADO

Ainda em seu procedimento técnico PTL0426DT/18-R0 a concessionária Light, apresenta as formulas para cálculo dos esforços em função da ação dos ventos nos cabos, nos postes e a tração dos cabos.

### 2.6.1 Ação do Vento no Cabo

Nos condutores, o vento gera um esforço horizontal sobre sua superfície. Para os vãos adjacentes, a força do vento ( $F_{vc}$ ) em um referido poste P (Figura 17) é determinado pela equação:

$$F_{vc} = F_{vc1} + F_{vc2} = P_v \times \frac{l_1}{2} \times d_1 + P_v \times \frac{l_2}{2} \times d_2 \quad (03)$$

Onde:

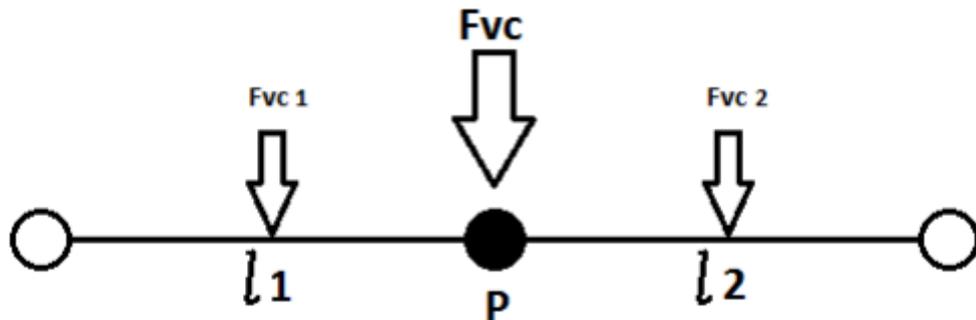
$P_v$ : Pressão do vento sobre superfícies cilíndricas (daN/m<sup>2</sup>), conforme a norma, é determinado pelo cálculo de  $P_v = 0,00471 * V_k^2$ :

$V_k$ : é a velocidade característica do vento, segundo critérios da NBR 6123 (km/h).

$l$ : comprimento do vão (m).

$d$ : diâmetro do condutor (m).

Figura 17 - Força do Vento em Vãos Adjacentes



Fonte: NTL 000 - SET/87 – Light (2018).

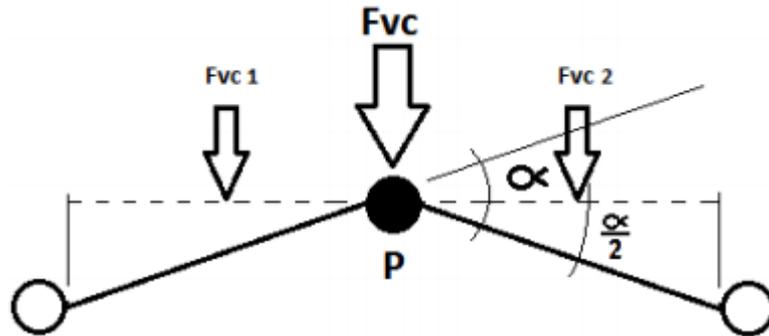
Enquanto que para postes em que a mudança de direção cria ângulos de deflexão (Figura 18), o comprimento do vão é multiplicado por  $\frac{\alpha}{2}$ .

$$F_{vc} = F_{vc1} + F_{vc2} = P_v \times \frac{l_1 \times \left(\cos \frac{\alpha}{2}\right)}{2} \times d_1 + P_v \times \frac{l_2 \times \left(\cos \frac{\alpha}{2}\right)}{2} \times d_2 \quad (04)$$

Onde:

$\alpha$ : ângulo de deflexão devido a mudança de direção

Figura 18 - Ângulo de Deflexão na Rede



Fonte: NTL 000 - SET/87 – Light (2018).

### 2.6.2 Ação do Vento no Poste

No poste o esforço causado pelo vento atua horizontalmente e pode ser calculado com a equação abaixo:

$$F_{vp} = P_v S_p \quad (05)$$

Sendo:

$F_{vp}$ : força do vento no poste (daN).

$P_v$ : pressão do vento sobre superfícies cilíndrica (daN/m<sup>2</sup>),  $P_v = 0,00471 * V_k^2$ :

$S_p$ : área do poste exposta ao vento (m<sup>2</sup>), calculada como:

$$S_p = \frac{1}{2} (d_t + d_e) h \quad (06)$$

Onde:

$h$ : altura livre do poste (m).

$d_t$ : diâmetro do poste no topo (m).

$d_e$ : diâmetro do poste na linha do solo (m), determinado pela seguinte equação:

$$d_e = hC + d_t \quad (07)$$

Onde:

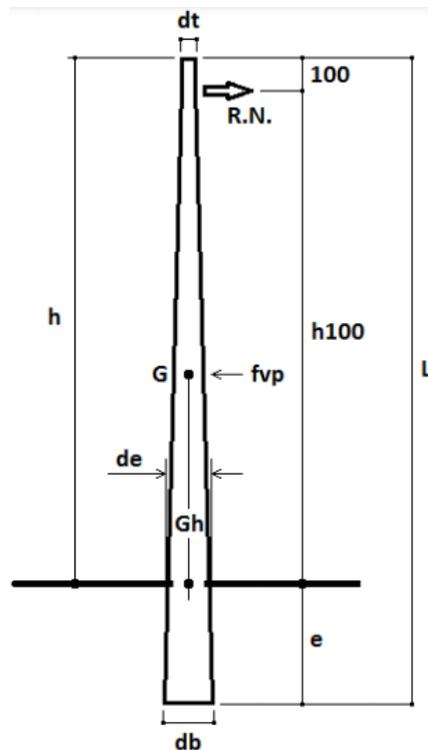
$C$ : conicidade do poste, encontrada abaixo:

$$C = \frac{db - dt}{L} \quad (08)$$

Por suposição, a força do vento é aplicada no centro de gravidade (G – Figura 19) do poste, através da Formula 09:

$$Gh = \frac{de + 2dt}{de + dt} \times \frac{h}{3} \quad (09)$$

**Figura 19 - Elementos Para Cálculo da Força Vento no Poste**



Fonte: NTL 000 - SET/87 – Light (2018).

### 2.6.3 Tração dos Condutores e Cabos Ópticos

De acordo com o procedimento técnico, a tração de projeto pode ser extraída da Figura 20, nos condutores em alinhamento reto caso os vãos adjacentes sejam iguais a Resultante de Tração ( $R_t$ ) será  $R_t = 0$ , já para os postes de final de linha  $R_t = Tl$ , demandando cálculos apenas para situações de postes em ângulos de deflexão (Figura 20) e a Formula 10.

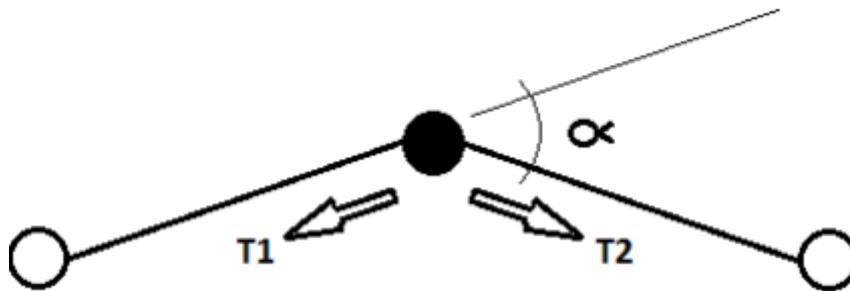
$$R_t = \sqrt{T_1^2 + T_2^2 + 2 \times T_1 \times T_2 \times \cos(180^\circ - \alpha)} \quad (10)$$

Sendo:

$T_1$  e  $T_2$ : Tração do condutor, apresentados na Figura 20.

$\alpha$ : ângulo de deflexão.

**Figura 20 - Tensão em Postes com Ângulo de Deflexão**



Fonte: NTL 000 - SET/87 – Light (2018).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo analisamos um trecho da rede de distribuição elétrica da ENEL, onde existe o compartilhamento de infraestrutura com empresas de telecomunicação com excedente de ocupantes em relação ao que é determinado pela detentora. Com isso, será realizado o levantamento dos dados dos postes em campo utilizando o aplicativo Map Maker.<sup>1</sup>

Após a coleta, foi efetuado o dimensionamento dos esforços aplicados nos postes por meio das formulas apresentadas no decorrer do estudo e identificado sobrecarga sobre os pontos analisado não compromete a estrutura do poste ou a coloca em risco de colapso, com isso, sugerindo uma possível atualização da norma aumentando a possibilidade de ocupantes legalizados ou reforçar a necessidade de conscientização das ocupantes quanto o risco de colapso do poste.

#### 3.1 APROVAÇÃO DO COMPARTILHAMENTO

Para obtenção do contrato de compartilhamento, o projeto de esforços é fundamental para a aprovação do pedido, por apresentar os detalhes e características dos esforços que serão impostos a infraestrutura e em alguns casos determinar a necessidade de substituição do poste devido a carga que será exposto.

As regras para este compartilhamento são baseadas nas NBR's, Leis e normas específicas da detentora da infraestrutura na região desejada, citadas anteriormente neste trabalho. Será adotado também as normas técnicas admitidas pela ENEL, atual responsável pela rede elétrica no estado de Goiás, tais como a Especificação Técnica nº 115, Especificação Técnica nº 278, Plano de Ocupação de Infraestrutura e normas de outras concessionárias que hoje são geridas pela ENEL.

#### 3.2 ESCOLHA DA REGIÃO

Para este estudo, buscamos uma área que fosse conhecida na cidade, com alto fluxo de veículos/pessoas e fosse de grande importância econômica seja pelos imóveis, comércios ou

---

<sup>1</sup> Aplicativo para marcação de pontos e coleta de coordenadas geográficas, além de outras informações que podem ser vinculadas ao ponto inserido. Disponível para aparelhos IOS e Android em suas respectivas lojas de aplicativos em sua versão gratuita (utilizada para o estudo), porém possui versão paga.

grande fluxo de transeuntes. A partir destes critérios encontramos três possibilidades: Av. Minas Gerais – Jundiaí, R. Eng. Portela – St. Central e Av. Brasil Sul – Vila Santa Rita.

Encontrarmos ocupantes além do permitido, nas três regiões citadas mas optou-se por realizar o estudo na região Central de nossa cidade onde é comum o comércio ambulante em calçadas e alto fluxo de pedestre, sujeitos aos impactos de possíveis falhas estruturais do objeto de estudo.

### 3.3 MÉTODO DE COLETA DE DADOS

#### 3.3.1 Mapa do Trajeto

Como definido no item 3.2, o estudo ocorreu em um trecho da R. Eng. Portela – St. Central com extensão de 317 metros e total de 15 postes, conforme a Figura 21:

**Figura 21 - R. Eng. Portela - St. Central**



Fonte: Google Earth (28/03/2021).

#### 3.3.2 Map Maker

Definido o trajeto onde seria realizado o estudo, foi feito o levantamento em campo para coleta dos dados de cada poste. Nesta etapa será utilizado o aplicativo MAP MAKER para coleta de imagens de cada poste e das seguintes informações:

- Número do Ponto
- Coordenadas Geográficas (latitude e longitude);
- Altura/Peso;
- Tipo de Poste (CC, DT ou Madeira);

- Rede BT/MT;
- Quantidade de Ocupantes;
- Vão;

Após a coleta, é possível preencher a planilha com as informações necessárias para realizar o cálculo dos esforços aplicados em cada poste, segue Tabela 6 com os dados coletados:

**Tabela 6 - Dados Coletados em Campo**

<b>Nº Ponto</b>	<b>Lat.</b>	<b>Long.</b>	<b>Alt./Peso</b>	<b>Tipo</b>	<b>MT</b>	<b>BT</b>	<b>Ocup.</b>	<b>Vão</b>
PST-01	-16.324366	-48.956098	11/300	CC	x	x		24
PST-02	-16.324443	-48.956308	11/300	CC		x		14
PST-03	-16.324526	-48.956399	11/300	CC		x		32
PST-04	-16.324814	-48.956431	11/300	CC	x	x		20
PST-05	-16.324996	-48.956451	11/300	CC	x	x		53
PST-06	-16.325473	-48.956503	11/300	CC	x	x		35
PST-07	-16.325787	-48.956529	11/300	CC	x	x		20
PST-08	-16.325963	-48.956548	11/300	CC	x	x	7 a12	19
PST-09	-16.326132	-48.956565	11/300	CC	x	x		21
PST-10	-16.326320	-48.956588	11/300	CC	x	x		20
PST-11	-16.326497	-48.956605	11/300	CC	x	x		10
PST-12	-16.326585	-48.956615	11/300	CC	x	x		12
PST-13	-16.326695	-48.956628	11/300	CC	x	x		15
PST-14	-16.326827	-48.956639	11/300	CC	x	x		25
PST-15	-16.327046	-48.956665	11/300	CC	x	x		-

Fonte: O Autor.

No cenário adotado para o estudo, foram encontrados de sete a até doze pontos de fixação nos postes, sendo que, em alguns desses pontos de fixação possuem mais de um cabo contribuinte para os esforços. Para efeito de simplificação dos cálculos, será considerado o pior cenário com doze pontos de fixação.

### 3.3.3 Parâmetros de Projeto

#### 3.3.3.1 Cabo Óptico Aéreo Autossustentado

Além das redes de distribuição os postes provem sustentação mecânica para cabos de fibra óptica, que por definição da NBR 14160/2020 – Cabo Óptico Aéreo Dielétrico Autossustentado – Especificação é definido pelo conjunto de fibras ópticas sejam multimodo ou monomodo ou multimodo revestidas em acrilato. Este conjunto de Fibras pode ser formado por conjuntos de duas a cento e quarenta e quatro fibras para vãos de 80, 120 ou 200m com revestimento Normal (NR) ou Retardante a Chama (RC). Para os cálculos, será utilizado os valores disponibilizados na especificação técnica ET-00953 v1 – 2020 da empresa Furukawa apresentado na Tabela 7 e 8.

Dado a dificuldade de identificar a quantidade de fibras de cada cabo visualizando a partir da rua, será considerado as especificações para o CABO ÓPTICO CFOA - SM - AS80-S 36F.

**Tabela 7 - Características Físicas (Cabo Aero Autossuportados com Núcleo Seco)**

<b>Quantidade Total de Fibras</b>	<b>Massa Nominal (Kg/km) vão máximo 80m - AS80-S</b>
	<b>Revestimento Externo NR</b>
2 a 12	81
18 a 36	98
48	123
72	124
96	143
120	176
144	234

Fonte: Especificação Técnica ET00953 v1 (Furukawa, 2020 com adaptações).

Tabela 8 - Diâmetro do Cabo Aereo Autossuportados Com Núcleo Seco

Quantidade Total de Fibras	Diâmetro externo (mm) vão máximo 80m - AS80-S
2 a 12	10.6 ± 0,2
18 a 36	11.5 ± 0,2
48	11.9 ± 0,2
72	12.9 ± 0,2
96	14.0± 0,2
120	15.8 ± 0,2
144	18.2 ± 0,2

Fonte: Especificação Técnica ET00953 v1 (Furukawa, 2020 com adaptações).

### 3.3.3.2 Cálculo da Força do Vento

A ação do vento no cabo é calculada pela formula 03, onde é necessário determinar o valor da Velocidade Característica do Vento ( $V_k$ ), considerando os parâmetros da NBR 6123 (ABNT, 1998).

- $V_0 = 30$  m/s, velocidade básica do vento encontrada no Mapa das Isopletras onde a velocidade básica do vento é apresentada através de linhas semelhantes a curvas de níveis de acordo com dados de cada região (Figura 22).
- $S_1 = 1,00$  – Fator em relação ao relevo (Plano ou Pouco Acidentado).
- $S_2 = 0,74$  – Fator que considera a rugosidade do terreno e o número de obstáculos altos e grandes, classificados como categoria 5, classe A da Tabela 9.
- $S_3 = 0,95$  – Edificações com médio teor de ocupação fator que considera o grau de segurança e ocupação durante vida útil da estrutura.

Portanto, a Velocidade Característica ( $V_k$ ), é dada por:

$$V_k = V_0 \times S_1 \times S_2 \times S_3 \quad (11)$$

$$V_k = 30 \times 1,0 \times 0,74 \times 1,0$$

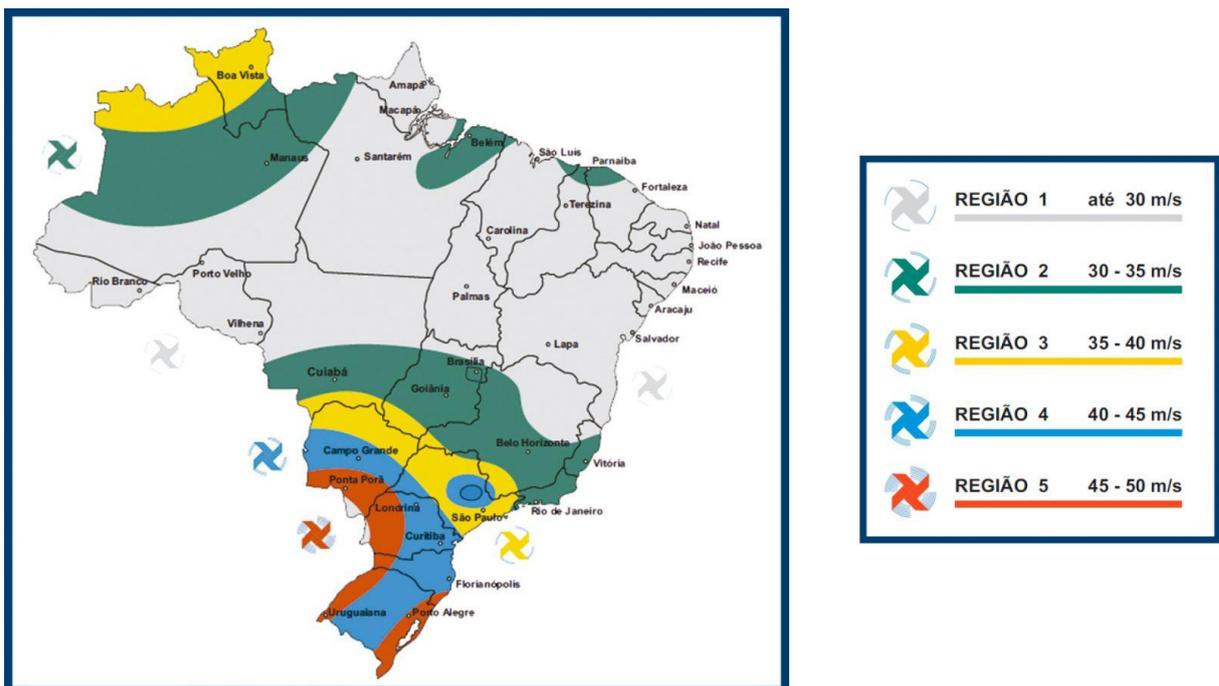
$$V_k = 22,20\text{m/s} = 79,92\text{ Km/h}$$

Tabela 9 - Fator S2

z (m)	Categoria		
	V		
	Classe		
	A	B	C
5	0,74	0,72	0,67
10	0,74	0,72	0,67
15	0,79	0,76	0,72

Fonte: NBR 6123 (ABNT, 1998 com adaptações).

Figura 22 - Mapa das Isopletas



Fonte: <https://www.reikiamerica.com.br/>.

### 3.3.3.3 Cálculo da Tração de Projeto

Para determinar as resultantes de tensão (formula 10), é necessário calcular o valor da tração de cada condutor em relação ao vão. A concessionária Light já disponibiliza esses valores de tração para os condutores, mas para este estudo serão considerados os parâmetros da Enel,

que não disponibiliza os valores de tração de projeto de cada condutor e apenas os de ruptura. Então, será determinado utilizando os valores do peso nominal e diâmetro (Tabelas 01, 02 e 03) pela formula 12 que relaciona o peso próprio do cabo a pressão do vento que atua sobre o mesmo e determina a carga resultante e pela formula 12 e posterior aplicação na formula 15 e obtenção do valor da tração gerada pelo condutor ou na formula 16 quando houver dois ou mais lances.

$$R = \sqrt{P^2 + H^2} \quad (12)$$

Onde:

*R*: Carga Resultante.

*P*: Peso Próprio do Cabo (kg/m).

*H*: Componente Horizontal, devido ao vento (kg/m), calculado como:

$$H = p \times D \quad (13)$$

Sendo:

*D*: Diâmetro do Cabo (m).

*p*: Pressão do Vento por Unidade de Área, expresso pela Formula 14.

$$p = V^2 \times 0,0011664 \quad (14)$$

Obtendo o Esforço Total, através da Formula 15:

$$T = \frac{R \times L^2}{8 \times f} \quad (15)$$

Ou

$$T = \frac{R \times Leq^2}{8 \times f} \quad (16)$$

Onde:

*T*: Esforço Total (kgf);

*L*: Comprimento do Lance (m);

$R$ : Carga resultante (kg/m);

$Leq$ : Vão Equivalente (m);

$f$ : Flecha (m), considerar 1% do vão;

## 4 CÁLCULOS E RESULTADOS

### 4.1 PARÂMETROS GERAIS

Como abordado no tópico 2.4.1, ocupação é compreendida como fixação ou passagem do cabo pelo poste e, portanto, nem todos que passam pela infraestrutura estão ancorados e gerando esforços. Na Tabela 06, apresentamos a quantidade de fixação por postes e seria necessário o cálculo de todos eles, porém neste trabalho foram consideradas 8 pontos de ancoragem por poste e desenvolvimento dos cálculos apenas para o PST-01 (início da rede), no PST-02 e PST-03 onde ocorre mudança de direção e forma-se ângulos de deflexão conforme PTL0426DT/18-R0, no PST-07, PST-11 para que não ultrapassagem uma sequência de 3 vãos sem ancoragem e também no PST-15 (fim da rede).

Para desenvolvimento dos cálculos, outros parâmetros podem ser previamente determinados para otimizar os cálculos. Tais como, a velocidade característica do vento ( $V_k$ ) obtido através da Formula 11 a pressão do vento por unidade de área determinado com a Formula 14. Para a pressão do vento ( $P_v$ ) será considerado o valor de 30,083 daN/m<sup>2</sup> a ser utilizado para determinar o valor da Força do Vento nos Condutores ( $F_{vc}$ ) atuante nos condutores sejam de MT, BT ou Fibra Óptica.

Também na Tabela 06, nota-se que todos os postes onde serão realizados os cálculos possuem altura igual a 11m e, portanto, parâmetros referentes as características físicas destes serão comuns e são calculadas abaixo:

- Conicidade ( $C$ ): 0,02 (mm/m) – Formula 08
- Diâmetro do Poste na linda do Solo ( $de$ ): 0,356m – Formula 07
- Centro de Gravidade do Poste ( $G$ ): 4,102m – Formula 09
- Área da superfície Exposta ao Vento ( $S_p$ ): 2,4459m<sup>2</sup> – Formula 06
- Força do Vento no Poste ( $F_{vp}$ ): 73,58 daN – Formula 05

Quanto as características físicas dos condutores MT/BT e do cabo óptico, serão adotados, conforme a seguir:

- Da Tabela 01, adotar condutor MT de 50mm<sup>2</sup> com 14,2mm de diâmetro e 235 kg/km;
- Da Tabela 03, adotar condutor BT de 3x1x35+35 com 28,00mm de diâmetro e 490 kg/km
- Das Tabelas 07 e 08, adotar CFOA-SM-AS80-36F com 98 kg/km e 11,70mm de diâmetro.

Aplicando os valores citados na formula 12 e 13, para obter a carga resultante dos condutores e da fibra, obtemos os resultados abaixo:

$R_{MT}$ : 0,705 kg/m

$R_{BT}$ : 0,490 kg/m

$R_{Fibra}$ : 0,098 kg/m

Definido esses parâmetros de cálculo, podem ser realizados os cálculos para os esforços de tensão atuantes na estrutura.

## 4.2 CÁLCULOS E RESULTADOS

### 4.2.1 Pst-01

#### Força de Vento nos Condutores:

Para determinar os esforços gerados sobre a superfície dos cabos condutores de MT/BT e Fibra Óptica em relação ao vento, utiliza-se a Formula 03, considerando um vão L1 de 25,00m, L2 de 20,54m, ângulo de deflexão ( $\alpha$ ): 0° e Cordoalha de Aço 9,5mm obtendo os seguintes esforços:

$$F_{vc} = F_{vc1} + F_{vc2} = P_v \times \frac{l1}{2} \times d_1 + P_v \times \frac{l2}{2} \times d_2 \quad (03)$$

$F_{vcMT}$ : 35,687 daN

$F_{vcBT}$ : 19,180 daN

$F_{vcFibra}$ : 5,592 daN



Tração dos Condutores:

Em sequência é determinado o esforço de tração gerado devido aos condutores, utilizando a formula 15, considerando um vão único:

$$T_{MT}: 39,312 \text{ daN}$$

$$T_{BT}: 28,729 \text{ daN}$$

$$T_{Fibra}: 25,161 \text{ daN}$$

Aplicação da Carga a 0,20m do topo do Poste:

E no final, considerar a aplicação desses esforços a 0,20m do topo do poste, conforme item 6.1.8.2 da Especificação Técnica nº 278:

$$F_{Vp}: \frac{4,102}{9,1} \times 73,58 = 33,17 \text{ daN}$$

$$F_{VCMT200}: \frac{9,1}{9,1} \times 35,687 = 35,687 \text{ daN}$$

$$F_{VCBT200}: \frac{7,1}{9,1} \times 19,180 = 14,964 \text{ daN}$$

$$F_{VCFibra200}: \frac{(5,50+5,60+5,65+5,70+5,75+5,80+5,85+5,95)}{9,1} \times 12,398 = 64,40 \text{ daN}$$

$$T_{MT200}: \frac{9,1}{9,1} \times 39,312 = 39,312 \text{ daN}$$

$$T_{BT200}: \frac{7,1}{9,1} \times 28,729 = 22,4149 \text{ daN}$$

$$T_{Fibra200}: \frac{(5,50+5,60+5,65+5,70+5,75+5,80+5,85+5,95)}{9,1} \times 25,16 = 126,63 \text{ daN}$$

Realizando o somatório dos esforços atuantes, obtemos o valor de **244,603 daN** atuando sobre o primeiro poste do trajeto.

#### 4.2.2 Pst-02

##### Força de Vento nos Condutores:

Considerando um vão L1 de 13,10m, L2 de 20,54, ângulo de deflexão ( $\alpha$ ) 19,32° e Cordoalha de Aço 9,5mm, aplicando na formula 03, obtendo os seguintes esforços:

$$F_{VC_{BT}}: 14,09 \text{ daN}$$

$$F_{VC_{Fibra}}: 9,108 \text{ daN}$$

##### Tração dos Condutores:

Utilizando a Formula 16 considerando neste ponto vãos contínuos e a Resultante de Tração da formula 10:

$$T_{BT1}: 105,010 \text{ daN}$$

$$T_{BT2}: 66,973 \text{ daN}$$

$$RT_{BT}: 47,32 \text{ daN}$$

$$T_{Fibra1}: 25,218 \text{ daN}$$

$$T_{Fibra2}: 16,083 \text{ daN}$$

$$RT_{Fibra}: 11,36 \text{ daN}$$

##### Aplicação da Carga a 0,20m do topo do Poste:

$$F_{VCP}: \frac{4,102}{9,1} \times 73,58 = 33,17 \text{ daN}$$

$$F_{VC_{BT200}}: \frac{7,1}{9,1} \times 14,09 = 10,99 \text{ daN}$$

$$F_{VC_{Fibra200}}: \frac{(5,50+5,60+5,65+5,70+5,75+5,80+5,85+5,95)}{9,1} \times 9,108 = 45,83 \text{ daN}$$

$$T_{BT200}: \frac{7,1}{9,1} \times 47,32 = 36,92 \text{ daN}$$

$$T_{Fibra200}: \frac{(5,50+5,60+5,65+5,70+5,75+5,80+5,85+5,95)}{9,1} \times 11,36 = 57,17 \text{ daN}$$

$$\Sigma = 184,08 \text{ daN}$$

### 4.2.3 Pst-03

#### Força de Vento nos Condutores:

Considerando um vão L1 de 29,61m, L2 de 13,10, ângulo de deflexão ( $\alpha$ ) 43,01° e Cordoalha de Aço 9,5mm, aplicando na formula 03, obtendo os seguintes esforços:

$$F_{VC_{BT}}: 17,119 \text{ daN}$$

$$F_{VC_{Fibra}}: 11,039 \text{ daN}$$

#### Tração dos Condutores:

Utilizando a Formula 16 considerando neste ponto vãos contínuos e a Resultante de Tração da formula 10:

$$T_{BT1}: 151,381 \text{ daN}$$

$$T_{BT2}: 66,973 \text{ daN}$$

$$RT_{BT}: 112,137 \text{ daN}$$

$$T_{Fibra1}: 36,364 \text{ daN}$$

$$T_{Fibra2}: 25,218 \text{ daN}$$

$$RT_{Fibra}: 24,842 \text{ daN}$$

#### Aplicação da Carga a 0,20m do topo do Poste:

$$F_{VCP}: \frac{4,102}{9,1} \times 73,58 = 33,17 \text{ daN}$$

$$F_{VC_{BT200}}: \frac{7,1}{9,1} \times 17,119 = 13,356 \text{ daN}$$

$$F_{VC_{Fibra200}}: \frac{(5,50+5,60+5,65+5,70+5,75+5,80+5,85+5,95)}{9,1} \times 11,039 = 55,558 \text{ daN}$$

$$T_{BT200}: \frac{7,1}{9,1} \times 112,137 = 87,491 \text{ daN}$$

$$T_{Fibra200}: \frac{(5,50+5,60+5,65+5,70+5,75+5,80+5,85+5,95)}{9,1} \times 24,842 = 125,028 \text{ daN}$$

$$\Sigma = 314,60 \text{ daN}$$

#### 4.2.4 Pst-07

##### Força de Vento nos Condutores:

Considerando um vão L1 de 39,36m, L2 de 20,25, ângulo de deflexão ( $\alpha$ ): 0° e Cordoalha de Aço 9,5mm, aplicando na formula 03, obtendo os seguintes esforços:

$$F_{VCMT}: 46,714 \text{ daN}$$

$$F_{VCBT}: 25,105 \text{ daN}$$

$$F_{VC_{Fibra}}: 16,288 \text{ daN}$$

##### Tração dos Condutores:

Utilizando a Formula 16 considerando neste ponto vãos contínuos e a Resultante de Tração da formula 10:

$$T_{MT1}: 346,986 \text{ daN}$$

$$T_{MT2}: 178,453 \text{ daN}$$

$$RT_{MT}: 168,495 \text{ daN}$$

$$T_{BT1}: 201,228 \text{ daN}$$

$$T_{BT2}: 103,527 \text{ daN}$$

$$RT_{BT}: 97,701 \text{ daN}$$

$$T_{Fibra1}: 48,324 \text{ daN}$$

$$T_{Fibra2}: 24,862 \text{ daN}$$

$$RT_{Fibra}: 23,462 \text{ daN}$$

##### Aplicação da Carga a 0,20m do topo do Poste:

$$F_{VCP}: \frac{4,102}{9,1} \times 73,58 = 33,17 \text{ daN}$$

$$F_{VCMT200}: \frac{9,1}{9,1} \times 46,714 = 46,714 \text{ daN}$$

$$F_{VCBT200}: \frac{7,1}{9,1} \times 25,105 = 19,587 \text{ daN}$$

$$F_{VC_{\text{Fibra200}}}: \frac{(5,50+5,60+5,65+5,70+5,75+5,80+5,85+5,95)}{9,1} \times 16,288 = 81,977 \text{ daN}$$

$$T_{MT200}: \frac{9,1}{9,1} \times 168,495 = 168,495 \text{ daN}$$

$$T_{BT200}: \frac{7,1}{9,1} \times 97,701 = 76,228 \text{ daN}$$

$$T_{\text{Fibra200}}: \frac{(5,50+5,60+5,65+5,70+5,75+5,80+5,85+5,95)}{9,1} \times 23,462 = 118,083 \text{ daN}$$

$$\Sigma = 511,084 \text{ daN}$$

#### 4.2.5 Pst-11

##### Força de Vento nos Condutores:

Considerando um vão L1 de 20,25m, L2 de 18,77, ângulo de deflexão ( $\alpha$ ): 0° e Cordoalha de Aço 9,5mm, aplicando na formula 03, obtendo os seguintes esforços:

$$F_{VC_{MT}}: 54,913 \text{ daN}$$

$$F_{VC_{BT}}: 16,539 \text{ daN}$$

$$F_{VC_{\text{Fibra}}}: 10,691 \text{ daN}$$

##### Tração dos Condutores:

Utilizando a Formula 16 considerando neste ponto vãos contínuos e a Resultante de Tração da formula 10:

$$T_{MT1}: 178,453 \text{ daN}$$

$$T_{MT2}: 165,410 \text{ daN}$$

$$RT_{MT}: 13,043 \text{ daN}$$

$$T_{BT1}: 103,527 \text{ daN}$$

$$T_{BT2}: 95,961 \text{ daN}$$

$$RT_{BT}: 7,566 \text{ daN}$$

$$T_{\text{Fibra1}}: 24,862 \text{ daN}$$

$$T_{\text{Fibra2}}: 23,044 \text{ daN}$$

$$RT_{\text{Fibra}}: 1,818 \text{ daN}$$

Aplicação da Carga a 0,20m do topo do Poste:

$$F_{\text{VCP}}: \frac{4,102}{9,1} \times 73,58 = 33,17 \text{ daN}$$

$$F_{\text{VCMT200}}: \frac{9,1}{9,1} \times 54,913 = 54,913 \text{ daN}$$

$$F_{\text{VCBT200}}: \frac{7,1}{9,1} \times 16,539 = 12,904 \text{ daN}$$

$$F_{\text{VCFibra200}}: \frac{(5,50+5,60+5,65+5,70+5,75+5,80+5,85+5,95)}{9,1} \times 10,691 = 53,807 \text{ daN}$$

$$T_{\text{MT200}}: \frac{9,1}{9,1} \times 13,043 = 13,043 \text{ daN}$$

$$T_{\text{BT200}}: \frac{7,1}{9,1} \times 7,566 = 5,903 \text{ daN}$$

$$T_{\text{Fibra200}}: \frac{(5,50+5,60+5,65+5,70+5,75+5,80+5,85+5,95)}{9,1} \times 1,818 = 9,150 \text{ daN}$$

$$\Sigma = 149,720 \text{ daN}$$

#### 4.2.6 Pst-15

Força de Vento nos Condutores:

Considerando um vão L1 de 18,77m, L2 de 30,00m e Cordoalha de Aço 9,5mm, aplicando na formula 03, obtendo os seguintes esforços:

$$F_{\text{VCMT}}: 38,220 \text{ daN}$$

$$F_{\text{VCBT}}: 20,540 \text{ daN}$$

$$F_{\text{VCFibra}}: 5,110 \text{ daN}$$

Tração dos Condutores:

Utilizando a formula 16 considerando neste ponto vãos contínuos:

$$T_{\text{MT}}: 98,930 \text{ daN}$$

$$T_{BT}: 57,409 \text{ daN}$$

$$T_{Fibra}: 23,044 \text{ daN}$$

Aplicação da Carga a 0,20m do topo do Poste:

$$F_{VCP}: \frac{4,102}{9,1} \times 73,58 = 33,170 \text{ daN}$$

$$F_{VCMT200}: \frac{9,1}{9,1} \times 38,220 = 38,220 \text{ daN}$$

$$F_{VCBT200}: \frac{7,1}{9,1} \times 20,540 = 16,025 \text{ daN}$$

$$F_{VCFibra200}: \frac{(5,50+5,60+5,65+5,70+5,75+5,80+5,85+5,95)}{9,1} \times 5,110 = 25,718 \text{ daN}$$

$$T_{MT200}: \frac{9,1}{9,1} * 98,930 = 98,930 \text{ daN}$$

$$T_{BT200}: \frac{7,1}{9,1} * 57,409 = 44,791 \text{ daN}$$

$$T_{Fibra200}: \frac{(5,50+5,60+5,65+5,70+5,75+5,80+5,85+5,95)}{9,1} \times 23,044 = 115,980 \text{ daN}$$

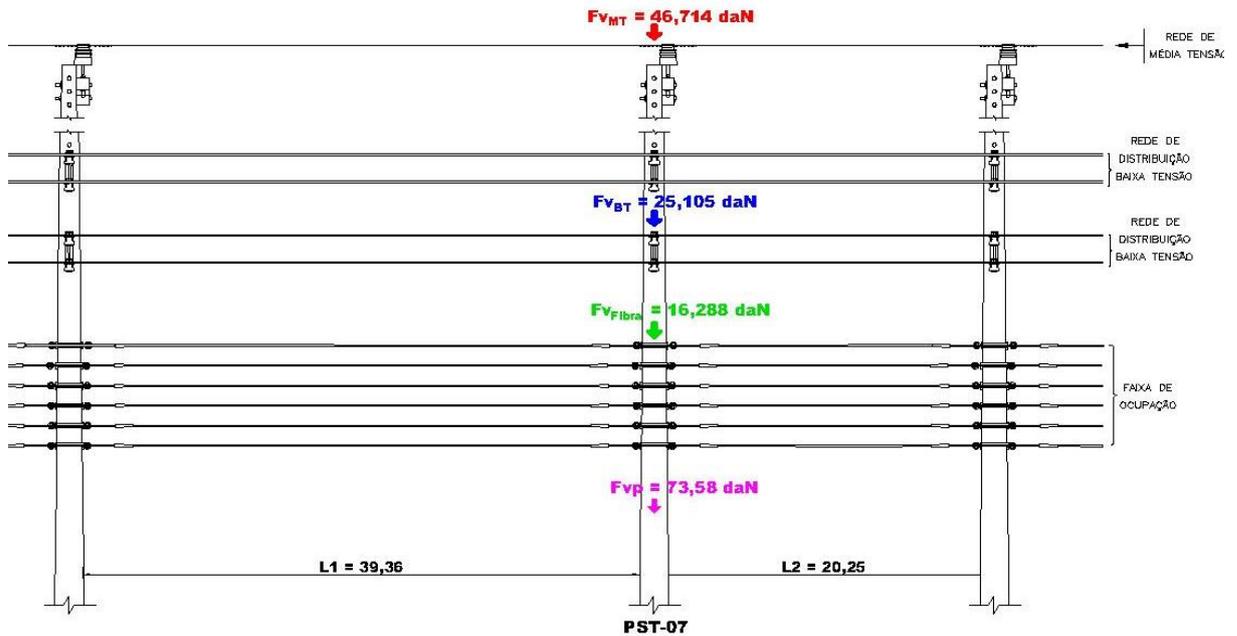
$$\Sigma = 372,834 \text{ daN}$$

#### 4.2.7 Resultados

Analisando os resultados obtidos, nota-se que apenas o poste que recebe solicitações de vãos curtos apresenta solicitações aceitáveis para sua carga nominal e que grande parte dos postes analisados atuam cargas superiores as que foram projetados para receber, e que ainda não apresentam sinais colapso devido ao seu processo de dimensionamento rigoroso onde estes são dimensionados para suportar até o dobro de sua carga nominal.

Para melhor compreensão das solicitações que atuam sobre a estrutura de um poste, na figura 23 é representa a força do vento no poste ( $F_{vp}$ ) e também a força do vento nos condutores ( $F_{vc}$ ) tais como da rede MT/BT e dos cabos de telecomunicações atuantes no PST-07 já que este apresenta o maior somatório dos esforços atuantes. As forças foram apresentadas de forma que o local onde estão plotadas é apenas para representação gráfica e não representa seu real local de aplicação pois ainda não foi calculado sua aplicação a 200mm do topo do poste.

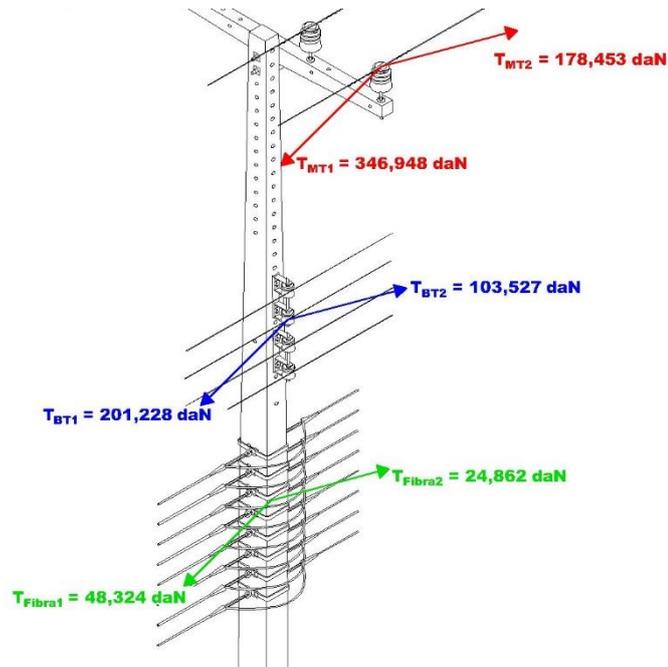
Figura 23 – Força do Vento Atuante no Poste e Condutores



Fonte: O Autor.

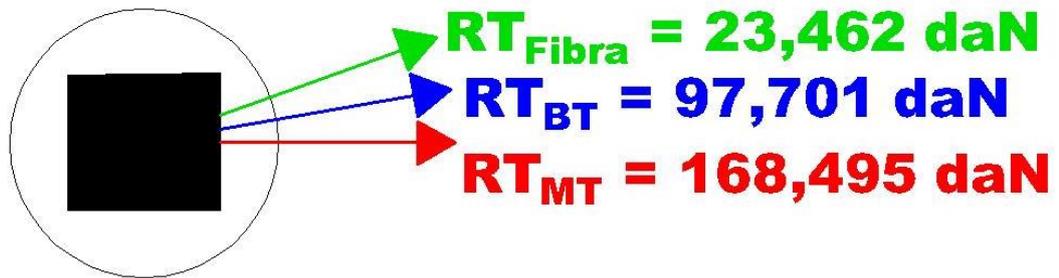
Enquanto isso, na Figura 24 é representada a força de tração em função de cada condutor, na Figura 25 o valor da resultante de tração dos condutores e na figura 26 são representados todos os esforços após a aplicação a 200mm do topo.

Figura 24 – Força de Tração dos Condutores



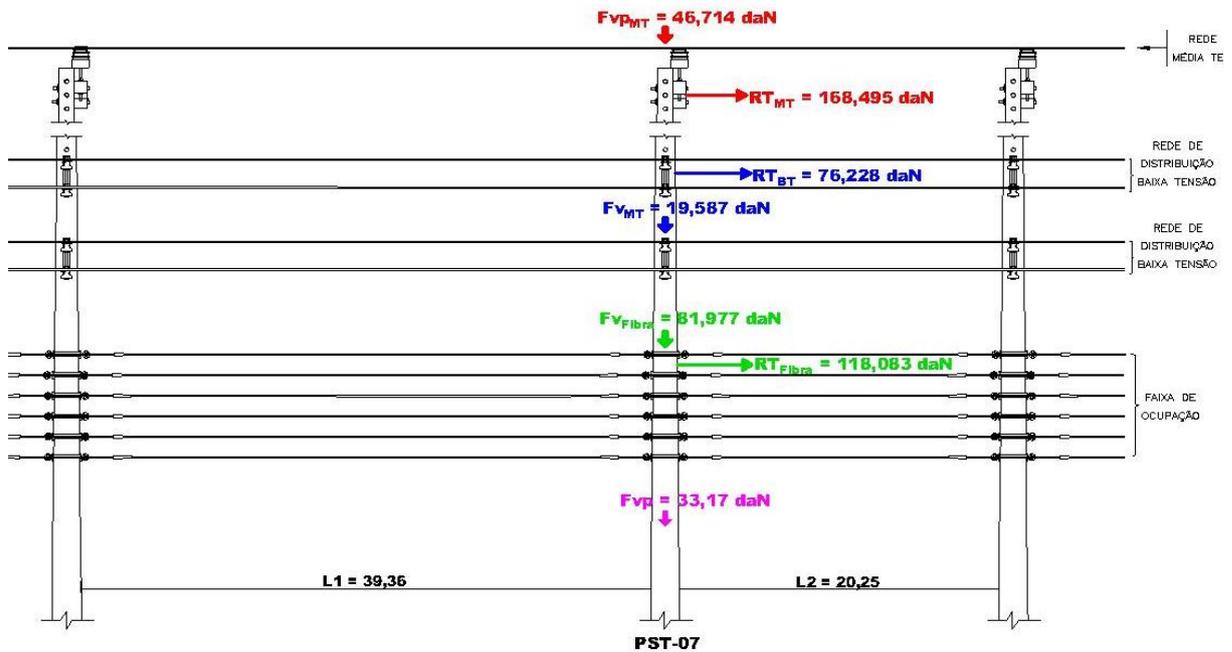
Fonte: O Autor.

Figura 25 – Resultante da Tração dos Condutores



Fonte: O Autor.

Figura 26 – Forças Atuantes



Fonte: O Autor.

Após análise das imagens é possível a melhor compreensão dos resultados consolidados na Tabela 10, é visível a influência do tamanho dos vãos no esforço aplicado na estrutura, além da grande contribuição para o somatório dos esforços das redes de MT e que nas estruturas WPT-03, WPT-07 e WPT-15 podem vir a demonstrar sinais de flexão devido ao excesso de esforço mecânico o que por projeto deverá ocorrer em situações sobrecarga de 140% o valor de sua carga nominal como prevê a NTC 01 (CELG D, 2014).

**Tabela 10 - Resultado dos Esforços**

<b>Nº Ponto</b>	<b>L1</b>	<b>L2</b>	<b>F<sub>VCp</sub></b>	<b>F<sub>VCMT</sub></b>	<b>F<sub>VCBT</sub></b>	<b>F<sub>VCfibra</sub></b>	<b>T<sub>MT</sub></b>	<b>T<sub>BT</sub></b>	<b>T<sub>fibra</sub></b>	<b>ΣTensões</b>
Pst-01	25,00	20,54		35,687	14,964	5,592	39,312	22,414	126,634	244,603
Pst-02	20,54	13,10		-	10,990	45,830	-	36,920	57,170	184,080
Pst-03	13,10	29,61		-	13,356	55,558	-	87,491	125,028	314,603
Pst-07	39,36	20,25	33,17	46,714	19,587	81,977	168,495	76,228	118,083	511,084
Pst-11	20,25	18,77		54,913	12,904	53,807	13,043	5,903	9,150	149,720
Pst-15	18,77	30,00		38,220	16,025	25,718	98,930	44,791	115,980	372,834

Fonte: O Autor.

## 5 CONCLUSÃO

Quando se iniciou a pesquisa, foram identificadas diversas situações de ocupações além da quantidade prevista em norma e isso poderia oferecer riscos tanto para as próprias redes de distribuição elétrica quanto para as de comunicação e também para as pessoas que ficam expostas sobre essas estruturas durante seu dia-a-dia. Para tanto, é necessário analisar as cargas atuantes sobre os postes para compreender e determinar quais os riscos essas ocupações indiscriminadas podem oferecer.

Por se tratar de um tema pouco debatido e informações de difícil acesso, para o desenvolvimento deste estudo, a pesquisa foi fundamentada sobre as normas existentes em âmbito nacional como as NBR'S, Resoluções e Normas Regulamentadores e também as especificações da concessionária detentora, neste caso, foram consideradas as normas da ENEL e de outros estados onde está passando a atuar além de Goiás, como Ceará, Rio de Janeiro e São Paulo. Munido dessas informações, seria necessário calcular os esforços e para isso eram necessários os dados dos postes e das redes de MT/BT, como não obtivemos essas informações com a detentora, as mesmas precisaram ser colhidas em campo.

Diante disso, a pesquisa tinha como objetivo geral avaliar através dos cálculos dos esforços e da capacidade de resistência projetada, se os postes analisados apresentariam a capacidade para suportar as cargas sobre eles impostas e constatou-se que este objetivo foi plenamente atingido pois em situações em que as cargas atuantes foram maiores que a carga nominal, a estrutura as suporta corretamente apesar de possíveis problemas futuros que essa possa vir a apresentar como a flexão até a ruptura da peça devido o carregamento ultrapassar sua resistência de ruptura ou ultrapassar o limite de resistência da fundação, ocasionando o colapso da infraestrutura.

Quanto aos objetivos específicos de identificar as normas referentes ao tema, a determinação das cargas de ruptura, da determinação de uma região para aplicação do estudo realizando o levantamento dos ocupantes, calculando esses esforços e dando notoriedade a este tema pouco conhecido, também foram amplamente atendidos.

Foram identificadas as normas nacionais como a Resolução Conjunta nº1, ABNT NBR 15214:2006, Especificação Técnica nº 278, entre outras citadas no decorrer do trabalho. Também identificado quais cargas geram esforços sobre os postes e como isso ocorre devido a relação peso x pressão do vento, e que a partir de análise dos esforços atuantes sobre cada poste, foi possível identificar que mesmo em sobrecarga, essas estruturas possuem capacidade de suportá-las.

Conclui-se que mesmo em situações de sobrecarga devido a ocupações excedentes, os postes suportam essas solicitações além da sua capacidade nominal devido ao rigoroso processo de fabricação, mas que sendo submetidos permanentemente a cargas superiores as quais fora projetado para suportar como no PST-07 onde a sobrecarga de 511 dAN é próxima da resistência de ruptura de 600 dAN, a peça poderá sofrer um encurtamento de sua vida útil ou apresentar flexão e/ou outras deformações que ameaçam a integridade física da estrutura devido a fadiga da peça.

## 5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

O trabalho poderia ter sido elaborado com maior precisão de resultados caso houvesse o apoio de equipe especializada em trabalhos em locais com risco de choque elétrico para coleta de informações quanto ao cabeamento existente ou fornecimento desses dados por parte da concessionária. Portanto, é recomendável a realização de novos estudos com maior apoio da concessionária ou de empresas interessadas, visando maior precisão das informações para realizar os cálculos com dados precisos e validar em campo a possibilidade de revisão das normas referentes ao compartilhamento visando um aumento na quantidade de ocupantes permitidos, o que seria benéfico para detentora e ocupantes. Outros aspectos que podem ser abordados em futuros trabalhos são quanto ao esforço atuante no poste devido a instalação de equipamentos, a influência da resistência da estrutura devido sua fundação, e o impacto da sobrecarga durante a vida útil da estrutura.

## REFERÊNCIAS

AES ELETROPAULO. RT-2001: **CRITÉRIOS PARA ADOÇÃO DE TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETO UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO SEM ALMA DE AÇO.** São Paulo, 2003.

AES ELETROPAULO. RT-2002: **TENSÕES MECÂNICAS ADMISSÍVEIS PARA ELABORAÇÃO E/OU VERIFICAÇÃO DE PROJETOS DE TRAVESSIAS AÉREAS UTILIZANDO CABOS SINGELOS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO.** São Paulo, 2003.

AES ELETROPAULO. RT-2003: **DIMENSIONAMENTO DE POSTE DE CONCRETO COM SEÇÃO CIRCULAR UTILIZADO EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO.** São Paulo, 2003.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO CONJUNTA N°1:** REGULAMENTO CONJUNTO PARA COMPARTILHAMENTO DE INFRA-ESTRUTURA ENTRE OS SETORES DE ENERGIA ELÉTRICA, TELECOMUNICAÇÕES E PETRÓLEO. 1 ed. Br: Aneel, 1999. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/res1999001cj.pdf>. Acesso em: 06 set. 2020;

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO N° 581:** RESOLUÇÃO. Brasil: Aneel, 2002. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/res2002581.pdf>. Acesso em: 06 out. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 797:** RESOLUÇÃO NORMATIVA. Brasil: Aneel, 2017. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2017797.pdf>. Acesso em: 06 out. 2020.

ANELL (org.). **REDES E LINHAS DE DISTRIBUIÇÃO.** Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/busca?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fbusca%3Fp\\_auth%3DI2i1iKcm%26p\\_p\\_id%3D3%26p\\_p\\_lifecycle%3D1%26p\\_p\\_state%3Dnormal%26p\\_p\\_state\\_rcv%3D1&\\_101\\_assetEntryId=15054947&\\_101\\_type=content&\\_101\\_groupId=656835&\\_101\\_urlTitle=redes-e-linhas-de-distribuicao&inheritRedirect=true](http://www.aneel.gov.br/busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_returnToFullPageURL=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Fbusca%3Fp_auth%3DI2i1iKcm%26p_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D1%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_state_rcv%3D1&_101_assetEntryId=15054947&_101_type=content&_101_groupId=656835&_101_urlTitle=redes-e-linhas-de-distribuicao&inheritRedirect=true). Acesso em: 29 out. 2020.

ALAM, Md. Morshedul; TOKGOZ, Berna Eren; HWANG, Scokyon. **FRAMEWORK FOR MEASURING THE RESILIENCE OF UTILITY POLES OF AN ELECTRIC POWER DISTRIBUTION NETWORK.** International Journal Of Disaster Risk Science. Beijing, p. 270-281. jun. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO.** 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2005. 209 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6123: **FORÇAS DEVIDAS AO VENTO EM EDIFICAÇÕES.** 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1998. 66 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8451: **POSTES DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO E DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA PARTE 1: REQUISITOS** 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2020. 37 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14039: **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE MÉDIA TENSÃO DE 1,0 KV A 36,2 KV**. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2005. 87 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14160: **CABO ÓPTICO AÉREO DIELÉTRICO AUTOSSUSTENTADO – ESPECIFICAÇÃO**. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2020. 20 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15214: **REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA — COMPARTILHAMENTO DE INFRA-ESTRUTURA COM REDES DE TELECOMUNICAÇÕES**. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2006. 19 p

BANDOS, Melissa Franchini Cavalcanti. **ANÁLISE DOS CONFLITOS, DAS NEGOCIAÇÕES E DOS CONTRATOS GERADOS PELO COMPARTILHAMENTO DE INFRA-ESTRUTURA ENTRE AS EMPRESAS REGULADAS PELAS AGÊNCIAS ANEEL, ANATEL E ANP**. 2008. 188 f. Tese (Doutorado) - Curso de Administração, Departamento de Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

BENENCASE, Paulo Ferreira. **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESTRUTURAL DE POSTES DE CONCRETO ARMADO UTILIZADOS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**. 2015. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2015.

BRASIL. **DECRETO Nº 2594**, de 15 de maio de 1998. [S. l.], disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d2594.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2594.htm). Acesso em: 29 out. 2020.

CELG D. NTC 01: **POSTES DE CONCRETO ARMADO PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO E DE TRANSMISSÃO**. 1 ed. Br: Celg, 2014. 56 p.

CELG D. NTC 07: **CRITÉRIOS DE PROJETOS DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO AÉREAS RURAIS CLASSES 15 E 36,2 kV**. 1 ed. Br: Celg, 2016. 63 p.

CELG D. NTC 15: **COMPARTILHAMENTO DE INFRAESTRUTURA COM REDES DE TELECOMUNICAÇÕES E DEMAIS OCUPANTES**. 1 ed. Br: Celg, 2013. 35 p.

CELG D. NTC 42: **CABOS NUS DE ALUMÍNIO COM ALMA DE AÇO**. 2 ed. Br: Celg, 2010. 25 p.

ENEL. **ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA NO. 115: POSTES DE CONCRETO ARMADO E PROTENDIDO**. Ceará, 2018.

ENEL. ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA NO. 278: **COMPARTILHAMENTO DE INFRAESTRUTURA DE LINHA DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA COM INFRAESTRUTURA DE TELECOMUNICAÇÕES**. Rio de Janeiro, 2019.

ENEL. **PLANO DE OCUPAÇÃO DE INFRAESTRUTURA**. Rio de Janeiro, 2018.

ESCOLA NACIONAL DA INSPEÇÃO DO TRABALHO. NR 10: **SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE**. [S.L]: Enit, 2004. Disponível em: [https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos\\_SST/SST\\_NR/NR-10.pdf](https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-10.pdf). Acesso em: 29 out. 2020.

GERÊNCIA DE ENGENHARIA E EXPANSÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO LIGHT. PTL0426DT/18-R0: **DIMENSIONAMENTO DE POSTES PARA REDES DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA DE ENERGIA ELÉTRICA**. 2018. Disponível em: <http://www.light.com.br/Repositorio/Compartilhamento%20de%20infraestrutura/PTL0426DT%2018%20R0%20.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2021.

HIBBELER, Russell Charles. **Resistência dos Materiais**. 7. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

PRAZERES, Romildo Alves dos. **COMPARTILHAMENTO DA INFRA-ESTRUTURA POSTE APÓS A UNIVERSALIZAÇÃO**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 17., 2006, Belo Horizonte: 2006. p. 1 - 10.

SILVA, Bárbara Vieira da. **ANÁLISE DOS ESFORÇOS ATUANTES EM POSTES DE CONCRETO ARMADO DEVIDO A CABOS**. 2019. 78 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019

WAZEN, R. N., **AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE DE FALHAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.