

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CÂMPUS ITAJAÍ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROELETRÔNICA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**MICHEL STUART MACHADO**

**METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS  
ELÉTRICOS DE EDIFICAÇÕES UTILIZANDO PLATAFORMA BIM**

**ITAJAÍ**

**2026**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CÂMPUS ITAJAÍ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROELETRÔNICA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**MICHEL STUART MACHADO**

**METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS  
ELÉTRICOS DE EDIFICAÇÕES UTILIZANDO PLATAFORMA BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. SAIMON MIRANDA FAGUNDES

**ITAJAÍ  
2026**

Ficha de Identificação da obra elaborada pelo autor, através do cadastro de ficha de identificação disponível no portal discente do Sistema Integrado de Gestão Acadêmica - SIGAA, do IFSC.

Machado, Michel Stuart

Metodologia para desenvolvimento de projetos elétricos de edificações utilizando plataforma bim / Michel Stuart Machado ; orientador(a): Dr. Saimon Miranda Fagundes. -- Itajaí : 2026.

163 p.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) - Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Itajaí. Curso de Bacharelado Em Engenharia Elétrica, Itajaí, 2026.

Inclui referências.

1. Projetos Elétricos. 2. Padronização. 3. Bim. I. Fagundes, Dr. Saimon Miranda. II. Instituto Federal de Santa Catarina, Curso de Bacharelado Em Engenharia Elétrica. III. Título.

**MICHEL STUART MACHADO**

**METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS  
ELÉTRICOS DE EDIFICAÇÕES UTILIZANDO PLATAFORMA BIM**

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Eletricista pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado em sua forma final pela comissão avaliadora indicada.

Itajaí, 09 de abril de 2026.

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente  
**SAIMON MIRANDA FAGUNDES**  
Data: 19/05/2026 12:31:21-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dr. Saimon Miranda Fagundes**  
Orientador

Instituto Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
**ADILSON PACHECO BORTOLUZZI**  
Data: 20/05/2026 13:04:28-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**M.e Adilson Pacheco Bortoluzzi**  
Instituto Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
**PAULO CESAR DA SILVA**  
Data: 20/05/2026 14:07:42-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Dr. Paulo Cesar da Silva**  
Instituto Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho a Deus e a todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista, especialmente nos momentos mais difíceis, quando persistir foi essencial.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me dar saúde, forças e condições de cursar esta graduação e por nunca me abandonar em momento algum.

Agradeço à minha mãe, Christiane Stuart, que sempre me incentivou a seguir meus sonhos, sempre fez de tudo para que isso pudesse acontecer e sempre me apoiou incondicionalmente, independente das minhas escolhas.

Agradeço aos meus avós, Antônio Francisco Stuart e Edna Berlim Stuart, por me apoiarem e me consolarem sempre que precisei e por serem a minha base e minha referência.

Agradeço aos meus irmãos, Leonardo Stuart Dittrich, que foi quem me incentivou a escolher este curso e me trouxe calma, orientação e me guiou nos momentos mais difíceis da graduação; e Camila Stuart Machado, por todo apoio e consideração, sem medir esforços.

Agradeço ao meu padrasto, Selmo Pedro Corrêa, pela paciência, por todo apoio, por cuidar da família e nos dar tranquilidade para que pudéssemos ir atrás dos nossos sonhos.

Agradeço a toda a família que, de alguma forma, durante o decorrer da minha vida, sempre cuidou de mim e me guiou para que pudesse estar exatamente onde estou.

Agradeço à minha namorada e companheira de vida, Karen da Cruz, por embarcar nessa jornada da vida comigo, me apoiar, me auxiliar e abrir mão de muita coisa para que eu pudesse concluir o curso, e por não me permitir desistir. Obrigado por toda compreensão e por compartilhar comigo este sonho e todos aqueles que ainda estão por vir.

Agradeço aos professores do curso, que foram essenciais para o meu desenvolvimento pessoal e profissional, em especial ao meu orientador, Dr. Saimon Miranda Fagundes, que me apoiou na ideia deste trabalho e me guiou para extrair o meu melhor.

“Entrega o teu caminho ao Senhor; confia nele, e ele o fará.” (Bíblia Sagrada, Salmos 37:5).

## RESUMO

A área de projetos de instalações elétricas ainda apresenta algumas divergências quanto ao seu entendimento e à forma de desenvolvimento. As normas que tratam desse tema, embora estabeleçam diretrizes importantes, nem sempre detalham de maneira completa como um projeto elétrico pode ou deve ser elaborado. Essa condição pode dificultar a padronização dos projetos e, em alguns casos, gerar interpretações distintas durante seu desenvolvimento e também na etapa de execução em obra. Algumas dessas normas são muito antigas e em alguns aspectos apresentam defasagens em relação a evolução do setor da construção civil e do que existe no mercado atual. No quesito de ferramentas e tecnologias, o setor de projetos teve avanço significativo nos últimos anos. Estas tecnologias vêm auxiliando no aprimoramento da entrega destes projetos. Uma dessas tecnologias é o *Building Information Modeling* (BIM), que tem o conceito de apresentação de um projeto único integrado de toda uma edificação. O BIM se caracteriza pela apresentação de modelo virtual de uma construção, onde os projetos estruturais, arquitetônicos e complementares são projetados de forma colaborativa e apresentados em conjunto, oferecendo mais assertividade e precisão para análise e controle de projetos. O presente trabalho apresenta um projeto elétrico de um edifício de duas torres de dezessete pavimentos cada, e seis pavimentos de embasamento, detalhando cada etapa e processo do projeto, criando uma metodologia para a padronização de projetos elétricos, utilizando do auxílio de ferramentas BIM para seu desenvolvimento.

Palavras-chave: Projetos Elétricos; Padronização; BIM.

## **ABSTRACT**

The field of electrical installation design still presents some differences in terms of understanding and development. Although the standards that address this topic establish important guidelines, they do not always provide complete details on how an electrical design can or should be designed. This condition can hinder the standardization of projects and, in some cases, lead to different interpretations during their development and also during the execution stage on site. Some of these standards are very old and, in some respects, lag behind developments in the construction industry and what is currently available on the market. In terms of tools and technologies, the design sector has made significant progress in recent years. These technologies have helped to improve the delivery of these projects. One of these technologies is Building Information Modeling (BIM), which is based on the concept of presenting a single integrated design for an entire building. BIM is characterized by the presentation of a virtual model of a building, where structural, architectural, and complementary designs are designed collaboratively and presented together, offering greater assertiveness and precision for project analysis and control. This paper presents an electrical design for a building with two towers, each with seventeen floors and six basement floors, detailing each stage and process of the design, creating a methodology for standardizing electrical designs, using BIM tools to aid in its development.

**Keywords:** Electrical Projects; Standardization; BIM.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de impacto financeiro por tomada de decisão .....	28
Figura 2 - Impacto do estudo preliminar .....	29
Figura 3 – Sistema de Geração, Transmissão e Distribuição de Energia .....	31
Figura 4 - Derivação da rede para sistema trifásico .....	31
Figura 5 – Prumada Elétrica Convencional .....	34
Figura 6 - Esquemático de Quadros de Edificação de Medição Coletiva com SE. ...	35
Figura 7 - Quadro Geral de Proteção .....	36
Figura 8 – Quadro de Medição Coletiva .....	37
Figura 9 – Quadro de Distribuição.....	38
Figura 10 – Disjuntor DIN.....	39
Figura 11 – Faixa de Atuação Disjuntores .....	39
Figura 12 - Curto-circuito trifásico. ....	41
Figura 13 - Disjuntor caixa moldada 100-125 A. ....	42
Figura 14 – IDR Bipolar. IN 25 A – 30 mA.....	43
Figura 15 – DPS Monopolar 5SD7 4 .....	45
Figura 16 – Esquema de aterramento TN-S.....	46
Figura 17 – Caixa de inspeção de aterramento.....	47
Figura 18 – Condutor isolado, cabo unipolar e multipolar. ....	48
Figura 19 – Tipos de Isolação de cabos.....	48
Figura 20 – Identificação dos cabos.....	49
Figura 21 – Método B1: Eletrodutos embutidos em alvenaria.....	51
Figura 22 – Método F: Eletrocalhas perfuradas. ....	51
Figura 23 – Método D: Eletrodutos enterrados.....	52
Figura 24 – Limites de queda de tensão. ....	56
Figura 25 – Dimensionamento eletroduto. ....	60
Figura 26 - Isolador Pedestal .....	66
Figura 27 – Bucha de Passagem .....	66
Figura 28 – Mufla Terminal.....	67
Figura 29 – Para-Raios .....	68
Figura 30 – Chave Seccionadora Abertura Sob .....	69
Figura 31 – Cubículo de Transformação .....	71

Figura 32 – Transformador de Corrente - TC.....	73
Figura 33 – Transformador de Potencial - TP .....	74
Figura 34 – Transformador de Força.....	75
Figura 35 – Disjuntor a vácuo MT acionado por disparo capacitivo com TC de proteção .....	76
Figura 36 – Entrada de Energia para edificações com SE.....	78
Figura 37 – Chave Fusível .....	81
Figura 38 – Dimensões BIM.....	86
Figura 39 – Ferramentas Elétricas - <i>Revit</i> .....	88
Figura 40 – Fluxograma do Desenvolvimento do Trabalho.....	89
Figura 41 – Empreendimento .....	90
Figura 42 – Início do Projeto .....	92
Figura 43 – Seleção da <i>Template</i> .....	93
Figura 44 – Gerenciamento de Vínculos .....	93
Figura 45 – Apartamento 801 e 802.....	94
Figura 46 – Lançamento Pontos Apartamento 801 e 802 .....	96
Figura 47 – Lançamento Eletrodutos Apartamento 801 e 802. ....	97
Figura 48 – Lançamento Circuitos Apartamento 801 e 802 .....	98
Figura 49 – Diagrama Unifilar Apartamento 801 .....	99
Figura 50 – Quadro de Distribuição Apartamentos – Capacidade: 36 Disjuntores..	100
Figura 51 – Lançamento Fiação Apartamento 801 – Bloco A.....	102
Figura 52 – Modelo 3D do Apartamento 801.....	103
Figura 53 – Planta Baixa Pavimento Térreo.....	106
Figura 54 – Planta Baixa Garagem 01. ....	107
Figura 55 – Planta Baixa Garagens 02 a 04. ....	108
Figura 56 – Planta Baixa Garagem 05 (G05). ....	109
Figura 57 – Planta Baixa Pavimento Lazer. ....	110
Figura 58 – Sala de Medidores. ....	115
Figura 59 – Centro de Medição 01 Aptos – Corte Frontal .....	115
Figura 60 – Centro de Medição 01 Salas – Corte Frontal .....	116
Figura 61a – Diagrama Unifilar CM01 – Primeira Parte .....	117
Figura 61b - Diagrama Unifilar CM01 - Segunda Parte .....	118
Figura 62 – Diagrama Unifilar CM07 – Salas Comerciais .....	119

Figura 63 – Planta Localização. ....	128
Figura 64 – Detalhes Derivação da Rede .....	129
Figura 65 – Planta Baixa Subestação .....	130
Figura 66 – Corte Cubículos SE.....	130
Figura 67 – Cubículos de Entrada/Proteção e Transformação.....	131
Figura 68 – Quadros Presentes no Interior da Subestação .....	131
Figura 69 – Vista dos Centros de Medição/Subestação.....	132
Figura 70 - Desvio Eletrocalhas pavimento G05 .....	133
Figura 71 - <i>Shaft</i> pavimento tipo .....	133

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro de Cargas Apartamento 801 – Bloco A .....	99
Quadro 2 – Queda de Tensão Alimentadores dos Apartamentos .....	104
Quadro 3 – Capacidade de Condução de Corrente dos Alimentadores dos Apartamentos .....	105
Quadro 4 – Dimensionamento Sala Comercial 01. ....	112
Quadro 5 – Dimensionamento Sala Comercial 02. ....	112
Quadro 6 – Dimensionamento Sala Comercial 03. ....	113
Quadro 7 – Dimensionamento Sala Comercial 04. ....	113
Quadro 8 – Queda de Tensão QGP – CM's.....	120
Quadro 9 – Dimensionamento Condomínio. ....	121
Quadro 10 – Dimensionamento Total do Condomínio. ....	122

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espaço Reserva para Quadros de Distribuição .....	37
Tabela 2 - Relação de Corrente Convencional x Corrente nominal do Disjuntor .....	40
Tabela 3 – Valor Mínimo de MTO exigível do DPS, em função do esquema de aterramento.....	44
Tabela 4 – Temperaturas características dos condutores em relação ao material de isolamento.....	49
Tabela 5 – Seção mínima do condutor fase.....	50
Tabela 6 – Seção mínima do condutor de proteção.....	51
Tabela 7 – Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única.....	54
Tabela 8 – Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores (eletrocalhas, leitos).....	54
Tabela 9 – Fatores de agrupamento para linhas em eletrodutos enterrados.....	55
Tabela 10 – Dimensionamento dos fusíveis de média tensão do tipo HH.....	70
Tabela 11 – Barramento com vergalhão de cobre maciço.....	71
Tabela 12 – Relação de transformação TC – Média Tensão .....	72
Tabela 13 – Relação de transformação TC de medição .....	73
Tabela 14 – Relação de transformação TP – Média Tensão .....	74
Tabela 15 – Dimensionamento do ramal de ligação aéreo em MT .....	78
Tabela 16 – Dimensionamento do ramal de ligação subterrâneo em MT .....	79
Tabela 17 – Dimensionamento de eletrodutos para cabos de MT para entrada subterrânea .....	80
Tabela 18 – Dimensionamento das Chaves e Elos Fusíveis .....	81
Tabela 19 – Cômodos Apartamento.....	95
Tabela 20 – Distribuição Tomadas Apartamento .....	95
Tabela 21 – Dimensionamento Disjuntores Apartamento 801 .....	100
Tabela 22 – Dimensionamento Condutores Apartamento 801.....	101

## LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
A	Ampere
$A_c$	Área externa do condutor
AEC	Arquitetura, engenharia e construção
$A_e$	Área útil
Al	Alumínio
APTOS	Apartamentos
Art	Artigo
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BEP	Barramento de equipotencialização principal
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
BT	Baixa tensão
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CELESC	Centrais elétricas de Santa Catarina
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CM	Centro de medição
COND	Condomínio
Cu	Cobre
$D_1$	Demanda das unidades consumidoras residenciais
$D_2$	Demanda do condomínio
$D_a$	Demanda por apartamento em função de sua área útil
$D_c$	Demanda da carga
DDR	Disjuntor diferencial residual
$D_e$	Demanda das cargas especiais
$D_i$	Demanda referente a iluminação do condomínio
$D_{in}$	Diâmetro interno
$D_m$	Demanda referente aos motores elétricos
$D_P$	Demanda provável
DR	Diferencial residual
$D_s$	Demanda provável comercial

$D_t$	Demanda referente às tomadas de uso geral do condomínio
DPS	Dispositivo de Proteção Contra Surtos
DYn1	Grupo vetorial do transformador ( $\Delta$ -Y, 30°)
EPR	Borracha de Etileno-Propileno
Fc	Fator de correção
Fdemanda	Fator de demanda
Fd	Fator de diversidade
F+N+T	Fase + neutro + terra
FS	Fator de serviço
$f$	Porcentagem de taxa de ocupação máxima do eletroduto
HEPR	Borracha Etileno-Propileno de Alta Qualidade
HVAC	<i>Heating, Ventilation and Air Conditioning</i>
Hz	<i>Hertz</i>
$I_B$	Corrente de projeto do circuito
$I_C$	Corrente calculada de projeto
$I_{CS}$	Corrente de curto-circuito presumida
IDR	Interruptor diferencial residual
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
$I_{cc \text{ máx}}$	Corrente de curto circuito máxima
$I_{co}$	Corrente corrigida
$I_N$	Corrente nominal
IP	Índices de proteção
$I_{ptc}$	Corrente do primário do TC
$I_z$	Capacidade de condução de corrente de condutores vivos
$I_2$	Corrente convencional
$k$	Fator de majoração
kA	Quiloampere
kN	Quilonewton
kV	Quilovolt
kVA	Quilovolt-ampere
kVArh	Quilovolt-ampere reativo-hora
kWh	Quilowatt-hora
kw	Quilowatt

L <sub>c</sub>	Comprimento do circuito
i <sub>imp</sub>	Corrente de impulso do DPS
L x A x P	Largura x Altura x Profundidade
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
mm	Milímetro
mm <sup>2</sup>	Milímetro quadrado
MTO	Máxima tensão de operação
MT	Média tensão
N <sup>o</sup>	Número
NBR	Norma Brasileira
N <sub>cp</sub>	Número de condutores em paralelo por fase
p	Página
P <sub>c</sub>	Potência ativa demandada da carga
PE	Condutor de proteção
PEAD	Polietileno de alta densidade
PVC	Policloreto de vinila
Q	Carga
QD	Quadro de distribuição
QGP	Quadro geral de proteção
QM	Quadro de medição
QMC	Quadro de medição coletivo
R	Resistência
R <sub>E</sub>	Resistência equivalente secundária do transformador
R <sub>L</sub>	Resistência da linha
RTP	Relação de Transformação de Potencial
RTC	Relação de Transformação de Corrente
S	Seção do condutor
S <sub>c</sub>	Seção mínima do condutor
SE	Subestação elétrica
TC	Transformador de corrente
TP	Transformador de potencial
TRAFO	Transformador

TUE	Tomada de uso específico
TUG	Tomada de uso geral
UC	Unidade consumidora
V	Volts
VA	Volt ampere
Vff	Tensão entre fase-fase
Vfn	Tensão entre fase e neutro
VL	Tensão de linha
X	Reatância
X <sub>E</sub>	Reatância equivalente secundária do transformador
X <sub>L</sub>	Reatância da Linha
XLPE	Polietileno Reticulado
Z <sub>cc</sub>	impedância total de curto-circuito
ZnO	óxido metálico em série

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
μ	Micro
Ω	Ohm
π	Pi
“	Polegadas
%	Por cento
∅	Theta

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>25</b>
1.1	JUSTIFICATIVA	26
1.2	OBJETIVOS	27
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivo Geral</b>	<b>27</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>27</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>28</b>
2.1	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	29
2.2	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO	30
2.3	SIMBOLOGIAS	30
2.4	CONCEITOS DE FORNECIMENTO DE ENERGIA	30
<b>2.4.1</b>	<b>Normas aplicáveis</b>	<b>31</b>
2.5	CONCEITOS DE MEDIÇÃO AGRUPADA	32
<b>2.5.1</b>	<b>Unidade consumidora (UC)</b>	<b>32</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Edifício de múltiplas unidades consumidoras ou de uso coletivo</b>	<b>33</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Prumadas Elétricas</b>	<b>33</b>
2.6	QUADROS ELÉTRICOS	34
2.7	DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO	38
<b>2.7.1</b>	<b>Disjuntor</b>	<b>39</b>
2.7.1.1	<i>Características de Proteção Contra Sobrecarga - Disjuntor</i>	40
2.7.1.2	<i>Características de Proteção Contra Curto-Circuito - Disjuntor</i>	40
2.7.1.3	<i>Caixa Moldada</i>	41
<b>2.7.2</b>	<b>Dispositivos para Proteção de Correntes Residuais</b>	<b>42</b>
<b>2.7.3</b>	<b>Dispositivo de Proteção Contra Surtos – DPS</b>	<b>43</b>
2.8	PROTEÇÃO E ATERRAMENTO	45
<b>2.8.1</b>	<b>Equipotencialização (BEP)</b>	<b>47</b>
2.9	CONDUTORES ELÉTRICOS	47
2.10	DIMENSIONAMENTO CONDUTORES	49
<b>2.10.1</b>	<b>Critério de Seção Mínima</b>	<b>50</b>
<b>2.10.2</b>	<b>Critério de Capacidade de Condução de Corrente</b>	<b>51</b>
2.10.2.1	<i>Fator de Correção de Temperatura</i>	53
2.10.2.2	<i>Fator de Correção por Resistividade Térmica</i>	53
2.10.2.3	<i>Fator de Correção por Agrupamento de Circuitos</i>	53

<b>2.10.3</b>	<b>Critério da Máxima Queda de Tensão</b> .....	<b>55</b>
<b>2.10.4</b>	<b>Critério de Proteção Contra Correntes de Curto-Circuito</b> .....	<b>57</b>
<b>2.10.5</b>	<b>Critério de Proteção Contra Correntes de Sobrecarga</b> .....	<b>58</b>
<b>2.10.6</b>	<b>Critério de Proteção Contra Choques Elétricos</b> .....	<b>58</b>
2.11	ELETRODUTOS.....	59
<b>2.11.1</b>	<b>Dimensionamento de Eletrodutos</b> .....	<b>59</b>
2.12	CIRCUITOS ELÉTRICOS .....	61
<b>2.12.1</b>	<b>Separação por cômodos ou funcionalidade</b> .....	<b>61</b>
<b>2.12.2</b>	<b>Previsão de Cargas</b> .....	<b>61</b>
2.12.2.1	<i>Circuitos de Iluminação</i> .....	62
2.12.2.2	<i>Circuitos de Tomadas</i> .....	62
2.13	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM MÉDIA TENSÃO .....	63
2.14	SUBESTAÇÃO ELÉTRICA.....	64
<b>2.14.1</b>	<b>Características Construtivas</b> .....	<b>64</b>
<b>2.14.2</b>	<b>Localização da Subestação</b> .....	<b>65</b>
2.15	COMPONENTES (SE).....	65
<b>2.15.1</b>	<b>Isoladores</b> .....	<b>66</b>
<b>2.15.2</b>	<b>Bucha de passagem</b> .....	<b>66</b>
<b>2.15.3</b>	<b>Muflas Terminais</b> .....	<b>67</b>
<b>2.15.4</b>	<b>Para-raios</b> .....	<b>67</b>
<b>2.15.5</b>	<b>Chaves Seccionadoras</b> .....	<b>68</b>
<b>2.15.6</b>	<b>Fusível HH</b> .....	<b>69</b>
<b>2.15.7</b>	<b>Barramentos Primários</b> .....	<b>70</b>
<b>2.15.8</b>	<b>Transformador de Corrente - TC</b> .....	<b>71</b>
2.15.8.1	<i>Transformador de corrente para sistema de proteção</i> .....	72
2.15.8.2	<i>Transformador de corrente para sistema de medição</i> .....	73
<b>2.15.9</b>	<b>Transformador de Potencial – TP</b> .....	<b>73</b>
<b>2.15.10</b>	<b>Transformadores de Força</b> .....	<b>74</b>
<b>2.15.11</b>	<b>Disjuntor MT</b> .....	<b>75</b>
2.16	CARACTERÍSTICAS ENTRADA DE ENERGIA .....	76
<b>2.16.1</b>	<b>Entrada de Energia</b> .....	<b>77</b>
<b>2.16.2</b>	<b>Ponto de Entrega</b> .....	<b>77</b>
<b>2.16.3</b>	<b>Ramal de ligação / Ramal de Entrada de Média Tensão</b> .....	<b>77</b>

2.16.3.1	<i>Dimensionamento de eletrodutos para cabos de MT – Ramal de Entrada/Ligação Subterrâneo.....</i>	79
2.16.3.2	<i>Caixas de Passagem para Ramal de Entrada Subterrâneo .....</i>	80
<b>2.16.4</b>	<b>Chaves e Elos Fusíveis .....</b>	<b>80</b>
<b>2.16.5</b>	<b>Carga instalada e Demanda.....</b>	<b>82</b>
2.16.5.1	<i>Fator de Demanda.....</i>	82
2.16.5.2	<i>Fator de Potência .....</i>	83
<b>2.16.6</b>	<b>Dimensionamento de Entrada de Energia.....</b>	<b>83</b>
2.16.6.1	<i>Cálculo da Demanda Provável .....</i>	83
2.16.6.2	<i>Dimensionamento Unidades Consumidoras – Apartamentos .....</i>	84
2.16.6.3	<i>Dimensionamento Ramal do QGP-COND. e do QGP-APTOS. ....</i>	85
2.17	<i>BUILDING INFORMATION MODELING - BIM.....</i>	85
2.18	<i>REVIT .....</i>	86
<b>2.18.1</b>	<b>Famílias .....</b>	<b>87</b>
<b>2.18.2</b>	<b>REVIT para Projetos Elétricos .....</b>	<b>88</b>
2.19	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	88
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>89</b>
3.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA EDIFICAÇÃO .....	89
3.2	DEFINIÇÕES DE PROJETO .....	90
<b>3.2.1</b>	<b>Apartamentos .....</b>	<b>91</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Prumadas .....</b>	<b>91</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Localização da subestação .....</b>	<b>91</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Demanda elétrica total provável.....</b>	<b>91</b>
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS.....</b>	<b>92</b>
4.1	INÍCIO DO PROJETO EM REVIT .....	92
4.2	PROJETO ELÉTRICO APARTAMENTO .....	94
<b>4.2.1</b>	<b>Lançamento de Pontos .....</b>	<b>95</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Lançamento de Eletrodutos .....</b>	<b>96</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Criação de Circuitos Elétricos.....</b>	<b>97</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Dimensionamento Condutores e Lançamento de Fiação .....</b>	<b>100</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Dimensionamento de Eletrodutos.....</b>	<b>102</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Dimensionamento da Proteção e Alimentadores .....</b>	<b>104</b>
4.3	PROJETO ELÉTRICO CONDOMÍNIO.....	105

<b>4.3.1</b>	<b>Pavimento Térreo .....</b>	<b>105</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Pavimentos Garagens .....</b>	<b>107</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Pavimento Lazer .....</b>	<b>109</b>
4.4	DIMENSIONAMENTO ENTRADA DE ENERGIA .....	110
<b>4.4.1</b>	<b>Demanda dos Apartamentos e Salas Comerciais .....</b>	<b>110</b>
4.4.1.1	<i>Demanda Total dos Apartamentos .....</i>	111
4.4.1.2	<i>Demanda Total das Salas Comerciais / Transformador 02 .....</i>	111
4.4.1.3	<i>Centros de Medição .....</i>	114
4.4.1.4	<i>Proteções dos Centros de Medição - (CM's) .....</i>	116
4.4.1.5	<i>Dimensionamento QGP-APTOS .....</i>	120
<b>4.4.2</b>	<b>Condomínio.....</b>	<b>120</b>
4.4.2.1	<i>Dimensionamento Proteção Condomínio .....</i>	122
<b>4.4.3</b>	<b>Demanda Total Provável .....</b>	<b>123</b>
<b>4.4.4</b>	<b>Dimensionamento Condutores de MT – Ramal de Entrada.....</b>	<b>123</b>
<b>4.4.5</b>	<b>Queda de Tensão – Ramal de Entrada.....</b>	<b>124</b>
<b>4.4.6</b>	<b>Dimensionamento de Eletrodutos Ramal de Entrada MT .....</b>	<b>124</b>
4.5	ESPECIFICAÇÕES DE COMPONENTES DA SUBESTAÇÃO.....	124
<b>4.5.1</b>	<b>Chaves e Elos Fusíveis .....</b>	<b>125</b>
<b>4.5.2</b>	<b>Ramal de Entrada .....</b>	<b>125</b>
<b>4.5.3</b>	<b>Cubículo de Proteção.....</b>	<b>125</b>
4.5.3.1	<i>Muflas / Para-Raios / Isoladores.....</i>	125
4.5.3.2	<i>Chave Seccionadora .....</i>	125
4.5.3.3	<i>Transformador de Corrente de Proteção de Média Tensão .....</i>	126
4.5.3.4	<i>Transformador de Potencial de Proteção de Média Tensão.....</i>	126
4.5.3.5	<i>Disjuntor de Média Tensão.....</i>	126
<b>4.5.4</b>	<b>Cubículos de Transformação .....</b>	<b>127</b>
4.5.4.1	<i>Chave Seccionadora .....</i>	127
4.5.4.2	<i>Transformador de Força .....</i>	127
4.6	PROJETO ENTRADA DE ENERGIA E MODELAGEM BIM.....	127
<b>4.6.1</b>	<b>Planta de Localização .....</b>	<b>128</b>
<b>4.6.2</b>	<b>Entrada de Energia .....</b>	<b>128</b>
<b>4.6.3</b>	<b>Subestação .....</b>	<b>129</b>
<b>4.6.4</b>	<b>Subestação - BIM.....</b>	<b>130</b>

4.6.5	Centro de Medição - BIM.....	131
4.6.6	Desvio de Calhas - Prumadas - BIM.....	132
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	134
	REFERÊNCIAS.....	136
	APÊNDICE A – ESQUEMA VERTICAL .....	144
	APÊNDICE B – DIAGRAMA UNIFILAR DE ENTRADA DE ENERGIA .....	145
	ANEXO A – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE PARA CABOS BT – MÉTODOS DE REFERÊNCIA A1, A2, B1, B2, C E D – ISOLAÇÃO PVC.....	146
	ANEXO B – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE PARA CABOS BT – MÉTODOS DE REFERÊNCIA A1, A2, B1, B2, C E D – ISOLAÇÃO EPR OU XLPE.....	147
	ANEXO C – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE PARA CABOS BT – MÉTODOS DE REFERÊNCIA E, F E G – ISOLAÇÃO PVC.....	148
	ANEXO D – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE PARA CABOS BT – MÉTODOS DE REFERÊNCIA E, F E G – ISOLAÇÃO EPR OU XLPE .....	149
	ANEXO E – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE PARA CABOS MT – ISOLAÇÃO EPR, XLPE OU HEPR. TEMPERATURA DO CONDUTOR 90°C.....	151
	ANEXO F – FATOR DE DIVERSIDADE EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE APARTAMENTOS.....	152
	ANEXO G – DEMANDA DA UNIDADE CONSUMIDORA EM FUNÇÃO DA ÁREA.....	153
	ANEXO H – DEMANDA EM KVA DE MOTORES EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA E QUANTIDADE.....	154
	ANEXO I – FATORES DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E TOMADAS DE USO GERAL.....	155
	ANEXO J – FATORES DE DEMANDA PARA APARELHOS DE AQUECIMENTO.....	156
	ANEXO K – FATORES DE DEMANDA PARA APARELHOS DE AR- CONDICIONADO.....	157

<b>ANEXO L – DIMENSIONAMENTO UNIDADES CONSUMIDORAS – TENSÃO DE FORNECIMENTO 380/220V.....</b>	<b>158</b>
<b>ANEXO M – DIMENSIONAMENTO DE BARRAS DE COBRE SEÇÃO RETANGULAR (BARRAMENTO DOS QUADROS).....</b>	<b>159</b>
<b>ANEXO N – DIMENSIONAMENTO RAMAL DE CONEXÃO / RAMAL DE ENTRADA (BT).....</b>	<b>160</b>
<b>ANEXO O – RELAÇÃO DE SEÇÃO DE CABOS DE BT – ESPESSURAS E DIÂMETROS.....</b>	<b>161</b>
<b>ANEXO P – PARÂMETROS ELÉTRICOS DE CABOS DE COBRE ISOLADOS – XLPE.....</b>	<b>162</b>
<b>ANEXO Q – DADOS FORNECIDOS PELA CELESC DO PONTO DE CONEXÃO.....</b>	<b>163</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a construção civil tem passado por um processo de transformação devido à alta competitividade do setor e do surgimento de novas metodologias e ferramentas de projetos, assim como técnicas mais eficientes, minimizando erros e retrabalhos.

Por muitos anos, a tecnologia CAD – *Computer-Aided Design* vinha sendo utilizada para realização de projetos, pelo fato de ser uma ferramenta de desenho e representação de longa data, e de agrado dos engenheiros e arquitetos. Porém, esta tecnologia apresenta limitações quando se trata de comunicação entre os diversos segmentos técnicos da engenharia, assim como uma visualização ampla do projeto como um todo, criando um mercado de projetos de baixa qualidade.

A metodologia de criação de modelos virtuais *BIM - Building Information Modeling* (Modelagem da Informação da Construção) surge para solução destes problemas de compatibilização, proporcionando através de *softwares* e ferramentas, a integração dos projetos. O conceito BIM permite a interação entre todos os projetistas, engenheiros e arquitetos envolvidos, de forma que estes consigam inserir informações ou recebê-las dentro das ferramentas disponíveis, de forma a tornar o trabalho síncrono e harmonioso.

O BIM simboliza a mudança de representação de elementos em projetos no geral, deixando de ser apenas uma forma abstrata em 2D, e passando a utilizar ferramentas que utilizem projeção em mais dimensões. Este método permite que exista a interoperabilidade entre as diversas disciplinas (segmentos de engenharia) que existem dentro de um projeto completo de uma edificação, como arquitetura, estrutura, hidráulico, elétrico, incêndio e climatização.

O *Revit*, da *AutoDesk*, faz parte deste sistema, sendo um *software* capaz de realizar a modelagem da instalação elétrica, representando todos os componentes que compõem essa especialidade técnica. Sendo possível identificar e apresentar todas as informações pertinentes de um projeto elétrico, como construção da planta, perspectivas, vistas e detalhes.

Assim como o *Revit*, existem outros *softwares* que possibilitam a realização da compatibilização entre os diferentes projetos, contudo, eles não serão abordados neste trabalho. Com a compatibilização, erros e interferências são identificados e

soluções são propostas. Desta forma, buscando reduzir conflitos durante o estágio de execução, evitando desperdício e atrasos.

Sabe-se que cada edificação é diferente uma da outra, e que cada projeto tem suas particularidades, portanto, surge a necessidade de existir uma metodologia de desenvolvimento, onde uma sequência pode ser seguida, etapa por etapa, para que todos os projetos realizados por um mesmo projetista, ou uma mesma equipe, possuam o mesmo padrão de qualidade, tendo pouca ou nenhuma divergência de padrão, considerando a plataforma *BIM* para integração e compatibilização entre projetos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Com a crescente expansão do mercado da construção civil, o setor de projetos necessita cada vez mais de profissionais capazes de realizar projetos de alta qualidade. Apesar de existirem diversas normas que servem como guia, existe um problema no modo em que estas normas são interpretadas, gerando falta de uniformidade nos projetos. Outro problema para esta etapa de planejamento que antecede a execução, é a falta de integração entre projetistas, muitas vezes devido a não utilização de tecnologias que realizem a interoperabilidade de todas as disciplinas envolvidas no processo, o que acaba ocasionando retrabalho e problemas na execução da obra, gerando gastos não planejados e atrasos.

A utilização de ferramentas BIM para execução de projetos permite que diversos projetistas trabalhem num mesmo projeto de forma integrada, tornando possível, durante a fase de projetos, anteceder e encontrar soluções para problemas, como conflitos entre disciplinas, quantitativos mal dimensionados, gestão imprecisa na construção, etc. O *software Revit*, da *Autodesk* permite posicionar todos os componentes e tubulações existentes da obra em um modelo virtual, podendo ser visualizado em planta baixa e modelo 3D. Torna-se possível também, a partir da utilização deste *software*, visualizar modelos de outras disciplinas de forma integrada, permitindo o desenvolvimento mais preciso do projeto e a entrega deste, compatibilizado.

A metodologia de um processo de desenvolvimento de um projeto executivo elétrico de edificações verticais se faz necessária para criação de um padrão de

qualidade nas entregas, em que mesmo existindo particularidades para cada tipo de empreendimento, carecem de uma metodologia para que todos os trabalhos sigam uma mesma linha de segmento, qualidade, coerência e precisão.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma metodologia de um projeto elétrico de um edifício de 02 torres, possuindo 17 pavimentos cada uma, e 90 apartamentos por torre, totalizando 180 apartamentos, e um embasamento de 06 pavimentos, contendo 04 salas comerciais, localizado no litoral de Santa Catarina, utilizando como auxílio, tecnologias BIM.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento bibliográfico e documental sobre projetos elétricos;
- Aplicar a metodologia BIM para projeto e modelagem elétrica de um edifício vertical em conformidade com a NBR 5410;
- Dimensionamento e projeto da entrada de energia conforme normas da concessionária local (CELESC);
- Desenvolver uma metodologia para criação de um padrão de projetos, apresentando cada etapa do processo.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com a Lei Nº 14.133/21, por meio do seu Art. 6º, um projeto executivo é um “conjunto de elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, com o detalhamento das soluções previstas [...], a identificação de serviços, de materiais e de equipamentos a serem incorporados à obra, bem como suas especificações técnicas, de acordo com as normas técnicas pertinentes” (Brasil, 2021).

A necessidade de um projeto justifica-se, segundo Silva (2020), porque “evitam surpresas durante a execução, além de antecipar situações desfavoráveis”. Outra forma de constatar a necessidade da elaboração de projetos está relacionada à exigência de um responsável técnico habilitado para conduzir e gerenciar as etapas de desenvolvimento e execução. Nesse sentido, o Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (2019) destaca que a ausência deste “pode ocasionar diversos problemas [...], como por exemplo desperdício de materiais, aumento no prazo e custos para realização das atividades, assim como pode colocar em risco à segurança das pessoas [...]”.

Melhado e Agopyan (1995, p. 3), destacam que no planejamento de um empreendimento, principalmente nas fases iniciais, “as decisões tomadas são as que têm maior capacidade de influenciar o custo final”. A Figura 1 ilustra essa relação apresentada pelos autores, evidenciando que quanto mais antecipadas forem as decisões no processo de desenvolvimento do projeto, menor tende a ser o impacto financeiro sobre o custo global do empreendimento.

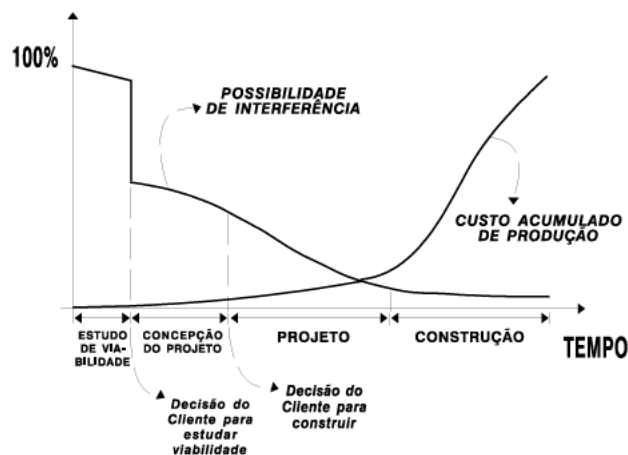
Figura 1 - Curva de impacto financeiro por tomada de decisão



Fonte: Melhado e Agopyan (1995, p. 4).

Segundo Pereira (2023, p. 14), os projetos podem e devem agregar valor no produto final, não devendo ser considerados apenas como “uma mera entrega de desenhos e memoriais” para aprovações nos órgãos públicos, mas sim utilizá-los para tomadas de decisões. A influência que um estudo preliminar e um projeto bem estruturado pode exercer sobre o andamento da execução de um edifício é ilustrada na figura 2.

Figura 2 - Impacto do estudo preliminar



Fonte: Melhado e Agopyan (1995, p. 5).

Em relação a projeto elétrico, Creder (2016, p. 85) descreve que:

é a previsão escrita da instalação, com todos os seus detalhes, a localização dos pontos de utilização da energia elétrica, os comandos, o trajeto dos condutores, a divisão em circuitos, a seção dos condutores, os dispositivos de manobra, a carga de cada circuito, a carga total, etc.

Ainda, Creder (2016) especifica que, a entrega de um projeto elétrico completo deve contemplar plantas baixas com a devida simbologia acompanhada de legendas explicativas, diagramas unifilares, detalhes construtivos e memoriais descritivos. Além disso, deve apresentar clareza, facilidade de interpretação, eficiência e flexibilidade para possíveis ajustes. Contudo, quaisquer modificações devem ser avaliadas e devidamente aprovadas pelo responsável técnico.

## 2.1 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Os projetos de instalações elétricas devem seguir as normas de segurança condizentes com o tipo de instalação que será feita. A Associação Brasileira de

Normas Técnicas (ABNT) é o órgão responsável pela regulamentação técnica no Brasil.

Referente a conceito de projeto elétrico, Lima Filho, (2001, p. 9) descreve que,

o objetivo de um projeto de instalações elétricas é garantir a transferência de energia desde uma fonte, em geral a rede de distribuição da concessionária ou geradores particulares, até os pontos de utilização (pontos de luz, tomadas, motores, etc). Para que isto se faça de maneira segura e eficaz é necessário que o projeto seja elaborado, observando as prescrições das diversas normas técnicas aplicáveis.

## 2.2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Para o desenvolvimento de projetos e instalações elétricas em baixa tensão, utiliza-se como referência a norma NBR 5410 (ABNT, 2004). A referida norma estabelece que, sistemas de baixa tensão devem possuir frequência inferior a 400 Hz (ABNT, 2004). Contudo, a Lei Nº 4.454/64, por meio do seu Art. 1º, fixou que: “é adotada a frequência de 60 Hertz para distribuição de energia elétrica no território nacional” (Brasil, 1964).

De acordo com a N-321.0001 da Celesc (2019a), o fornecimento de energia elétrica em tensão secundária é aplicado para consumidores que apresentam potência instalada igual ou inferior a 75 kW. Este fornecimento é considerado apenas para unidades individuais.

## 2.3 SIMBOLOGIAS

No que se refere a simbologias em projetos elétricos, Vieira Junior (2011, p. 33) descreve que: “é definida pela NBR-5444, porém, nem todos os projetistas adotam esses elementos fielmente. Por esta razão, orienta-se que sempre seja feita no projeto uma legenda com a descrição de cada símbolo utilizado”.

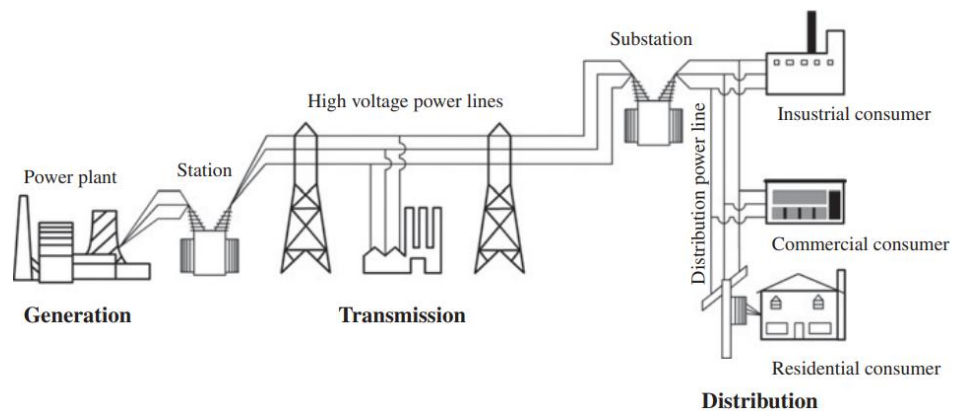
Mamede Filho (2017, p. 54-55) complementa que:

Todo projeto de instalação elétrica requer a adoção de uma simbologia que represente os diversos materiais envolvidos [...] Dentro de um mesmo projeto deve-se sempre adotar uma única simbologia, a fim de evitar dúvidas e interpretações errôneas.

## 2.4 CONCEITOS DE FORNECIMENTO DE ENERGIA

Acerca do tema fornecimento de energia, Garcia e Duzzi Jr (2012) conceituam que, “distribuição de energia é um segmento do sistema elétrico, também conhecido como sistema elétrico de potência, o qual pode ser dividido basicamente em três macro setores: geração, transmissão e distribuição.” A figura 3 ilustra o sistema de fornecimento de energia desde a sua geração até a sua distribuição.

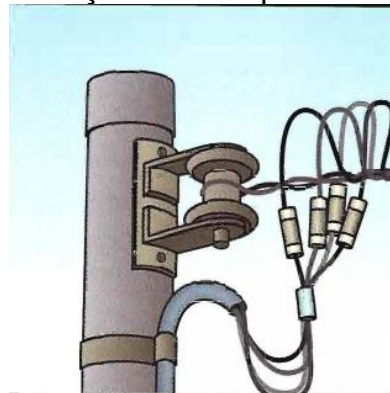
Figura 3 – Sistema de Geração, Transmissão e Distribuição de Energia



Fonte: Blume (2016, p.3).

O tipo de fornecimento a ser adotado em um empreendimento depende diretamente da carga instalada e da demanda prevista. Esse fornecimento pode ocorrer nas formas monofásica, bifásica ou trifásica (Gomes, 2019). A figura 4 ilustra a derivação de um fornecimento trifásico em baixa tensão, no qual três fases e um condutor neutro são extraídos da rede elétrica.

Figura 4 - Derivação da rede para sistema trifásico



Fonte: Cervelin e Cavalin (2008, p. 283).

#### 2.4.1 Normas aplicáveis

Para execução de um projeto elétrico, deve-se atentar as normas específicas e as normas da concessionária local. As normas fundamentais para a elaboração de um projeto elétrico predial são:

- ABNT NBR 5410:2004 – Instalações Elétricas de baixa tensão.
- ABNT NBR 14039:2021 – Instalações Elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV.
- ABNT NBR 5444:1989 – Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais (Cancelada pela ABNT).
- N-321.0001:2019 – Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária de Distribuição.
- N-321.0002:2016 – Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária de Distribuição.
- N-321.0003:2023 – Fornecimento de Energia Elétrica a Edificações de Uso Coletivo.

## 2.5 CONCEITOS DE MEDIÇÃO AGRUPADA

Borges e Gomes (2019) explicam que a energia elétrica produzida pelas concessionárias é distribuída, predominantemente, em sistemas trifásicos, sendo conduzida a partir das subestações por meio de transformadores estrategicamente posicionados. Essa energia é então destinada a diferentes tipos de consumidores, como residências, edificações, estabelecimentos comerciais e unidades industriais, chegando em níveis de média tensão e baixa tensão.

### 2.5.1 Unidade consumidora (UC)

É um ponto de consumo individual de energia elétrica, podendo ser um empreendimento residencial, comercial ou industrial. Cada UC possui um número de identificação que é utilizado pela concessionária da região para o controle do consumo (Cotrim, 2009).

### 2.5.2 Edifício de múltiplas unidades consumidoras ou de uso coletivo

De acordo com a Celesc (2023, p. 16), um empreendimento de múltiplas unidades consumidoras pode ser “caracterizado pela existência de mais de uma unidade consumidora no mesmo empreendimento, [...] tais como [...] prédios, [...], em que a utilização da energia elétrica ocorra de forma independente nas unidades”.

### 2.5.3 Prumadas Elétricas

Lima Filho (2001) descreve as prumadas como conjuntos de infraestruturas que podem ser instaladas em eletrodutos, eletrocalhas ou barramentos que tem a finalidade de alimentar os quadros de distribuição nos diversos pavimentos de um edifício. São instalados em forma de colunas verticais, normalmente em *shaft's* previstos pela arquitetura. Ainda de acordo com Lima Filho (2001, p. 77), “a prumada elétrica é um desenho esquemático que visa representar a instalação no plano vertical”.

Segundo Brickup (2025), *shaft's* são espaços destinados pela arquitetura para passagem de prumadas. O autor ainda descreve que “é uma abertura vertical na alvenaria por onde passam as instalações essenciais de qualquer construção [...], e serve para disfarçar todas essas tubulações e tornar o ambiente esteticamente mais agradável” (Brickup, 2025).

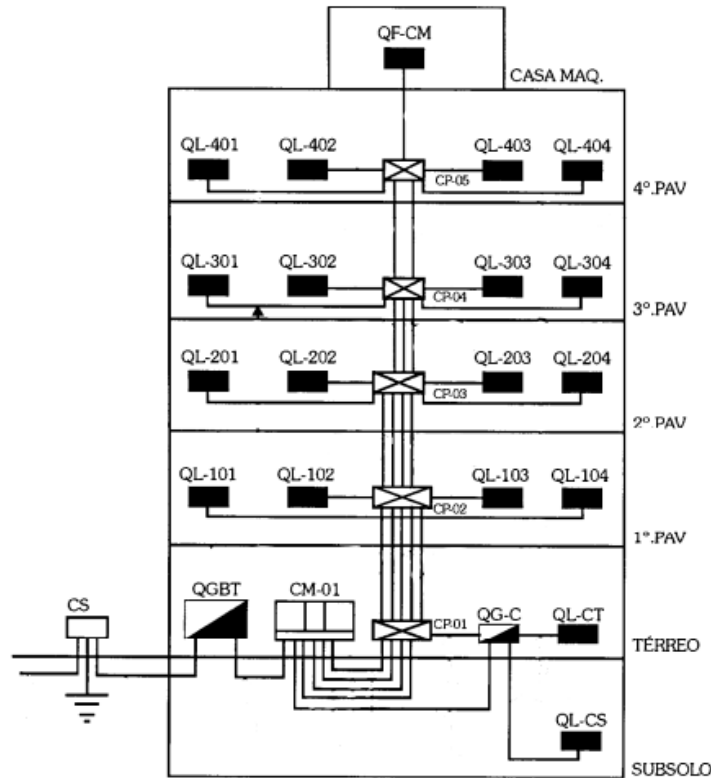
Segundo Pivato (2016), o sistema de distribuição convencional consiste em elementos individuais que alimentam unidades privativas. Geralmente, sua composição envolve o uso de eletrocalhas ou eletrodutos instalados tanto na direção vertical quanto horizontal, os quais percorrem *shaft's*, que são os espaços destinados pela arquitetura para a instalação das prumadas.

Este sistema apresenta características como robustez e baixa complexidade de instalação. De maneira geral, pode ser segmentado em partes funcionais: medição de energia no pavimento térreo, caminho dos alimentadores pelas áreas comuns, incluindo a prumada vertical e distribuição final da energia até cada unidade consumidora (Creder, 2016).

A figura 5 ilustra a estrutura do sistema convencional, na qual a entrada da energia passa pelo quadro geral de proteção, é conduzida ao centro de medição,

derivando-se para a prumada e, posteriormente, para os quadros de distribuição das unidades.

Figura 5 – Prumada Elétrica Convencional



Fonte: Lima Filho (2011, p. 77).

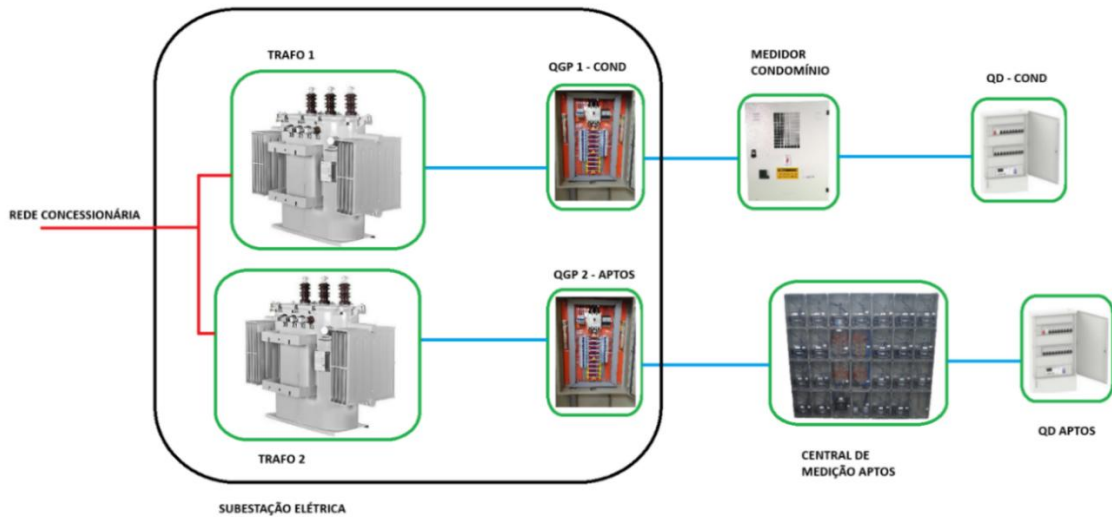
## 2.6 QUADROS ELÉTRICOS

Toda a energia fornecida deve ser devidamente medida e protegida, de modo a assegurar a integridade e a confiabilidade das instalações e a segurança dos usuários. Para tal finalidade, são empregados quadros elétricos dotados de dispositivos de proteção e seccionamento, os quais desempenham a função de receber, controlar, interromper e direcionar o fluxo da energia, garantindo que a sua distribuição aos pontos de consumo ocorra de forma eficiente e contínua (Jr Painéis Elétricos, 2024).

No âmbito deste trabalho, serão abordados especificamente o Quadro Geral de Proteção (QGP), os Quadros de Medição (QMs) e os Quadros de Distribuição (QDs), cada um exercendo papel fundamental na estrutura e no desempenho do sistema

elétrico. O esquema apresentado na figura 6 ilustra o caminho que a energia percorre, até chegar no consumidor final ou na unidade de condomínio.

Figura 6 - Esquemático de Quadros de Edificação de Medição Coletiva com SE.



Fonte: Autor (2025).

O QGP é o quadro responsável pela entrada de energia da rede para a edificação. Este quadro atua como ponto central de entrada e seccionamento da instalação (Jr Painéis Elétricos, 2024). O autor Silva (2013, p.57) descreve que o QGP:

Deve possuir um barramento principal, constituído de cobre eletrolítico, isolados, horizontal, com a capacidade de condução de corrente em regime permanente e de suportar os esforços resultantes da corrente de curto-circuito. Todos os barramentos devem ser trifásicos, fixados rigidamente à estrutura por meio de suportes isolantes e possuírem uma identificação por cores, ou seja, uma cor para cada fase.

Quanto a sua localização, Mamede Filho (2017, p. 14) descreve que o quadro geral de proteção “[...] deve ser localizado, de preferência, no interior da subestação ou em área contígua a esta. De uma maneira geral, deve ficar próximo das unidades de transformação a que está ligado”.

Figura 7 - Quadro Geral de Proteção



Fonte: Alpha Sistemas Elétricos (20--?)

Toda energia fornecida para o consumidor deve ser medida. Os centros de medição são espaços reservados para abrigar medidores de energia elétrica, sejam eles eletromecânicos ou eletrônicos. Também abrigam equipamentos de proteção, cabos e outros acessórios (Celesc, 2023).

Ainda de acordo com a referida norma, “a medição das unidades consumidoras com carga instalada igual ou inferior a 75 kW deve ser agrupada em um ou mais quadros de medição coletivos” (Celesc, 2023, p.49).

A mesma norma, que estabelece os conceitos de medição coletiva, descreve que a localização da central de medição deve ser em local de acesso livre e irrestrito para a concessionária, de preferência no pavimento térreo. A referida norma ainda estabelece que “no empreendimento que possua subestação transformadora interna, o quadro de medição coletivo (QMC), deve ser instalado externamente a subestação, podendo situar-se em local imediatamente adjacente a essa [...]” (Celesc, 2023, p.51), porém, não pode ser instalado no interior dela.

Figura 8 – Quadro de Medição Coletiva



Fonte: Comando Painéis Elétricos (20--?).

Segundo a norma NBR IEC 60439-3 (ABNT, 2004), o quadro de distribuição é um:

Conjunto contendo dispositivos de manobra ou de proteção [...] associados a um ou mais circuitos de saída, alimentados por um ou mais circuitos de entrada juntamente com os bornes para os condutores neutro e os condutores do circuito de proteção”.

Os quadros de distribuição têm a importante função de receber, proteger e direcionar o fluxo da energia para outros quadros e para as cargas terminais, desempenhando as funções de proteção, manobra e comando (Cervelin e Cavalin, 2008).

No que se refere ao seu dimensionamento, a norma NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece, por meio de tabela, a relação entre a quantidade de circuitos instalados e a reserva mínima obrigatória de espaços, de modo a garantir a flexibilidade e a continuidade do sistema elétrico ao longo de sua vida útil.

Tabela 1 - Espaço Reserva para Quadros de Distribuição

Quantidade de circuitos efetivamente disponível N	Espaço mínimo destinado a reserva (em número de circuitos)
até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N >30	0,15 N

NOTA A capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição.

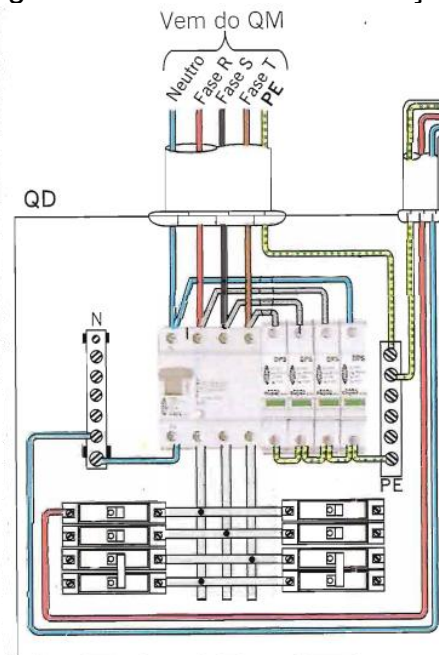
Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p.157).

No que se refere à proteção, Mamede Filho (2017) destaca que quando

instalados, abrigados e em ambiente de atmosfera normal devem, em geral, apresentar grau de proteção IP40, característico de execução normal. Em ambientes de atmosfera poluída, devem apresentar grau de proteção IP54 ou acima, de conformidade com a severidade dos poluentes.

A figura 9 ilustra a parte interna de um quadro de distribuição, apresentando alimentação vinda do quadro de medição, proteções, aterramento e distribuição para cargas.

Figura 9 – Quadro de Distribuição



Fonte: Adaptada de Cervelin e Cavalin (2008, p.53).

## 2.7 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

De acordo com Alto QI (2026) e a NBR 5410 (ABNT, 2004), todo circuito deve dispor de dispositivos de proteção contra sobrecarga e curto-circuito. Tais dispositivos devem assegurar a interrupção da circulação da corrente em tempo adequado, de modo a preservar a integridade dos condutores e equipamentos, bem como garantir a segurança das pessoas contra riscos elétricos.

“O dimensionamento elétrico interfere diretamente em sua eficiência e segurança [...] não é algo simples de se realizar pois através de uma planta elétrica levanta-se dados de fatores de potência de todos os componentes de cargas de consumo de toda residência” (Borges; Gomes, 2019, p.3).

### 2.7.1 Disjuntor

Podem ser classificados como magnéticos, térmicos ou termomagnéticos. Os modelos magnéticos são direcionados à proteção contra correntes de curto-circuito, sendo frequentemente aplicados em circuitos de emergência. Os dispositivos térmicos, por sua vez, destinam-se à proteção contra sobrecargas prolongadas. Já os disjuntores termomagnéticos integram ambas as funções de proteção contra curto e sobrecorrente, sendo, portanto, os mais recomendados pelas normas técnicas para aplicações em instalações residenciais (Cotrim, 2009).

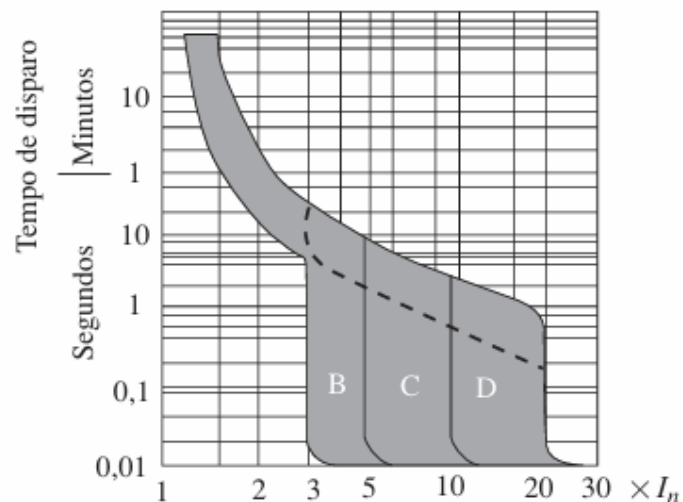
Figura 10 – Disjuntor DIN.



Fonte g20brasil (2018?).

Segundo Cotrim (2009), a capacidade de ruptura de um disjuntor corresponde “[...] a maior corrente de curto-circuito que o disjuntor consegue interromper sem se danificar [...]”. As faixas de interrupção instantâneas para curto-circuito são padronizadas em três categorias: B, C e D.

Figura 11 – Faixa de Atuação Disjuntores



Fonte: Cotrim (2009, p.212).

### 2.7.1.1 Características de Proteção Contra Sobrecarga - Disjuntor

De acordo com Creder (2016, p.145),

para o dimensionamento de dispositivo de proteção contra correntes de sobrecarga, as seguintes condições devem ser satisfeitas”:

$$1) I_B \leq I_N$$

$$2) I_N \leq I_Z$$

$$3) I_2 \leq 1,45 I_Z$$

Em que:

$I_B$  = Corrente de projeto do circuito;

$I_N$  = Corrente nominal do dispositivo de proteção;

$I_Z$  = capacidade de condução de corrente de condutores vivos, de acordo com o tipo de instalação;

$I_2$  = Corrente convencional de atuação dos dispositivos de proteção em função de  $I_N$ .

A tabela 2 apresenta os valores da corrente convencional conforme a corrente nominal do disjuntor:

Tabela 2 - Relação de Corrente Convencional x Corrente nominal do Disjuntor

Tipo	Norma aplicável	Corrente nominal	Corrente convencional de atuação (fusão)
		A	A
Disjuntor em geral	NBR 5361	$I_n$ igual ou inferior a 63	$1,35 \times I_n$
		$I_n$ superior a 63	$1,25 \times I_n$

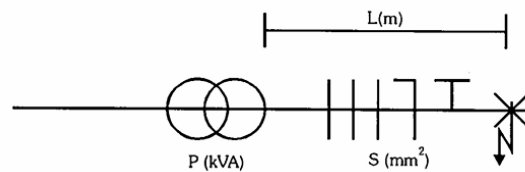
Fonte: Adaptado de Mamede Filho (2017, p 604).

### 2.7.1.2 Características de Proteção Contra Curto-Circuito - Disjuntor

Conforme Creder (2016), é indispensável a previsão de dispositivos de proteção capazes de interromper a totalidade da corrente de curto-circuito que possa circular nos condutores de um circuito. Para atender essa condição, tais dispositivos devem apresentar capacidade de interrupção ( $I_{int}$ ) igual ou superior à corrente de curto-circuito presumida ( $I_{CS}$ ) no ponto da instalação ( $I_{int} \geq I_{CS}$ ).

Para determinação da corrente de curto-circuito em um sistema trifásico, Lima Filho (2001) ilustra conforme figura 12, uma falta em um ponto aleatório do circuito.

Figura 12 - Curto-circuito trifásico.



Fonte: Lima Filho (2001, p.172).

A equação para obter o valor da corrente de curto presumida é dada por (Lima Filho, 2001, p.172):

$$I_{CS} = \frac{V_L}{\sqrt{3} \times Z_{cc}} \quad (1)$$

Onde:

$V_L$  = Tensão de linha (V);

$Z_{cc}$  = Impedância total de curto-circuito (m $\Omega$ )

E, segundo Lima Filho (2001, p.172),  $Z_{cc}$  pode ser obtido por:

$$Z_{cc} = \sqrt{(R_L + R_E)^2 + (X_L + X_E)^2} \quad (2)$$

Onde:

$R_L$  = Resistência da linha (m $\Omega$ );

$R_E$  = Resistência equivalente secundária do transformador (m $\Omega$ )

$X_L$  = Reatância da Linha (m $\Omega$ );

$X_E$  = Reatância equivalente secundária do transformador (m $\Omega$ )

### 2.7.1.3 Caixa Moldada

Conforme Cotrim (2009), os disjuntores de caixa moldada são dispositivos montados em caixa de material isolante moldado, e de construção compacta. Ainda segundo o autor, estes equipamentos podem ser providos de disparadores de sobrecorrente eletromagnéticos, de atuação instantânea ou com retardo temporizado para a proteção contra curtos, além de disparadores térmicos de sobrecarga e de subtensão.

Figura 13 - Disjuntor caixa moldada 100-125 A.



Fonte: Andra (20--?).

### 2.7.2 Dispositivos para Proteção de Correntes Residuais

Um dispositivo de proteção a corrente diferencial-residual pode ser definido como qualquer dispositivo destinado a assegurar a proteção contra choques elétricos. Estes dispositivos consistem em um mecanismo de seccionamento mecânico, cuja função é interromper a circulação da corrente diferencial-residual quando esta atinge o valor limite estabelecido pela instalação. Podem ser fabricados nas versões bipolar ou tetrapolar, uma vez que sua aplicação inclui a ligação do condutor neutro (Cotrim, 2009).

Segundo Cervelin e Cavalin (2008), é importante distinguir entre o disjuntor diferencial residual (DDR) e o interruptor diferencial residual (IDR). O DDR associa múltiplas funções, uma vez que protege os condutores do circuito contra sobrecarga, correntes de curto e correntes de fuga, além de oferecer proteção contra choques elétricos. Já o IDR tem como funções principais o seccionamento do circuito, a proteção contra correntes de fuga e a proteção contra choques elétricos. Assim, o DDR desempenha todas as funções do IDR, acrescidas das atribuições típicas de um disjuntor.

Os dispositivos DR podem ser classificados conforme a sua sensibilidade. São de baixa sensibilidade, quando a corrente diferencial-residual nominal é superior a 30 mA, e sua aplicação é voltada à proteção contra contatos indiretos e contra incêndio (Creder, 2016). Ainda segundo o autor, quando estes possuem corrente igual ou inferior a 30 mA, podem ser considerados de alta sensibilidade, e oferecem proteção

contra contatos diretos e indiretos. Este último é recomendado pela NBR 5410 para circuitos terminais, como proteção adicional contra choques elétricos.

A norma brasileira NBR 5410 (2004, p.49), item 5.1.3.2.2, estabelece a obrigatoriedade da instalação do dispositivo diferencial-residual nos seguintes casos:

- a) os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro;
- b) os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- c) os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;
- d) os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;
- e) os circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

A mesma norma estabelece que, o DR pode ser aplicado de forma individual para cada circuito, ou para um agrupamento de circuitos, desde que sua corrente nominal seja superior à corrente de projeto (ABNT, 2004). A figura 14 apresenta um exemplo de interruptor diferencial residual, frequentemente empregado em instalações prediais.

Figura 14 – IDR Bipolar. IN 25 A – 30 mA



Fonte: WEG (202-?).

### 2.7.3 Dispositivo de Proteção Contra Surtos – DPS

Conforme estabelecido pela NBR 5410 (ABNT, 2004), a proteção contra sobretensões transitórias, ou surtos que geram elevação abrupta de tensão, deve ser garantida por meio de utilização de dispositivos de proteção contra surtos (DPS). Esta

proteção é essencial para equipamentos eletrônicos dotados de componentes sensíveis a variações de tensão, as quais podem ser originadas por descargas atmosféricas ou instabilidades na rede. De acordo com Schneider Electric (20--?) o DPS é projetado para detectar essas variações e desviar as correntes de surto para o caminho de menor resistência, direcionando-as ao sistema de aterramento.

A NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece, que a máxima tensão de operação (MTO) do DPS deve atender os valores apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Valor Mínimo de MTO exigível do DPS, em função do esquema de aterramento.

DPS conectado entre				Esquema de aterramento				
Fase	Neutro	PE	PEN	TT	TN-C	TN-S	IT com neutro distribuído	IT sem neutro distribuído
X	X			$1,1 U_o$		$1,1 U_o$	$1,1 U_o$	
X		X		$1,1 U_o$		$1,1 U_o$	$\sqrt{3} U_o$	U
X			X		$1,1 U_o$			
	X	X		$U_o$		$U_o$	$U_o$	

NOTAS

- 1 Ausência de indicação significa que a conexão considerada não se aplica ao esquema de aterramento.
- 2  $U_o$  é a tensão fase-neutro.
- 3 U é a tensão entre fases.
- 4 Os valores adequados de  $U_c$  podem ser significativamente superiores aos valores mínimos da tabela.

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004, p. 133).

Conforme estabelece a NBR IEC 61643-1 (ABNT, 2007), a classificação do DPS é definida a partir dos parâmetros de ensaio aos quais o equipamento foi submetido, sendo categorizados em classes I, II e III. O autor Cotrim (2009, p.376-377) descreve essas classes considerando suas características específicas e os critérios de ensaio correspondentes.

Classe I: DPS ensaiado em condições de corrente que melhor simule o primeiro golpe da descarga atmosférica,  $I_{IMP}$  (kA) sob carga Q (A.s) (surtos conduzidos) [...].

Classe II: DPS ensaiado em condições de correntes que melhor simulem os golpes subsequentes das descargas atmosféricas e as condições de influências indiretas nas instalações,  $I_N$  (surtos induzidos) [...].

Classe III: Por ser um dispositivo atenuador de ajuste de tensão, utilizado em níveis internos de proteção, este DPS é ensaiado com forma de onda combinada, isto é, com um 'gerador combo', circuito aberto [...].

No âmbito normativo da concessionária da região de Santa Catarina, a norma da N-321.0003 da Celesc, estabelece obrigatoriedade da instalação de DPS no ponto de entrada de energia da edificação. O dispositivo deve ser "localizado o mais próximo

possível do ponto de entrada do ramal na edificação, no quadro de medição coletivo (QMC) ou quadro geral de proteção (QGP)” (Celesc, 2016, p. 53).

Figura 15 – DPS Monopolar 5SD7 4



Fonte: Siemens (2021).

## 2.8 PROTEÇÃO E ATERRAMENTO

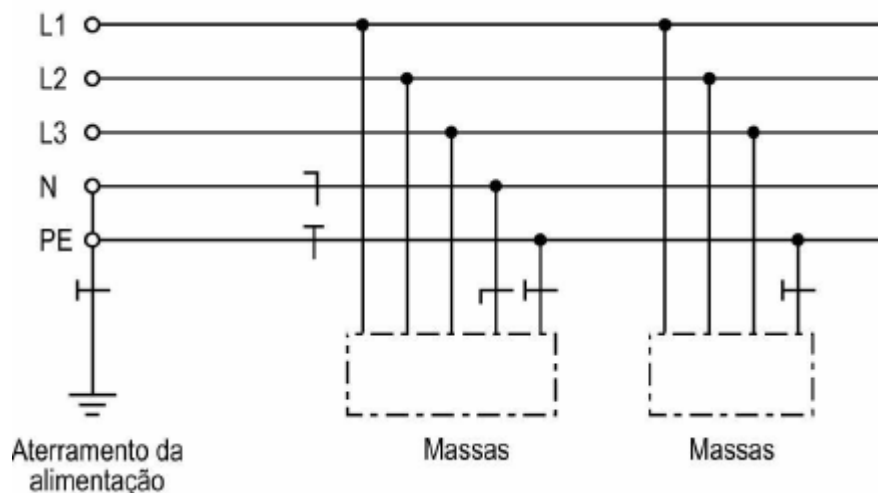
A norma NBR 5410 (ABNT, 2004) prevê que, para implementar o aterramento nas edificações, podem ser utilizadas as armaduras metálicas do concreto das fundações como eletrodo de aterramento. Alternativamente, é possível o uso de fitas, barras ou cabos metálicos imersos no concreto das fundações, malhas metálicas enterradas, ou, ainda, anéis metálicos enterrados, instalados de forma a circundar o perímetro da edificação, complementado por hastes verticais.

A configuração dos eletrodos de aterramento deve formar uma malha sob o piso, sendo projetada conforme às propriedades do solo e valor da resistência de aterramento exigida (Mesh Engenharia, 2023a). Nesse sentido, a normativa N-321.0002 (Celesc, 2016, p.52) estabelece que: “o valor da resistência de aterramento, em qualquer época do ano, não deverá ultrapassara 10 (dez) Ohms”, de modo a reduzir os gradientes de potencial no solo.

Os esquemas de aterramento apresentados no capítulo 4.2.2.2 da norma NBR 5410 (ABNT, 2004), incluem as configurações de simbologia e nomenclatura dos esquemas. Neste trabalho, será considerado o uso do esquema TN-S. Neste arranjo,

a letra T indica a existência de um único ponto de alimentação diretamente aterrado (neutro), a letra N designa que as massas são diretamente conectadas a esse ponto de alimentação, e a letra S especifica que, em instalações com subestação, as massas são ligadas a um aterramento separado do neutro e das demais massas da instalação (ABNT, 2004, 2021).

Figura 16 – Esquema de aterramento TN-S.



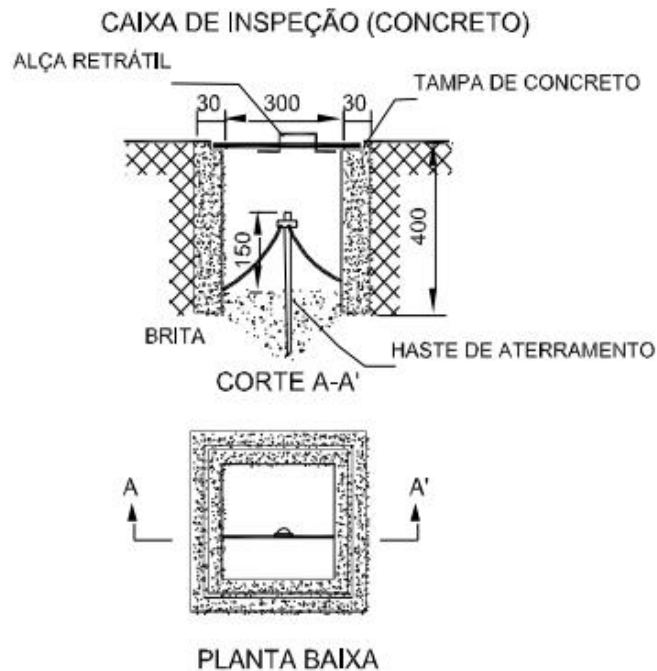
Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p.15).

De acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004, p.37) “Todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão; NOTA: Um condutor de proteção pode ser comum a mais de um circuito [...]”.

A norma N-321.0003 (Celesc, 2023) estabelece que as hastes de aterramento devem ser revestidas por camada de cobre de diâmetro nominal 1/2” ou 5/8”, com espessura mínima de 254  $\mu\text{m}$ . Em relação à sua distribuição na malha de aterramento, a Celesc (2023) solicita pelo menos três metros de distanciamento entre as hastes, e no mínimo cinco destas para formação da malha de aterramento.

A N-321.0002 (Celesc, 2016, p.51) especifica que “o condutor de aterramento da instalação geral, do(s) neutro(s) do(s) transformador(es), bem como das interligações entre os eletrodos, formando o sistema de aterramento geral, deverá ser de cobre nu”. A referida norma especifica que a seção dos condutores de aterramento não deve ser inferior a 50mm<sup>2</sup>. Além disso, no interior da subestação deve ser prevista pelo menos uma caixa de inspeção com dimensão 30x30x40cm, em alvenaria ou concreto (Celesc, 2016).

Figura 17 – Caixa de inspeção de aterramento.



Fonte: N-321.0002 – (Celesc, 2016, p. 145).

### 2.8.1 Equipotencialização (BEP)

De acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004), em cada edificação deve ser implementada uma equipotencialização principal, concentrada no quadro de barramento de equipotencialização principal (BEP), preferencialmente próximo ao ponto de entrada do empreendimento. A esse barramento devem ser conectadas as armaduras de concreto armado, as estruturas metálicas da edificação, assim como as tubulações e demais componentes que possam conduzir corrente.

A norma N-321.0002 (Celesc, 2016) especifica que a caixa destinada ao BEP deve ser confeccionada em material metálico ou polimérico, apresentando dimensões mínimas de 350 x 450 x 200 mm ou 260 x 520 x 186 mm (L x A x P).

## 2.9 CONDUTORES ELÉTRICOS

De acordo com Luminus (2024), em uma instalação elétrica, os condutores têm a função essencial de transportar a corrente elétrica. Eles podem ser fabricados em cobre ou alumínio, contudo, a NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 89) estabelece que, em locais classificados como BD4, isto é, ambientes de alta densidade de ocupação de

público, “[...] não é permitido, em nenhuma circunstância, o emprego de condutores de alumínio”.

Os cabos elétricos podem ser classificados de acordo com o nível de tensão da instalação. Em sistemas de Baixa Tensão, são destinados à condução de circuitos de até 1 kV (Oliveira, 2019b). De acordo com Prysmian (2010), os cabos têm composição formada por condutor, isolação e cobertura e podem ser fabricados nas configurações unipolar ou multipolar. Além disso, existem os condutores isolados, que diferem por não apresentar cobertura externa.

Figura 18 – Condutor isolado, cabo unipolar e multipolar.



Fonte: Ayrão (2017).

Figura 19 – Tipos de Isolação de cabos.



Fonte: INDUSCABOS (2023).

A tabela 4 apresenta as temperaturas características dos condutores, de acordo com o material de isolação.

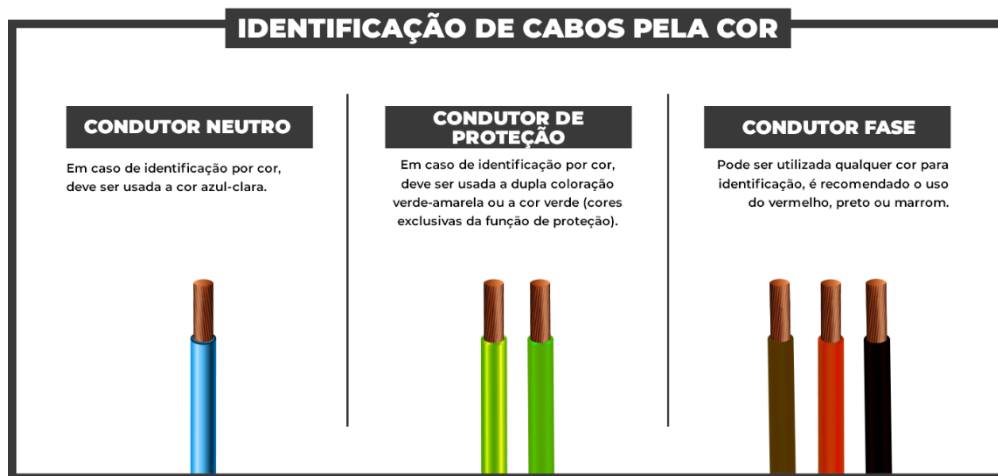
Tabela 4 – Temperaturas características dos condutores em relação ao material de isolamento.

Tipo de isolamento	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm <sup>2</sup>	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm <sup>2</sup>	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004, p. 100).

A NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece que os condutores devem ser identificados por meio de padronização cromática. Segundo a referida norma, o condutor neutro deve ser identificado pela cor azul-claro, e o condutor de proteção (PE) deve, obrigatoriamente, ser representado pela cor verde ou verde/amarela. As fases podem ser identificadas pelas cores vermelha, preta, branca ou marrom.

Figura 20 – Identificação dos cabos.



Fonte: Brumaplastic (20--?).

## 2.10 DIMENSIONAMENTO CONDUTORES

A NBR 5410 (ABNT, 2004) determina que a seção dos condutores deve ser dimensionada de forma a atender, no mínimo, aos critérios de seção mínima, capacidade de condução de corrente, queda de tensão e requisitos de proteção contra curto-circuito, sobrecarga e choques elétricos. Após a análise de todos estes parâmetros, deve-se adotar a maior seção obtida como resultado do dimensionamento.

### 2.10.1 Critério de Seção Mínima

Este critério refere-se às seções mínimas exigidas para cada tipo de circuito, em função do material condutor empregado. A tabela 5, apresenta os respectivos valores de seção mínima dos condutores por tipo de circuito exigidos pela NBR 5410 (ABNT, 2004). No âmbito deste estudo, verifica-se que, para circuitos de iluminação, a seção mínima admissível dos condutores de cobre é de 1,5mm<sup>2</sup>, enquanto, para circuitos de força, o valor mínimo requerido é de 2,5 mm<sup>2</sup>.

Tabela 5 – Seção mínima do condutor fase.

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm <sup>2</sup> - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força <sup>2)</sup>	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu <sup>3)</sup>
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu <sup>4)</sup>
		Circuitos a extra-baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu
<sup>1)</sup> Seções mínimas ditadas por razões mecânicas <sup>2)</sup> Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força. <sup>3)</sup> Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm <sup>2</sup> . <sup>4)</sup> Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm <sup>2</sup> .			

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 113).

O dimensionamento do condutor neutro apresenta particularidades em relação aos demais condutores. Segundo a NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 114), “o condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito [...], o condutor neutro de um circuito monofásico deve ter a mesma seção do condutor de fase”.

O dimensionamento do condutor de proteção, por sua vez, pode ser realizado com base na tabela 6, extraída da NBR 5410 (ABNT, 2004), a qual estabelece que, na ausência de seções padronizadas disponíveis, deve ser adotar a seção mais próxima.

Tabela 6 – Seção mínima do condutor de proteção.

Seção dos condutores de fase S mm <sup>2</sup>	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm <sup>2</sup>
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

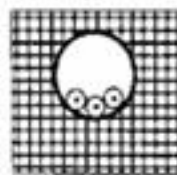
Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 150).

### 2.10.2 Critério de Capacidade de Condução de Corrente

Este critério busca garantir maior durabilidade dos condutores, respeitando a sua capacidade de condução de corrente elétrica, mantendo suas propriedades de isolamento e temperatura em níveis seguros. Nesse contexto, o método de instalação exerce influência direta, uma vez a forma como os condutores são dispostos em eletrodutos e eletrocalhas, resultam em diferentes condições de troca térmica (ABNT, 2004).

Existem diversos métodos apresentados pela NBR 5410, para instalação de cabos em condutos elétricos. Dentre estes, o método B1, que pode ser utilizado como método de instalação para cabos unipolares instalados em eletrodutos embutidos em alvenaria, ou, condutores instalados em eletroduto aparente (ABNT, 2004). A figura 21 ilustra esse exemplo.

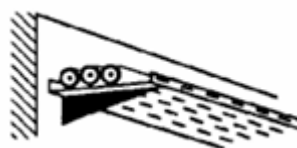
Figura 21 – Método B1: Eletrodutos embutidos em alvenaria.



Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 90).

Para cabos instalados em eletrocalhas perfuradas, o método de instalação F é o indicado pela norma (ABNT, 2004).

Figura 22 – Método F: Eletrocalhas perfuradas.



Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 91).

E para cabos instalados em eletrodutos enterrados, o método de instalação D é o indicado pela norma (ABNT, 2004).

Figura 23 – Método D: Eletrodutos enterrados.



Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 94).

Segundo Mamede Filho (2017), para determinação do condutor, é necessário dimensionar a corrente de projeto. Esta, pode ser calculada através da carga instalada ou demandada, tensão do circuito e fator de potência. Segundo o autor, a corrente elétrica para circuitos monofásicos pode ser definida através da equação:

$$I_c = \frac{D_c}{V_{fn} \times \cos \phi} \quad (3)$$

Em que:

$D_c$  = Demanda da carga (W)

$V_{fn}$  = Tensão entre fase e neutro (V)

$\cos \phi$  = Fator de potência de carga

Para circuitos trifásicos a corrente é dada pela equação (4) (Mamede Filho, 2017):

$$I_c = \frac{P_c}{\sqrt{3} \times V_{ff} \times \cos \phi} \quad (4)$$

Em que:

$P_c$  = Potência ativa demandada da carga, considerada equilibrada (W)

$V_{ff}$  = Tensão entre fase-fase (V)

$\cos \phi$  = Fator de potência de carga

Após a definição da corrente de projeto, devem ser aplicados os fatores de correção correspondentes, considerando as condições que o condutor está sujeito,

tais como temperatura, resistividade térmica e agrupamento com condutores de outros circuitos (Alto QI, 2025).

$$I_{co} = \frac{I_c}{F_c} \quad (5)$$

Em que:

$I_{co}$  = Corrente corrigida (A)

$F_c$  = Fator(es) de correção

Aplicando os fatores de correção e encontrando a corrente corrigida, o próximo passo é a consulta as tabelas de capacidade de condução de corrente, fornecidas pela NBR 5410, apresentadas nos anexos “A”, “B”, “C” e “D”, para a definição da seção do condutor para o circuito.

#### 2.10.2.1 Fator de Correção de Temperatura

De acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004), a temperatura ambiente a ser considerada é a do meio circundante quando o condutor analisado não estiver carregado. Os valores indicados nas tabelas de capacidade de condução de corrente assumem uma temperatura ambiente de 30°C para condutores instalados fora do solo e de 20°C para aqueles embutidos no solo.

Nos casos em que a temperatura ambiente difere dos mencionados, devem ser aplicados os fatores de correção de temperatura indicados na tabela 40 da norma ABNT (2004).

#### 2.10.2.2 Fator de Correção por Resistividade Térmica

A NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece o valor de 2,5 K.m/W como referência para a resistividade térmica do solo. Para este trabalho, será adotado valor igual ao da normativa para fins de estudos.

#### 2.10.2.3 Fator de Correção por Agrupamento de Circuitos

Quando há agrupamento de circuitos em um eletroduto ou eletrocalha, isto é, quando o número de condutores carregados excede aqueles apresentados nas tabelas de capacidade de condução de corrente, torna-se necessário aplicar os fatores de correção correspondentes (ABNT, 2004).

A NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece que, para condutores cujo dimensionamento resulte em corrente de projeto inferior a 30% da sua capacidade de condução de corrente, o fator de correção por agrupamento pode ser desconsiderado.

As tabelas 7, 8 e 9 apresentam os fatores de correção aplicáveis em função do agrupamento de condutores.

Tabela 7 – Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única.

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Método de instalação
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥ 20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	Métodos A a F
2	Camada única sobre parede, piso ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				Métodos E e F
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	Camada única sobre leito, suporte, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fonte: Prysmian (2020, p. 15).

Tabela 8 – Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores (eletrocalhas, leitos).

		Quantidade de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares por camada				
		2	3	4 ou 5	6 a 8	9 e mais
Quantidade de camadas	2	0,68	0,62	0,60	0,58	0,56
	3	0,62	0,57	0,55	0,53	0,51
	4 ou 5	0,60	0,55	0,52	0,51	0,49
	6 a 8	0,58	0,53	0,51	0,49	0,48
	9 e mais	0,56	0,51	0,49	0,48	0,46

Fonte: Prysmian (2020, p. 16).

Por fim, a tabela 9 apresenta os fatores de agrupamento para condutores em eletrodutos enterrados.

Tabela 9 – Fatores de agrupamento para linhas em eletrodutos enterrados.

Cabos multipolares em eletrodutos – Um cabo por eletroduto				
Número de circuitos	Espaçamento entre eletrodutos (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,80
Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrodutos <sup>2)</sup> – Um condutor por eletroduto				
Número de circuitos (grupos de dois ou três condutores)	Espaçamento entre eletrodutos (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,95
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

(a)

Cabos multipolares

Cabos unipolares

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p.109).

### 2.10.3 Critério da Máxima Queda de Tensão

Segundo Mamede Filho (2017, p. 164):

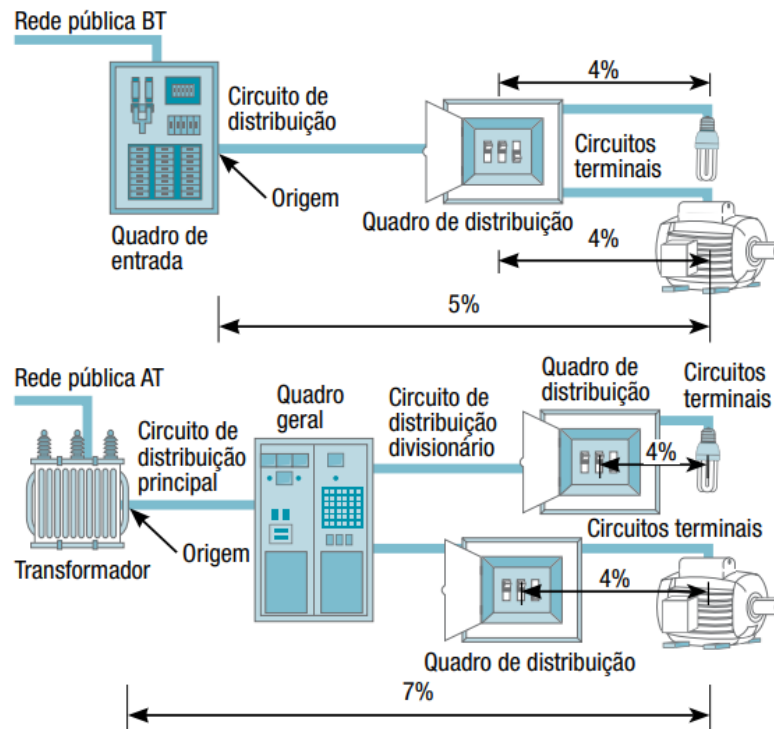
Após o dimensionamento da seção do condutor pela capacidade de corrente de carga, é necessário saber se esta seção está apropriada para provocar uma queda de tensão no ponto terminal do circuito, de acordo com os valores mínimos estabelecidos pela norma NBR 5410 [...].

A queda de tensão ocorre naturalmente durante a transmissão de energia, decorrente das limitações físicas dos condutores, que não apresentam comportamento ideal. Desta forma, à medida que a corrente percorre por um condutor, parte da energia é dissipada devido à resistência elétrica do material, resultando em uma redução progressiva do nível de tensão ao longo do circuito (Pascoal, 2025a).

A NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece que, em qualquer ponto de utilização, a queda de tensão não deve exceder 4% da tensão nominal da instalação para os circuitos terminais, e de 7% totais, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT. Para instalações com fornecimento de energia em tensão

secundária, o limite da queda de tensão do ponto de entrega até os circuitos terminais não pode ser superior a 5%.

Figura 24 – Limites de queda de tensão.



Fonte: Prysmian (2010, p. 61).

Mamede Filho (2017) apresenta as equações para cálculo da queda de tensão para circuitos monofásicos (Fase-Neutro):

$$S_c = \frac{200 \times \rho \times \sum(L_c \times I_c)}{\Delta V_c \times V_{fn}} \quad (6)$$

Onde:

$S_c$  = Seção mínima do condutor ( $\text{mm}^2$ )

$\rho$  = Resistividade do material condutor (cobre):  $1/56 \text{ } \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

$L_c$  = Comprimento do circuito (m)

$I_c$  = Corrente de projeto (A)

$\Delta V_c$  = Queda de tensão máxima admitida em projeto (%)

$V_{fn}$  = Tensão entre fase-neutro (V)

Para os circuitos trifásicos, a queda de tensão pode ser definida pela equação (7), segundo Mamede Filho (2017):

$$\Delta v_c = \frac{\sqrt{3} \times I_c \times L_c \times (R \cos \phi + X \sin \phi)}{10 \times N_{c\rho} \times V_{ff}} \quad (\%) \quad (7)$$

Onde:

R = Resistência do condutor (mΩ/m)

X = Reatância do condutor (mΩ/m)

ϕ = Ângulo do fator de potência da carga

$N_{c\rho}$  = Número de condutores em paralelo por fase

$V_{ff}$  = Tensão entre fase-fase (V)

A seção mínima do condutor para circuitos trifásicos, de cabos com seção entre 1,5 e 25 mm<sup>2</sup>, pode ser definida pela equação (8), segundo Mamede Filho (2017):

$$S_c = \frac{100 \times \sqrt{3} \times \rho \times \sum(L_c \times I_c)}{\Delta V_c \times V_{ff}} \quad (mm^2) \quad (8)$$

#### 2.10.4 Critério de Proteção Contra Correntes de Curto-Circuito

Acerca das proteções contra curtos-circuitos Creder (2016, p. 145) destaca que:

Devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de curto-circuito nos condutores dos circuitos, antes que os efeitos térmicos e mecânicos dessa corrente possam tornar-se perigosos aos condutores e suas ligações.

De acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 65) “as correntes de curto-circuito presumidas devem ser determinadas em todos os pontos da instalação julgados necessários”. A norma também estabelece que “devem ser providos dispositivos que assegurem proteção contra curtos-circuitos em todos os pontos onde uma mudança [...] resulte em alteração do valor da capacidade de condução de corrente dos condutores”.

Os dispositivos destinados à proteção contra curto-circuito devem apresentar capacidade de interrupção, no mínimo, equivalente à corrente de curto-circuito presumida. Além disso, a energia que passa através do dispositivo de proteção deve ser menor do que a energia capaz de elevar a temperatura do condutor além dos seus limites seguros (ABNT, 2004).

### **2.10.5 Critério de Proteção Contra Correntes de Sobrecarga**

Para proteção contra correntes de sobrecarga, devem ser asseguradas as condições prescritas na seção 2.7.1.1 deste trabalho. Na qual a corrente de um circuito deve ser inferior a corrente nominal do dispositivo de proteção atribuído ao circuito e o condutor deste, deve suportar a corrente de projeto e a corrente nominal do dispositivo de proteção (Creder, 2016).

Segundo Prysmian (2020, p. 47), “como regra geral, os condutores isolados ou os cabos, não devem operar com correntes acima das máximas capacidades de condução de corrente em regime permanente”. O autor ainda especifica que em situação de sobrecarga, o dispositivo de proteção deve atuar em curto período para interrupção de fluxo de corrente no circuito, evitando que os condutores sejam danificados por serem expostos a temperaturas superiores ao seu limite, estabelecido pelo fabricante. As temperaturas máximas aceitáveis pelos condutores, conforme seu tipo de isolamento, foram apresentadas na seção 2.9 deste trabalho, tabela 4.

### **2.10.6 Critério de Proteção Contra Choques Elétricos**

A norma para instalações em baixa tensão, NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 8), especifica quanto a proteção contra choques: “as pessoas e os animais devem ser protegidos contra choques elétricos, seja o risco associado a contato acidental com parte viva perigosa, seja a falhas que possam colocar uma massa acidentalmente sob tensão”.

De acordo com a norma, a proteção contra choques elétricos envolve a isolamento básica de componentes e materiais, a limitação da tensão, a equipotencialização e outros meios destinados a garantir a segurança das instalações elétricas, como a utilização de dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (DR) para proteção adicional (ABNT, 2004).

Como forma de proteção contra choques elétricos, a norma ABNT (2004, p. 36) descreve que “todas as massas de uma instalação devem estar ligadas a condutores de proteção” e devem estar vinculadas à equipotencialização principal da edificação. Esta medida assegura que não ocorram diferenças significativas de potencial entre os elementos condutivos de um edifício, tanto em condições normais de operação quanto em casos de falha elétrica (Pascoal, 2025b).

## 2.11 ELETRODUTOS

Segundo Lima Filho (2001, p. 147) “o componente de uma instalação que propicia um meio envoltório, ou invólucro, aos condutores elétricos é chamado de conduto”. O autor ainda destaca que os eletrodutos têm como função garantir a proteção mecânica dos condutores, resguardá-los contra agentes ambientais, como corrosão ou ataques químicos, além de reduzir riscos ao ambiente em que foi instalado, prevenindo incêndios ocasionados por possíveis superaquecimentos dos condutores.

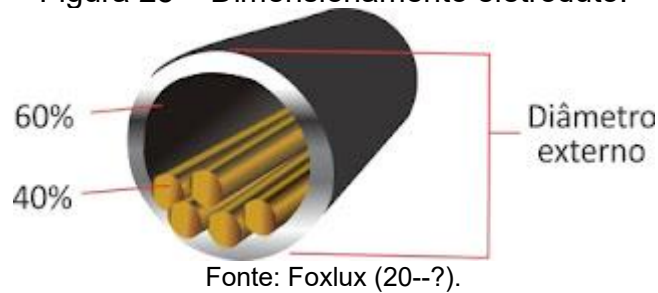
Os eletrodutos podem ser fabricados em materiais metálicos como aço carbono galvanizado ou alumínio, ou em materiais não metálicos, como PVC e polietileno de alta densidade (PEAD), entre outros. Dependendo da aplicação, podem ser rígidos, adequados a instalações aparentes como instalações em pavimentos de garagem, ou flexíveis, utilizados em situações embutidas em alvenaria, no solo ou em lajes (Lima Filho, 2001).

Segundo Mamede Filho (2017), só é permitido a instalação de mais de um circuito dentro de um eletroduto se todos os circuitos se originarem de um mesmo dispositivo de proteção geral. O autor ainda destaca que para instalar condutores de diferentes seções em um mesmo conduto, só é permitido quando estes forem instalados em intervalos de três valores normalizados sucessivos.

### 2.11.1 Dimensionamento de Eletrodutos

De acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004), os eletrodutos devem ser dimensionados de forma a permitir que os condutores possam ser instalados e retirados com facilidade. Para instalações em baixa tensão, a norma especifica a taxa máxima que um eletroduto pode ser ocupado pelos condutores: “53% no caso de um condutor; 31% no caso de dois condutores; 40% no caso de três ou mais condutores” (ABNT, 2004, p. 120).

Figura 25 – Dimensionamento eletroduto.



De acordo com Creder (2016) a área útil do eletroduto ( $A_e$ ) pode ser encontrada através da equação (9).

$$A_e = \frac{\pi \times D_{in}^2}{4} \quad (9)$$

Em que:

$D_{in}$  = Diâmetro interno do eletroduto.

Ainda de acordo com o autor, para a determinação da área mínima do eletroduto, pode-se utilizar a equação (10).

$$D_{in} = \sqrt{\frac{4 \times \sum A_c}{f \times \pi}} \quad (10)$$

Em que:

$A_c$  = Área externa do condutor.

$f$  = Porcentagem de taxa de ocupação máxima do eletroduto (0,53 para um condutor; 0,31 para dois condutores; 0,40 para três ou mais condutores).

A NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 120), especifica que:

os trechos contínuos de tubulação, sem interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder 15 m de comprimento para linhas internas às edificações e 30 m para as linhas em áreas externas às edificações, se os trechos forem retilíneos. Se os trechos incluírem curvas, o limite de 15 m e o de 30 m devem ser reduzidos em 3 m para cada curva de 90°.

Para instalações em média tensão, a norma NBR 14039 (ABNT, 2021) estabelece que a taxa máxima de ocupação em relação a área da seção transversal do eletroduto não deve ser superior: “40% no caso de um cabo; 30% no caso de dois

ou mais cabos” (ABNT, 2021, p. 70). A norma ainda estabelece que podem ser previstas até três curvas de 90° em cada trecho de tubulação.

## 2.12 CIRCUITOS ELÉTRICOS

Benvegnú (2018, p. 28) descreve circuito elétrico como um:

[...] conjunto de pontos de consumo, alimentados pelos mesmos condutores e ligados ao mesmo dispositivo de proteção. Ele pode ser dividido em circuito de distribuição e circuitos terminais. O circuito de distribuição liga o quadro do medidor de energia ao quadro de distribuição do sistema [...]. Já os circuitos terminais, partem dos quadros terminais e alimentam diretamente os aparelhos elétricos, como lâmpadas e tomadas.

A NBR 5410 (ABNT, 2004) prescreve as diretrizes para a divisão dos circuitos elétricos, determinando que a instalação seja seccionada conforme suas necessidades e características funcionais.

### 2.12.1 Separação por cômodos ou funcionalidade

De acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004), deve-se prever circuitos independentes para cada equipamento cuja corrente nominal ultrapasse 10 A. A norma também determina que pontos de iluminação e pontos de tomadas não devem compartilhar o mesmo circuito, sendo obrigatória a criação de circuitos distintos para cada finalidade.

Conforme a NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 184), “os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas desses locais”.

### 2.12.2 Previsão de Cargas

A NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece que, durante a concepção de um projeto, é fundamental prever a potência dos pontos de utilização e dos equipamentos que compõem o sistema da instalação. Para a determinação da potência total de um circuito, devem considerados os equipamentos a serem alimentados, bem como a possibilidade de uso não-simultâneo entre eles. A referida norma também orienta a previsão de capacidade reserva nos circuitos, possibilitando futuras ampliações, além

de prever espaço adicional nos condutos, respeitando a taxa máxima de ocupação permitida.

Os circuitos elétricos devem ser devidamente identificados no projeto quanto às suas proteções, cabos, potência, tensão e corrente, e distribuídos entre as fases, de acordo com a carga, de modo a manter o balanceamento do sistema. Esse balanceamento é essencial para evitar sobrecargas em uma ou mais fases, reduzindo as perdas por aquecimento nos condutores. O desequilíbrio entre fases pode resultar em variações de tensão, comprometendo o desempenho e a vida útil dos componentes da instalação (Zetaluz, 2024).

#### 2.12.2.1 *Circuitos de Iluminação*

A NBR 5410 (ABNT, 2004) apresenta o método de dimensionamento para iluminação de ambientes denominado carga mínima, segundo o qual deve ser previsto ao menos um ponto de iluminação em cada ambiente, controlado por dispositivo de comando.

A referida norma estabelece os critérios mínimos para ambientes de habitação, determinando que seja prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m<sup>2</sup> de cada cômodo, acrescida de 60 VA para cada 4 m<sup>2</sup> adicional. Esses valores são para fins exclusivos do cálculo de dimensionamento dos circuitos, não necessariamente correspondendo à potência nominal das lâmpadas instaladas (ABNT, 2004).

#### 2.12.2.2 *Circuitos de Tomadas*

A NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece os requisitos mínimos para o número de pontos de tomada e as potências mínimas a serem previstas, conforme o ambiente. De acordo com a norma, devem ser previstos no mínimo:

- Um ponto de tomada em banheiros, instalado a no mínimo 60 cm de distância do limite box de chuveiros ou banheiras;
- Um ponto de tomada para cada 3,5 metros ou frações de perímetro em ambientes de cozinha, copas, lavanderias e áreas de serviço, com mínimo de duas tomadas acima da bancada da pia;

- Um ponto de tomada para varandas, sendo permitido a instalação deste ponto próximo ao acesso da varanda quando a área desta for inferior a 2 m<sup>2</sup> ou tiver profundidade inferior a 0,80 m;
- Um ponto de tomada para cada 5 metros ou frações de perímetro em salas, dormitórios e demais cômodos com área superior a 6 m<sup>2</sup>;
- Um ponto de tomada para cômodos com área igual ou inferior a 6 m<sup>2</sup>, sendo permitido, para ambientes com área igual ou inferior a 2,25 m<sup>2</sup>, a instalação do ponto de tomada externamente, até 0,80 m de distância da porta de acesso;
- Um ponto de tomada em garagens, subsolos ou locais similares.

Quanto a atribuição de potência por ponto de tomada, a NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 184) estabelece que:

- a) em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente;
- b) nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

Ainda, de acordo com a norma ABNT, os pontos de uso específico devem ser dimensionados conforme a potência nominal dos equipamentos a serem instalados, e suas respectivas tomadas devem estar localizadas no máximo a 1,5m ponto de utilização, prevendo-se quantidade suficiente para atender a instalação simultânea de vários equipamentos (ABNT, 2004).

Nas áreas técnicas como casa de bombas e sala de equipamentos, a norma exige pelo menos um ponto de tomada de uso geral (TUG), com potência mínima de 1000 VA, de modo a garantir condições para operações e manutenções (ABNT, 2004).

## 2.13 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM MÉDIA TENSÃO

No que diz respeito a fornecimento de energia, Creder (2016, p. 362) descreve que:

Normalmente as concessionárias de serviço público de eletricidade estabelecem limites de carga para o abastecimento dos consumidores em

tensão secundária, ou baixa tensão. Para alimentação de cargas cuja soma seja superior a estes limites, há necessidade de instalação de uma subestação abaixadora [...].

Para a Celesc (2016, 2023), unidades consumidoras com carga instalada superior a 75 kW, e empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras com demanda superior a 300 kW devem ser atendidos em fornecimento de energia em tensão primária de distribuição.

## 2.14 SUBESTAÇÃO ELÉTRICA

Subestações elétricas possuem como sua função principal a transformação de níveis de tensão. São fundamentais nos sistemas de geração, transmissão e distribuição, garantindo que o transporte da energia seja feito de forma eficaz e segura, reduzindo perdas e garantindo qualidade no fornecimento da energia elétrica (Medeiros, 2017). Devem ser projetadas em conformidades com a NBR 14039 (ABNT, 2021) e com as normas da concessionária local, neste caso a Celesc.

### 2.14.1 Características Construtivas

As subestações são compostas por equipamentos de manobra, transformação e proteção. Suas características começam pela sua construção, que de forma geral podem ser dos tipos abrigada e ao tempo (Medeiros, 2017).

As subestações abrigadas “[...] são divididas em compartimentos denominados postos ou cabines, cada um desempenhando uma função bem definida” (Mamede Filho, 2017, p. 777). O autor descreve sobre as cabines de medição, proteção e transformação.

Segundo o referido autor, as cabines de medição comportam “[...] os equipamentos auxiliares de medição, como os transformadores de corrente e potencial” (Mamede Filho, 2017, p. 777). Estes, são necessários para a averiguação da qualidade de fornecimento por parte da concessionária, assim como da verificação de possíveis cargas perturbadoras provenientes do consumidor.

Já na segunda cabine, de proteção, são alocados os equipamentos de proteção, como as chaves seccionadoras, fusíveis, disjuntor de média tensão e o relé secundário de sobrecorrente (Mamede Filho, 2017).

E por último, as cabines de transformação, podendo estas serem tantas quanto forem necessárias para alocar os transformadores de força, podem ou não comportar equipamentos de proteção individual, de acordo com a carga do transformador (Mamede Filho, 2017).

#### **2.14.2 Localização da Subestação**

Para a determinação da localização de instalação da subestação devem ser atendidos alguns requisitos, como:

- Espaçamento mínimo para circulação e uso, de modo a atender as distâncias exigidas pelas normas regulamentadoras tanto para os espaços destinados aos equipamentos, quanto aos espaços destinados aos operadores. Este dimensionamento deve prever segurança para manutenções, movimentações de equipamentos e circulação de ar (ABNT, 2021);
- Impactos ambientais e considerações topográficas (proibição de instalação em áreas sujeitas a inundações, ambientes corrosivos, etc) (Celesc, 2023);
- Localização próxima à via pública, no pavimento térreo, afastada de no máximo 8,0 metros do limite da propriedade, permitindo livre acesso à concessionária. Pode ser alocada em outros pavimentos como subsolo ou primeiro pavimento de garagem, contanto que haja comunicação e aprovação por parte da concessionária, e seja previsto o acesso livre e irrestrito à mesma (Celesc, 2023);

#### **2.15 COMPONENTES (SE)**

De acordo com Silva (2019), é comum a ocorrência de perturbações em sistemas de média tensão, como sobrecorrentes, sobretensões e falhas transitórias. Para a proteção do sistema, utilizam-se dispositivos adequados para cada situação de anomalia, evidenciando a necessidade do emprego de componentes capazes de entregar tempos de resposta compatíveis com as exigências operacionais atuais.

Os dispositivos de baixa tensão foram abordados nos capítulos anteriores, incluindo quadros gerais de proteção, disjuntores e condutores. Nesta seção, passam a ser tratados os equipamentos destinados à parte de média tensão, empregados em

sistemas de entrada de energia para empreendimentos que demandam fornecimento de tensão em níveis superiores devido sua elevada carga.

### 2.15.1 Isoladores

São dispositivos utilizados para a fixação e isolamento de barramentos e condutores das partes energizadas das estruturas e massas. São instalados quando se deseja interligar condutores de um cubículo aberto para outro (Creder, 2016).

De acordo com a Celesc (2016) os isoladores de suporte de pedestal devem ser do tipo prensa fio, de construção de vidro ou porcelana, de classe 15 kV ou de 25 kV.

Figura 26 - Isolador Pedestal



Fonte: Lebasi (202-?).

### 2.15.2 Bucha de passagem

Possui função parecida com a dos isoladores, no entanto, são utilizadas quando se deseja interligar condutores de um cubículo fechado para outro, ou de uma área externa, sujeita a intempéries, para uma área abrigada, sem comprometer o isolamento (Mamede Filho, 2017).

Figura 27 – Bucha de Passagem



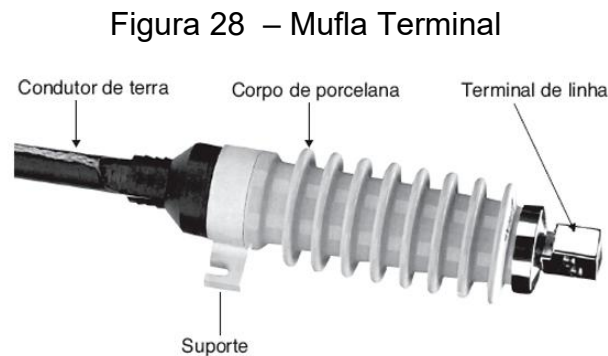
Fonte: Mamede Filho (2017, p. 530).

### 2.15.3 Muflas Terminais

Conforme Gedaias (2022), “a mufla elétrica é uma terminação de cabos elétricos que vai estar conectada a um condutor, equipamento ou barramento elétrico com a função de isolar os cabos alimentadores de média ou alta tensão”. Ainda segundo o autor, seu funcionamento consiste na conexão dos cabos de fase na parte superior, e do aterramento na parte inferior, com distanciamento suficiente entre estas conexões para que reduza os riscos de curtos-circuitos, fugas de corrente e explosões.

São utilizadas para restabelecer as condições de isolamento dos cabos, quando existe transição do tipo de isolamento, como por exemplo, na derivação das redes de distribuição para o ramal de entrada de uma edificação, ou em transições de ramais enterrados para não enterrados (Conducamp, 2023).

A N-321.0002 (Celesc, 2016) especifica que devem ser dimensionadas conforme a tensão nominal da rede, 15 kV para tensão de 13,8 kV, e 25 kV para tensão da rede de 23,1 kV.



Fonte: Mamede Filho (2017, p. 514).

### 2.15.4 Para-raios

Segundo Creder (2016), os para-raios são equipamentos que atuam na proteção da instalação quando uma variação do valor de tensão nominal da rede de distribuição ocorre através de uma descarga atmosférica ou por chaveamento de equipamentos.

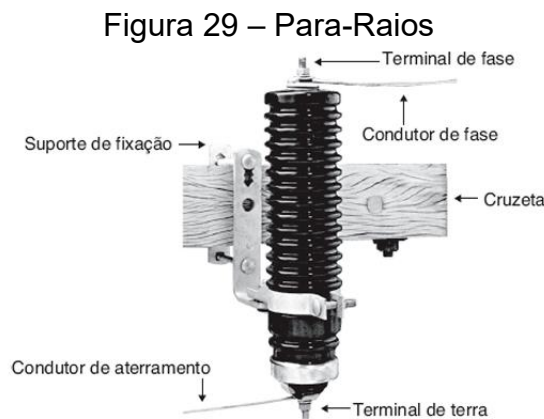
Mamede Filho (2017) descreve que os para-raios são constituídos de corpo de porcelana de alta resistência mecânica e dielétrica, bem como são constituídos de

resistores não-lineares, que segundo o autor, são responsáveis por conduzir as altas correntes de descarga e manter os níveis de tensão residual baixos. A Celesc (2016) complementa que estes dispositivos devem ser de óxido metálico em série (ZnO).

A normativa da concessionária estabelece que, os dispositivos devem ser do tipo “[...] sem centelhador, com dispositivo para desligamento automático, sistema neutro aterrado [...]” (Celesc, 2016, p. 44). Este sistema de desligamento automático tem a função de desconectar o cabo de aterramento do para-raios quando uma corrente elevada percorre o dispositivo (Mamede Filho, 2017).

A N-321.0002 (2016, p. 44) estabelece que a tensão nominal dos para-raios deve ser de “12kV para sistema de 15kV, [...] 21kV para sistema de 25kV sendo a corrente nominal de descarga de 10kA”.

Ainda de acordo com a N-321.0002 (Celesc, 2016), os para-raios são instalados por fase, e devem ser conectados a malha de aterramento, com a ligação mais curta possível, por meio de cabo de cobre nu, flexível, com seção transversal mínima de 25 mm<sup>2</sup>, sem emendas, curvas e ângulos acentuados.



Fonte: Mamede Filho (2017, p. 511).

### 2.15.5 Chaves Seccionadoras

De acordo com Mamede Filho (2017, p. 530), chaves seccionadoras são equipamentos destinados “a interromper, de modo visível, a continuidade metálica de determinado circuito”. A sua função principal é de seccionar o circuito, oferecendo mínima resistência para o fluxo de corrente quando fechada, e isolamento completo do circuito, quando aberta. Podem operar a vazio ou sob carga, de forma manual ou motorizada (Mamede, 2017).

A norma N-321.0002 (Celesc, 2016, p. 16) estabelece para subestações compartilhadas que, “cada unidade consumidora ou transformador conectado ao barramento principal de distribuição da subestação compartilhada deverá ser provido de seu sistema de seccionamento e proteção em tensão primária individual”.

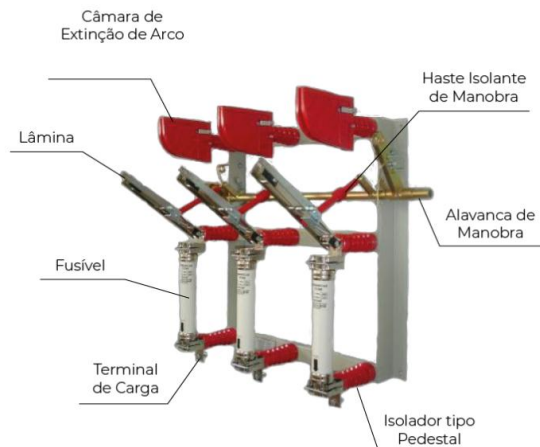
A norma estabelece critério para proteção de cada transformador, sendo que:

caso a potência do transformador seja igual ou inferior a 300kVA deverá ser utilizada para proteção individual no mínimo chave seccionadora tripolar com abertura sob carga e lâmina de aterramento provida de base para fusível HH e mola ultrarrápida de abertura [...] caso a potência individual seja superior a 300kVA deverá ser utilizada proteção individual somente por equipamento de disjunção [...]. (Celesc, 2016, p. 17).

A norma ainda descreve que para potência de transformação superior a 300 kVA, “[...] as chaves seccionadoras deverão ser tripolares de comando simultâneo, com lâmina de aterramento e dispositivo de bloqueio mecânico, tipo abertura sob carga ou com intertravamento de operação com disjuntor [...]” (Celesc, 2016, p. 36).

Mamede Filho (2017, p. 531) descreve que, “em geral, as chaves seccionadoras tripolares, para a classe de tensão de 15 kV, têm corrente nominal de 400 A”.

Figura 30 – Chave Seccionadora Abertura Sob Carga, com base para fusível HH.



Fonte: Mesh Engenharia (2023b).

### 2.15.6 Fusível HH

Conforme mencionado na seção anterior, e estabelecido pela Celesc, as chaves seccionadoras devem possuir fusíveis do tipo HH acoplados em sua estrutura. Os fusíveis são elementos de proteção utilizados para interrupção de elevadas

correntes, como as sobrecorrentes e correntes de curto-circuito (Mesh Engenharia, 2023c).

Estes dispositivos atuam como limitadores de corrente, são constituídos de um invólucro de porcelana, e possuem além do elemento fusível, uma mola de acionamento, que exerce uma força sobre os contatos do dispositivo quando o elemento fusível sofre a queima, em situações de curto-circuito (Mesh Engenharia, 2023c).

Seu dimensionamento é tabelado pela concessionária, conforme normas N-321.0002 e NE-169E da Celesc. De acordo com a NE-169E (20--?), para novas chaves, considerando a tensão nominal de rede de 13,8 kV, deve-se utilizar fusíveis de classe de tensão de 25 kV, e capacidade de ruptura de 40 kA.

Tabela 10 – Dimensionamento dos fusíveis de média tensão do tipo HH.

POTÊNCIA DE TRANSFORMAÇÃO OU DEMANDA (kVA)	TENSÃO NOMINAL	
	13,8 kV	23,1 kV
	CORRENTE NOMINAL DOS FUSÍVEIS HH (A)	
75	6	4
112,5	8	6
150	10	6
225	16	10
300	25	16
500	32	20
750	50	32
1000	63	40
1500	100	63
2000	125	75
2500	160	100

Fonte: Celesc (2016, p. 70).

### 2.15.7 Barramentos Primários

Os barramentos primários, ou, barramentos de média tensão, são elementos condutores, responsáveis pela conexão dos equipamentos entre as cabines de uma subestação, transportando a energia que provém da rede até os transformadores de força, podendo ser de barras de seção retangular ou de vergalhão, de cobre. Devem ser apoiados sobre isoladores de pedestal, ou buchas de passagem, quando próximos a paredes ou teto, impedindo a energização das massas, e em transições entre cabines. O comprimento máximo de um barramento sem apoio à algum isolador deve ser de três metros (Celesc, 2016).

Seu dimensionamento deve ser de acordo com a potência de transformação da subestação, seguindo a tabela 11.

Tabela 11 – Barramento com vergalhão de cobre maciço.

Demanda Final ou potência de transformação kVA	Corrente (A)	Vergalhão de cobre (diâmetro)	
		Polegada	mm
Até 112,5	103	1/4	6,5
de 1101 a 1800	179	3/8	9,5
de 1801 a 2500	285	1/2	12,5
de 2501 a 5000	394	5/8	15,8

Fonte: Celesc (2016, p. 69).

Figura 31 – Cubículo de Transformação



Fonte: Mamede Filho (2017, p. 783).

### 2.15.8 Transformador de Corrente - TC

Segundo Mamede (2017, p. 516), “o transformador de corrente é um equipamento capaz de reduzir a corrente que circula no seu primário para um valor inferior, no secundário, compatível com o instrumento registrador de medição [...]”. Este dispositivo induz o fluxo magnético em um núcleo de material ferromagnético, por meio da circulação da corrente no enrolamento primário em direção ao enrolamento secundário. A quantidade de espiras no primário é inferior à do secundário, e, a redução dos valores da corrente está totalmente vinculada a esta diferença de espiras nos enrolamentos. Normalmente, a corrente nominal padronizada

no secundário é de 5 A, e no primário depende da demanda da instalação (Mamede Filho, 2017).

#### 2.15.8.1 Transformador de corrente para sistema de proteção

A N-321.0002 (Celesc, 2016, p. 40) que os TCs de proteção “devem ficar instalados entre a chave seccionadora de isolamento e o disjuntor; [...] também podem ser instalados no rack metálico de suporte do disjuntor, formando um conjunto integrado com o relé de proteção e demais acessórios.”

Segundo Mamede Filho (2017), a corrente do primário do TC ( $I_{PTC}$ ) deve ser maior ou igual do que a razão da corrente de curto-circuito trifásica no ponto de derivação e o fator de sobrecorrente (FS) do TC. Para fins de estudo de proteção, a N-321.0002 (Celesc, 2016) estabelece que os TCs de média tensão devem ser dimensionados de forma que a corrente de curto-circuito não ultrapasse 20 vezes a corrente nominal do dispositivo [Fator de sobrecorrente (FS) = 20].

$$I_{PTC} \geq \frac{I_{CC \text{ máx}}}{FS} \quad (11)$$

Tabela 12 – Relação de transformação TC – Média Tensão

TRANSFORMADORES DE CORRENTE			
TENSÃO NOMINAL = 13.800V		TENSÃO NOMINAL = 23.100V	
DEMANDA PROVÁVEL (kVA)	RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO	DEMANDA PROVÁVEL (kVA)	RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO
ATÉ 120	5 x 10/5	ATÉ 100	2,5 x 5/5
121 < D ≤ 240	10 x 20/5	101 < D ≤ 200	5 x 10/5
241 < D ≤ 480	20 x 40/5	201 < D ≤ 400	10 x 20/5
481 < D ≤ 960	40 x 80/5	401 < D ≤ 800	20 x 40/5
961 < D ≤ 1200	50 x 100/5	801 < D ≤ 1600	40 x 80/5
1201 < D ≤ 2400	100 x 200/5	1601 < D ≤ 2000	50 x 100/5
2401 < D ≤ 4800	200 x 400/5	2001 < D ≤ 4000	100 x 200/5
4801 < D ≤ 8000	300 x 600/5	4001 < D ≤ 8000	200 x 400/5

Fonte: Celesc (2016, p. 68).

Figura 32 – Transformador de Corrente - TC



Fonte: Conecta Elétrica (20--?).

### 2.15.8.2 Transformador de corrente para sistema de medição

De acordo com Mamede Filho (2017, p. 520):

os transformadores de corrente para serviço de medição devem ser projetados para assegurar a proteção aos aparelhos a que estão ligados (amperímetros, medidores de energia: kWh, kVAh etc.). Durante a ocorrência de um curto-circuito é necessário que a corrente no secundário do TC não aumente na mesma proporção da corrente primária.

O dimensionamento do TC de medição deve ser realizado conforme a tabela 13. Estes valores são utilizados para demandas entre 75 kVA e 300 kVA.

Tabela 13 – Relação de transformação TC de medição

MEDIÇÃO EM BAIXA TENSÃO			
TENSÃO 380/220V		TENSÃO 220V	
POTÊNCIA DE TRANSFORMAÇÃO OU DEMANDA (kVA)	RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO	POTÊNCIA DE TRANSFORMAÇÃO OU DEMANDA (kVA)	RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO
até 75	100/5	75	150/5
de 75 a 112,5	150/5	de 75 a 100	200/5
112,5	150/5	112,5	300/5
de 113 a 150	200/5	de 113 a 150	300/5
de 151 a 225	300/5	de 151 a 200	400/5
225	300/5	225	500/5
de 226 a 260	400/5	de 226 a 260	600/5
de 261 a 300	500/5		

Fonte: Celesc (2016, p. 67).

### 2.15.9 Transformador de Potencial – TP

O autor Mamede Filho (2017) descreve os transformadores de potencial como similares aos transformadores de corrente, uma vez que os TCs reduzem a corrente para a medição, enquanto os TPs reduzem a tensão para níveis compatíveis com os aparelhos de medição.

Quanto a sua localização na subestação, a N-321.0002 (Celesc, 2016, p. 40) estabelece que “o transformador de potencial de proteção deverá ser instalado imediatamente antes da chave seccionadora de isolamento do disjuntor, de modo a manter este equipamento sempre energizado independentemente da abertura desta chave”. A tabela 14 apresenta a relação de transformação dos TPs.

Tabela 14 – Relação de transformação TP – Média Tensão

TRANSFORMADORES DE POTENCIAL		
TENSÃO NOMINAL (V)	RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO	
	LIGAÇÃO COM 02 TP	LIGAÇÃO COM 03 TP
13.200	$13.200/110 = 120$	-
13.800	$13.800/115 = 120$	$13.800R3/115 = 70$
23.100	$23.000/115 = 200$	$23.000R3/115 = 120$

Fonte: Celesc (2016, p. 68).

Figura 33 – Transformador de Potencial - TP



Fonte: Loja Elétrica (20--?).

#### 2.15.10 Transformadores de Força

De acordo com Mattede (20--?),

os transformadores [...] possuem como função compatibilizar os níveis de tensão fornecidos pela concessionária de energia local, os quais são elevados e perigosos, para aqueles apropriados à utilização com segurança em empreendimentos industriais, comerciais e residenciais.

A transformação da tensão ocorre sem alteração da frequência, que, no sistema elétrico brasileiro, deve permanecer em 60 Hz. Para unidades consumidoras cuja carga instalada ultrapasse 75 kW, torna-se necessária a adoção de transformadores (Celesc, 2016). Em edificações compostas por múltiplas unidades consumidoras, a implantação de subestação própria passa a ser obrigatória quando a demanda total do empreendimento excede 300 kVA de demanda (Celesc, 2023).

Segundo Niskier (2008) quando localizadas no interior da edificação, as subestações devem empregar transformadores a seco, justificando-se essa escolha pelo fato de que o líquido isolante presente nos transformadores a óleo é altamente inflamável.

O dimensionamento desses equipamentos deve considerar a demanda da instalação, prevendo-se uma margem de segurança que impeça sua operação em regime de carga máxima. Essa folga é necessária devido às perdas inerentes ao transformador, tanto relacionadas à magnetização do seu núcleo, quanto ao aquecimento das suas bobinas. Para funcionamento adequado, recomenda-se que o transformador opere, no máximo, entre 80% e 90% da sua capacidade, prolongando sua vida útil e aumentando seu rendimento (Henan YuBian Electrician Co., 2024).

Conforme diretrizes da Celesc (2016), os transformadores devem adotar a conexão delta-estrela, com cinco condutores (três fases e neutro aterrado). Segundo Mamede Filho (2017, p. 130), esta configuração “é o sistema secundário de distribuição mais comumente empregado nas instalações elétricas [...]”. E, de acordo com Creder (2016, p. 81) “as cargas dos grandes edifícios são quase sempre ligadas em estrela, pois se constituem de diversas cargas monofásicas e, no conjunto, comportam-se como carga trifásica ligada em estrela”.

Figura 34 – Transformador de Força



Fonte: WEG (20--?).

### 2.15.11 Disjuntor MT

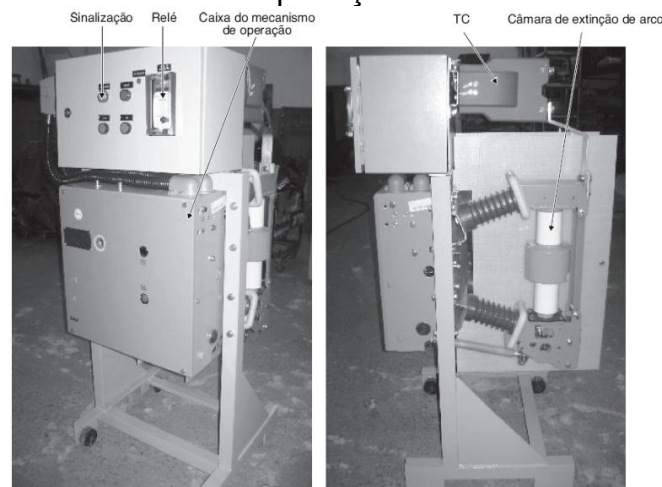
De acordo com a norma N-321.0002 (Celesc, 2016, p. 16), “as subestações compartilhadas que atendam um total de potência de transformação superior a 300kVA deve ser instalado um disjuntor de proteção geral da subestação”.

Segundo Mamede Filho (2017), o disjuntor de média tensão, ou disjuntor de potência, é um equipamento eletromecânico, destinado a proteção e manobra, permitindo a interrupção de potências de sobrecorrente e de curto-circuito em instalações primárias de tensão. Ainda, o autor cita os tipos mais conhecidos:

- Disjuntores a grande volume de óleo, normalmente utilizados com relés primários diretos; [...];
- Disjuntores a pequeno volume de óleo, atualmente utilizados com relés digitais conectados a TCs internos.
- Disjuntores a vácuo, normalmente utilizados com relés digitais conectados a TCs internos.
- Disjuntores a hexafluoreto de enxofre (SF6), normalmente utilizados com relés secundários conectados a TCs internos. (Mamede, 2017, p. 536-537).

A Celesc (2016, p. 38) estabelece que “quando a subestação de transformação fizer parte integrante da edificação [...], somente é permitido o emprego de [...] disjuntores a vácuo ou SF6”.

Figura 35 – Disjuntor a vácuo MT acionado por disparo capacitivo com TC de proteção



Fonte: Mamede Filho (2017, p. 539).

## 2.16 CARACTERÍSTICAS ENTRADA DE ENERGIA

A proteção da entrada de energia deve ser realizada por meio de equipamento de disjunção, que será dimensionado conforme a demanda calculada (Celesc, 2016). Os cabos alimentadores são dimensionados através de tabelas fornecidas pela concessionária, que apresentam os valores mínimos, no entanto, devem ser considerados efeitos como queda de tensão, capacidade de condução de corrente, dentro outros critérios.

Para o dimensionamento da entrada de energia de um edifício de múltiplas unidades consumidoras, que possui demanda superior a 300 kVA, deve-se seguir os padrões estabelecidos pelas normas N-321.0002 (Celesc, 2016) e N-321.0003 (Celesc, 2023). Essas normas apresentam os critérios mínimos exigidos para aprovação dos projetos junto a concessionária. Para dar prosseguimento neste estudo, deve-se entender alguns conceitos.

### **2.16.1 Entrada de Energia**

De acordo com a Celesc (2016, p. 5), pode ser definida como um “conjunto de equipamentos, condutores e acessórios instalados desde o ponto de derivação da rede da Celesc D até a medição inclusive”. Estão compostos na entrada de energia: ramais, caixas de passagem, subestação, quadros, equipamentos, etc.

### **2.16.2 Ponto de Entrega**

É a conexão da rede de distribuição com os componentes de responsabilidade do consumidor, que é feita através do ramal de ligação. Se caracteriza como o ponto limite que a concessionária é responsável pela operação e manutenção da rede.

### **2.16.3 Ramal de ligação / Ramal de Entrada de Média Tensão**

Segundo a Celesc (2016, p. 6), o ramal de ligação é o “conjunto de condutores e acessórios instalados pela distribuidora entre o ponto de derivação de sua rede e o ponto de entrega”. Por sua vez, o ramal de entrada é o “conjunto de condutores e acessórios, de propriedade do consumidor, instalados entre o ponto de entrega e a medição ou a proteção de suas instalações.” (Celesc, 2016, p. 6). A manutenção deste trajeto de condutores e equipamentos é de responsabilidade do proprietário do imóvel.

Quando o cliente possui poste particular, ou quando é necessário a travessia de rua por ramal aéreo, utiliza-se a tabela 15 para o dimensionamento dos cabos do ramal de ligação aéreo.

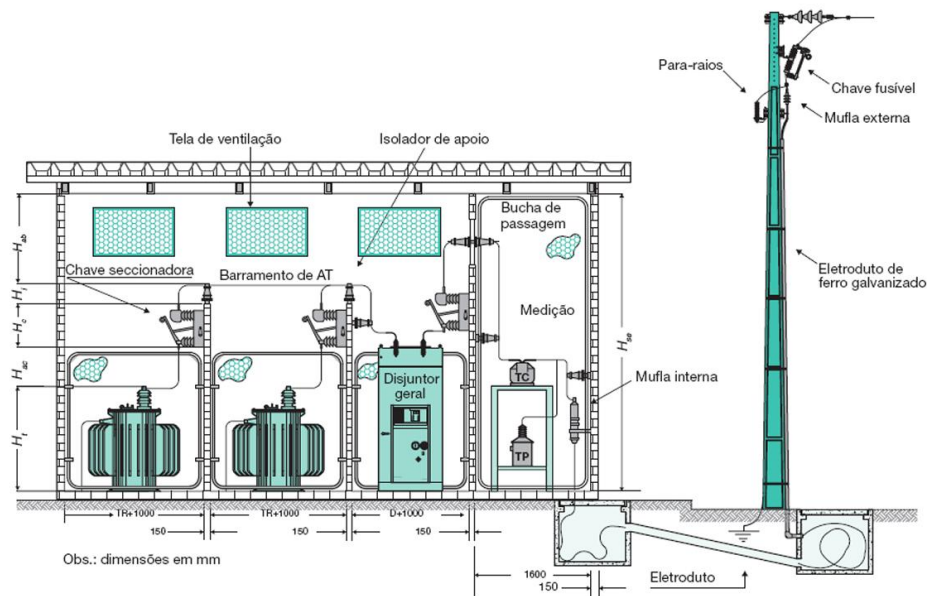
Tabela 15 – Dimensionamento do ramal de ligação aéreo em MT

DEMANDA TOTAL DA INSTALAÇÃO (kVA)	RAMAL DE LIGAÇÃO OU ENTRADA AÉREO			
	CABOS FASE (Nu)		CABO NEUTRO (Nu)	
	Alumínio (AWG)	Cobre (mm <sup>2</sup> )	Alumínio (AWG)	Cobre (mm <sup>2</sup> )
ATÉ 1700	2	25	2	25
1701 a 2300	2	35	2	25
2301 a 3500	1/0	35	2	25
3501 a 5000	4/0	50	2/0	35

Fonte: Celesc (2016, p. 65).

Mamede Filho (2017), apresenta a vista lateral de uma entrada de energia, alimentada por ramal subterrâneo, e uma subestação em alvenaria, possuindo cubículos de medição, proteção e transformação.

Figura 36 – Entrada de Energia para edificações com SE



Fonte: Mamede Filho (2017, p. 782).

Para ramais de entrada subterrâneos, a Celesc (2016) estabelece que o comprimento máximo em sentido horizontal é de 40 (quarenta) metros, derivando do poste da Celesc, através de caixa de passagem. A ligação do ramal junto a rede aérea da Celesc será efetuada por meio de três chaves fusíveis, dimensionadas pela tabela 18, e devem ser previstas muflas terminais nas derivações da rede.

A N-321.0002 (Celesc, 2016) também estabelece as condições gerais para os cabos utilizados em ramais de entrada subterrâneos. De acordo com a norma, os cabos devem ser unipolares de cobre ou alumínio, com isolamento do tipo XLPE, HEPR

ou EPR. Ainda estabelece a obrigatoriedade da instalação de um cabo reserva, com características idênticas as dos cabos principais de alimentação.

Tabela 16 – Dimensionamento do ramal de ligação subterrâneo em MT

DEMANDA TOTAL DA INSTALAÇÃO  (kVA)	RAMAL DE ENTRADA SUBTERRÂNEO							
	CONDUTORES (Cobre)				CONDUTORES (Alumínio)			
	13,8 kV		23,1 V		13,8 kV		23,1 kV	
	Fase (mm <sup>2</sup> )	Neutro (mm <sup>2</sup> )	Fase (mm <sup>2</sup> )	Neutro (mm <sup>2</sup> )	Fase (mm <sup>2</sup> )	Neutro (mm <sup>2</sup> )	Fase (mm <sup>2</sup> )	Neutr o (mm <sup>2</sup> )
ATÉ 1200	35	25	35	25	50	25	50	25
1201 a 2000	35	25	35	25	70	35	50	25
2001 a 3000	50	25	35	25	95	50	50	25
3001 a 3500	70	35	35	25	120	70	70	35
3501 a 5000	120	70	50	25	240	120	95	50
5001 a 6000	185	95	70	35	300	150	120	70

Fonte: Celesc (2016, p. 65).

Ainda de acordo com a referida norma, “juntamente com os cabos de média tensão, deverá ser instalado um cabo de cobre com isolamento mínimo para 1,0kV, [...] para conexão da malha de aterramento da unidade consumidora ao neutro do sistema [...]” (Celesc, 2016, p. 26). O neutro deve ser dimensionado conforme a tabela 16.

### 2.16.3.1 Dimensionamento de eletrodutos para cabos de MT – Ramal de Entrada/Ligação Subterrâneo

De acordo com a Celesc (2016), os eletrodutos utilizados para descida do ramal de entrada, instalados junto ao poste, devem ser de aço de carbono galvanizado à fogo, fixado com no mínimo quatro cintas de alumínio.

A norma ainda estabelece que (Celesc, 2016, p. 28):

O eletroduto instalado junto ao poste deverá ser devidamente aterrado, através de um condutor de cobre isolado na cor verde, seção transversal mínima 10 mm<sup>2</sup>, conectado à malha de aterramento da instalação consumidora, ou a uma haste de aterramento exclusiva para esta finalidade, instalada dentro da caixa de passagem.

Ainda segundo a norma, os eletrodutos enterrados deverão ser de PVC rígido ou PEAD reforçado, com profundidade mínima de 85 cm. Internamente ao eletroduto deve ser passado o condutor neutro, com isolamento mínimo de 1 kV. Um eletroduto reserva deve ser instalado no mesmo trecho, com características ao eletroduto

principal. Os eletrodutos devem ser sinalizados em toda a sua extensão, com fita de sinalização, posicionadas a 30 cm acima do duto (2016).

Tabela 17 – Dimensionamento de eletrodutos para cabos de MT para entrada subterrânea

Material	Localização	
	Eletroduto junto ao poste (pol)	Eletroduto enterrado (pol)
35 Cu	4	4
50 Cu	4	5
70 Cu	5	5
50 Al	5	5
70 Al	5	5
95 Al	5	5

Fonte: Celesc (2016, p. 66).

### 2.16.3.2 Caixas de Passagem para Ramal de Entrada Subterrâneo

A N-321.0002 (Celesc, 2016, p. 27) estabelece quanto as dimensões das caixas de passagem. De acordo com a norma:

Para os cabos de média tensão a caixa de passagem deverá ser de 65 x 85 x 80cm. Para cabo de baixa tensão seção até 95mm<sup>2</sup> a caixa de passagem deve ser de 65 x 41 x 70cm, e acima caixa de 65 x 85 x 80cm ou quando for utilizado dois cabos por fase para seção superior a 50mm<sup>2</sup>.

Segundo a Celesc (2016), as caixas deverão ser de concreto ou alvenaria, possuir tampa de ferro fundido nodular, e a primeira caixa da derivação da rede para o ramal subterrâneo deve ser instalada com afastamento entre 70cm e 150cm do poste de derivação. A norma também estabelece que devem ser instaladas caixas “em todos os pontos de mudança de direção das canalizações subterrâneas, e a cada 30m de comprimento do ramal de entrada” (Celesc, 2016, p. 27).

### 2.16.4 Chaves e Elos Fusíveis

De acordo com CEMIG (2017, p. 17):

A chave fusível é um dispositivo com estrutura projetada para a conexão de um cartucho contendo um elo fusível entre seus terminais. O conjunto chave e elo fusível formam um dispositivo de proteção instalado por fase em sistemas de distribuição com a finalidade de interrupção do circuito em condições de sobrecorrente.

Mamede Filho (2017) complementa que seu dimensionamento deve ser em função das características nominais do sistema e da corrente de curto-circuito no ponto de entrega da instalação, fornecida pela concessionária. Segundo o autor, estes dispositivos são unipolares, devendo ser instalado um por fase, e possuem um cartucho conectado contendo um elo-fusível entre seus terminais.

O elo-fusível, que tem a função de manter a chave na posição fechada, até alguma ocorrência de elevação brusca de corrente, provocando a abertura da chave após a fusão do elemento fusível (Cotrim, 2009). O autor explica que a fusão ocorre devido a ultrapassagem dos valores da corrente nominal do dispositivo, que resulta no aumento da temperatura dos componentes, rompendo o circuito.

Figura 37 – Chave Fusível



Fonte: CEMIG (2017, p. 18).

O dimensionamento das chaves e elos fusíveis deve ser feito conforme a tabela 18, retirada da norma N-321.0002. No entanto, para subestações com potência de transformação acima de 300 kVA, a Celesc definirá o valor do elo, através do estudo de proteção, tornando os valores apresentados na tabela apenas orientativos (Celesc, 2016).

Tabela 18 – Dimensionamento das Chaves e Elos Fusíveis

POTÊNCIA DE TRANSFORMAÇÃO (kVA)	TENSÃO NOMINAL			
	13,8 kV		23,1 kV	
	CHAVE (A)	ELOS (H, K)	CHAVE (A)	ELOS (H, K)
75	100	3H	100	2H
112,5	100	5H	100	3H
150	100	6K	100	5H
225	100	8K	100	6K
300	100	10K	100	6K
500	100	15K	100	10K
750	200	25K	200	15K
1000	200	30K	200	20K
1500	200	50K	200	30K

Fonte: Celesc (2016, p. 64) - Adaptada pelo autor.

### 2.16.5 Carga instalada e Demanda

Segundo a Celesc (2016, p. 3), carga instalada é “soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento [...]”.

Ainda de acordo com a concessionária, demanda é a “média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado [...]” (Celesc, 2016, p. 5). De acordo com Creder (2016), a demanda é obtida a partir da diversificação das cargas da instalação de acordo com o seu tipo de utilização.

A Celesc (2023) utiliza o conceito de demanda provável, que é a demanda total prevista para o empreendimento, calculada conforme metodologias apontadas pela concessionária, porém, de responsabilidade do projetista. Este valor é considerado como uma probabilidade da utilização das cargas, utilizando como referência, fatores de demandas fornecidos nas normas da concessionária.

#### 2.16.5.1 Fator de Demanda

De acordo com Creder (2016), em uma instalação elétrica, dificilmente será utilizado todos os pontos de luz e tomadas de corrente simultaneamente, portanto aplicam-se fatores de demanda, que quando multiplicados pela potência instalada, obtém-se uma estimativa de consumo da carga.

$$F_{demanda} = \frac{Potência\ utilizada}{Potência\ instalada} \times 100 \quad (12)$$

A utilização de fatores de demanda permite a mitigação de custos de uma instalação, e a previsão de valores mais assertivos para as proteções, de forma que atuem quando houver algum sinal de sobrecarga ou curto-circuito (Creder, 2016).

A N-321.0003 (Celesc, 2023) apresenta fatores de demanda para o cálculo da demanda provável da instalação, como fatores para demanda de motores, iluminação e tomadas de uso geral, aparelhos de aquecimento e aparelhos de ar-condicionado. Estes fatores podem ser visualizados nos anexos “H”, “I”, “J” e “K”.

### 2.16.5.2 Fator de Potência

Segundo Creder (2016, p. 78), “chama-se fator de potência o cosseno do ângulo de defasagem entre a corrente e a tensão”. Ainda de acordo com o autor, “os valores do fator de potência variam desde 0 até 1 [...]. O valor 0 representa uma indutância ou uma capacitância pura, e o valor 1, um circuito resistivo” (Creder, 2016, p. 79).

O fator de potência é a relação entre potência ativa e potência aparente, e indica a eficiência da instalação elétrica. Quando mais próximo do valor unitário, maior o aproveitamento da energia recebida. A Celesc (2016) estabelece fator de potência mínimo de 0,92.

### 2.16.6 Dimensionamento de Entrada de Energia

Para o dimensionamento da entrada de energia, é essencial determinar a demanda provável do empreendimento, considerando que as cargas instaladas não operam em regime de utilização integral de forma contínua (Creder, 2016). Assim, as concessionárias normalmente estabelecem critérios mínimos para o dimensionamento das proteções da edificação, baseados na previsão de uso das cargas, a fim de evitar o superdimensionamento dos transformadores e das proteções (Santo et al., 2023).

#### 2.16.6.1 Cálculo da Demanda Provável

A norma N-321.0003 (Celesc, 2023) apresenta as equações e tabelas para dimensionamento do cálculo de demanda provável de uma edificação residencial. De acordo com a concessionária, o método apresentado deve ser o mínimo a ser seguido pelo projetista, portanto, podem ser utilizados outros métodos, desde que a demanda não seja inferior à do critério apresentado pela norma.

Para empreendimentos prediais residenciais, deve-se seguir no mínimo o critério (Celesc, 2023, p. 31-32):

$$D_p = k \times (D_1 + D_2) + D_e + D_s \quad (13)$$

Onde:

$D_p$  = Demanda provável mínima;

$k$  = Fator de majoração (1,2);

$D_1$  = Demanda das unidades consumidoras residenciais (apartamentos);

$D_2$  = Demanda do condomínio;

$D_e$  = Demanda das cargas especiais, aplicando-se o fator de demanda de 100%;

$D_s$  = Demanda provável comercial referente a salas comerciais e lojas.

A demanda das unidades consumidoras ( $D_1$ ) pode ser obtida de acordo com a equação (14), utilizando as tabelas dos anexos “F” e “G”.

$$D_1 = F_d \times D_a \quad (14)$$

Onde:

$F_d$  = Fator de diversidade em função do número de unidades residenciais (anexo “F”);

$D_a$  = Demanda por apartamento em função de sua área útil (anexo “G”). Utilizar fator 1,57 para áreas inferiores a 70m<sup>2</sup>.

A demanda do condomínio ( $D_2$ ) pode ser obtida de acordo com a equação (15), utilizando as tabelas dos anexos “H”, “J” e “K”.

$$D_2 = D_i + D_t + D_m \quad (15)$$

Onde:

$D_i$  = Demanda referente a iluminação do condomínio (fator de demanda de 100% para os primeiros 10 kW de carga e 25% para o restante). Utilizar FP=0,9.

$D_t$  = Demanda referente às tomadas de uso geral do condomínio (fator de demanda de 20%). Utilizar FP = 0,9.

$D_m$  = Demanda referente aos motores elétricos (Anexo “H”).

#### 2.16.6.2 Dimensionamento Unidades Consumidoras – Apartamentos

Para o dimensionamento das proteções dos apartamentos, a Celesc (2023) apresenta uma tabela, exposta no anexo “L” deste trabalho. Nesta, são apresentadas as categorias da unidade consumidora, sendo dimensionada por meio da sua carga instalada, ou pela sua demanda, para padrões de entrada trifásicos. A referida tabela

fornecida pela concessionária apresenta os valores mínimos para o dimensionamento de disjuntores, alimentadores e eletrodutos.

#### *2.16.6.3 Dimensionamento Ramal do QGP-COND. e do QGP-APTOS.*

Após a definição da carga instalada e da demanda das áreas comuns da edificação, utilizando os fatores de demanda aplicáveis, deve-se dimensionar a proteção do quadro geral do condomínio. A tabela apresentada no anexo “N”, retirada da norma da Celesc (2023), apresenta valores para proteções, condutores e eletrodutos, podendo ser utilizadas como referência para o dimensionamento de unidades consumidoras ou quadros que possuam cargas mais elevadas. No entanto, esta tabela deve ser usada apenas orientativamente, sendo necessário aplicar os conceitos estudados anteriormente para dimensionamento de proteções e condutores de baixa tensão.

Os critérios utilizados para dimensionamento deste projeto foram baseados nas normas NBR 5410 (ABNT, 2004), NBR 14039 (ABNT, 2021), N-321.0002 (Celesc, 2016) e N-321.0003 (Celesc, 2023), onde são apresentadas todas os padrões e regulamentações para trazer qualidade e segurança para o projeto.

### *2.17 BUILDING INFORMATION MODELING - BIM*

A metodologia BIM propõe uma modelagem multidimensional, para todas as disciplinas, voltadas a construção civil. Com a utilização de ferramentas que possuem este conceito, é possível modelar, quase que de forma idêntica, a situação real de uma construção. O conceito de reunir um projeto que explora as adversidades de uma obra, juntamente com a extração de dados quantitativos e qualitativos, permite que equipes de gestão façam estimativas de tempo e custo, além de prever e antecipar possíveis conflitos (Couto et al., 2021).

A parametrização dos elementos construtivos do projeto é essencial para o desenvolvimento de um produto BIM conciso e mais próximo da realidade. Mendonça, Sousa e Guedes (2020), explicam que todos os equipamentos, dispositivos e elementos construtivos devem ser parametrizados de acordo com a sua funcionalidade, da forma mais precisa possível, para que o resultado seja um projeto com características reais da construção.

Segundo Zigurat (2023), a metodologia BIM abrange diversas dimensões que ultrapassam a simples modelagem de um projeto em planta baixa (2D) ou em modelo 3D. Abrange também aspectos como planejamento e/ou cronogramas (4D); estimativa de custos (5D); sustentabilidade (6D); gestão de instalações (7D); segurança no trabalho (8D); gerenciamento eficiente de recursos (9D); e a construção industrializada (10D).

Estas dimensões constituem elementos que, quando empregados em sua totalidade, possibilitam a aplicação do BIM em sua plenitude. O método BIM é um processo de produção e gestão de uma edificação durante seu ciclo de vida (Zigurat, 2023).



Fonte: Zigurat (2023).

## 2.18 REVIT

Oliveira (2019a) discorre que o *Revit* é um dos *softwares* mais conhecidos baseados no conceito *BIM*. Adquirido pela *AutoDesk*, o programa foi aprimorado para viabilizar o desenvolvimento de projetos arquitetônicos, complementares e estruturais.

Ainda segundo Oliveira (2019a), uma das principais vantagens do *Revit* consiste na possibilidade de o usuário desenvolver o projeto em 2D ou 3D, conforme a abordagem mais conveniente e eficiente. Ambos os modos de representação são

integrados, de forma que qualquer modificação realizada em um deles é automaticamente refletida no outro.

O *software* elimina discrepâncias entre plantas baixas, uma vez que as representações gráficas são geradas a partir de um modelo único e centralizado reduzindo significativamente os problemas frequentemente enfrentados por usuários de ferramentas baseadas em *CAD* (Salomão et al., 2019).

Além disso, o *Revit* incorpora uma funcionalidade própria de compatibilização, chamada de “*Interference Check*”, que permite realizar a interoperabilidade entre projetos sem a necessidade de *softwares* adicionais. Por meio desse recurso, os possíveis conflitos são identificados e apresentados de forma visual e descritiva, indicando claramente em quais disciplinas ocorreram as interferências (Costa, 2025).

Este *software* possui uma interface intuitiva e de fácil manuseio, similar ao do AutoCAD, permitindo que novos usuários consigam se adaptar sem muitos problemas. A *Autodesk* criou o *Revit Architecture*, para projetos de arquitetura, o *Revit MEP*, para projetos complementares (hidráulica, elétrica, mecânica), o *Revit Structure*, para projetos estruturais (Salomão et al., 2019).

### 2.18.1 Famílias

De acordo com Miguel (20--?), famílias “são um conjunto de elementos com características paramétricas com uma representação gráfica associada”, ou seja, tudo que está disponível para modelagem é considerado família. O autor ainda traz como exemplos de famílias: “móveis, portas, janelas, componentes de sistema como dutos e tubulações, entre outros” (Miguel, 20--?).

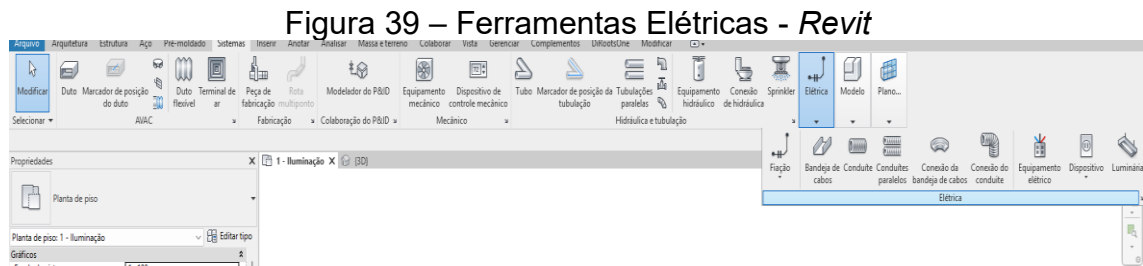
As famílias podem ser genéricas, modificadas, ou até carregadas para dentro do projeto. O *Revit* disponibiliza as famílias predefinidas do sistema, que não permitem alterações de seus parâmetros de criação. No entanto, o *software* permite a inserção de famílias carregáveis, que são elementos prontos, fornecidos por fabricantes. Assim como também é possível a modelagem das famílias dentro do *Revit* (*Model in Place*), em que o projetista, conforme a sua necessidade, realiza a modelagem de algum elemento ou dispositivo dentro do arquivo de projeto Miguel (20--?).

Melo e Juliani (2016, p. 29) explicam que “famílias são ferramentas utilizadas na plataforma *Revit* para agilizar e otimizar o serviço de se utilizar componentes e objetos específicos para determinadas aplicações como portas, janelas e paredes”.

Os autores ainda descrevem que “as famílias podem ser famílias embutidas, ou seja, uma família dentro da outra como uma família de tipos de tomada dentro de uma família de tomadas” Melo e Juliani (2016, p. 29).

### 2.18.2 REVIT para Projetos Elétricos

O *Revit* possui famílias de componentes e condutos genéricos disponíveis em seu banco de dados. No entanto, é comum a utilização de *templates*, muitas acessíveis de forma gratuita, outras pagas (Miguel, 20--?). É possível acessar os componentes e equipamentos elétricos através da barra de ferramentas, na aba “sistemas”. A figura 39 apresenta a interface do *software*.



Fonte: Autor (2025).

## 2.19 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Segundo Araújo (2015), a compatibilização é um processo de gerenciamento e integração de projetos, para que seja possível a visualização simulada das instalações do empreendimento, de modo que conflitos sejam identificados, e soluções criadas em etapa de projeto ainda.

A compatibilização por sobreposição de *layers*, comumente utilizada em ferramentas *CAD*, é importante para a visualização de possíveis interferências, no entanto, o projetista pode levar tempo considerável até a verificação de alturas de instalações, desvios, conferência de legendas, dentre outros. Por este motivo, a utilização do modelo 3D, assim como o uso de ferramentas de detecção de incompatibilidades, aumentam a produtividade, reduzem retrabalhos, consequentemente, reduzindo o tempo de projeto (de Vasconcelos, 2024).

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado a metodologia para um estudo de caso dos procedimentos necessários para o desenvolvimento de um projeto elétrico de um edifício vertical do tipo residencial/comercial, destrinchando em cálculos e em representações gráficas, a fim de obter um modelo de projeto, conforme objetivos iniciais do trabalho.

Serão apresentados os cálculos necessários para o dimensionamento completo em baixa e média tensão. Será aplicado a metodologia BIM por meio da utilização do *software Revit*, com a finalidade de apresentar de forma visual a modelagem do projeto e a sua compatibilização com as demais disciplinas. Na figura 40, pode-se observar o fluxograma com as etapas descritas de dimensionamento e modelagem.



Fonte: Autor (2025).

#### 3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA EDIFICAÇÃO

A edificação proposta para este trabalho será construída no município de Itapema em Santa Catarina, possuindo 02 torres (bloco A e bloco B) de 17 pavimentos cada, destes, 15 são pavimentos tipo, ou seja, de apartamentos, 01 de área técnica e 01 de lazer, para cada torre. Cada pavimento tipo contará com 06 apartamentos com padrões iguais ou semelhantes.

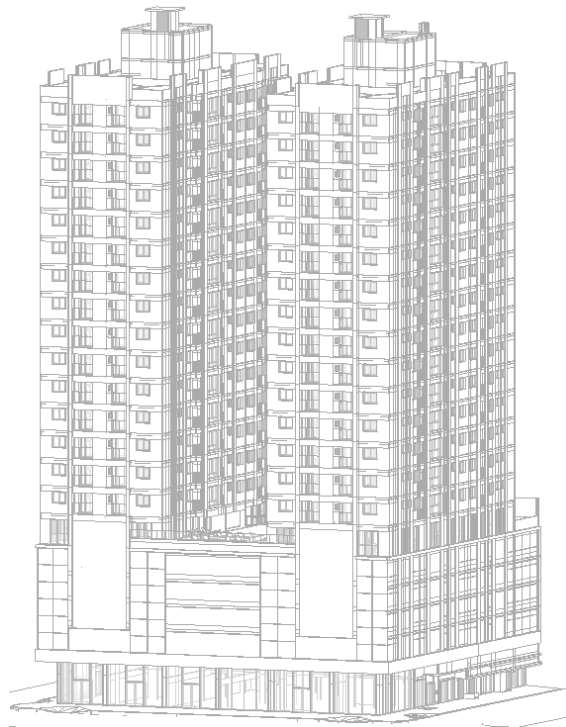
O embasamento do empreendimento contará com pavimento térreo, onde estarão posicionadas as entradas de garagem e de pedestres das duas torres, assim

como 04 salas comerciais. O embasamento ainda conta com 05 pavimentos de garagem, e o terraço do pavimento lazer. Os dados gerais do projeto são:

- Área Total do Empreendimento: 12.521m<sup>2</sup>;
- Tensão de Fornecimento: 13,8 kV;
- Quantidade de Apartamentos: 180;
- Área Média dos Apartamentos: 63m<sup>2</sup>;
- Área da Sala Comercial 01: 196 m<sup>2</sup>;
- Área da Sala Comercial 02: 573 m<sup>2</sup>;
- Área da Sala Comercial 03: 110 m<sup>2</sup>;
- Área da Sala Comercial 04: 58 m<sup>2</sup>.

A figura 41 apresenta uma imagem retirada do arquivo *Revit* da edificação.

Figura 41 – Empreendimento



Fonte: Autor (2025).

### 3.2 DEFINIÇÕES DE PROJETO

Para iniciar o desenvolvimento, é fundamental compreender as definições do projeto e do empreendimento, estabelecidas tanto pelo cliente quanto pelo projetista, garantindo a continuidade do processo.

### **3.2.1 Apartamentos**

Neste trabalho, será apresentado a modelagem de apenas um apartamento para fins de representação, e obtenção de previsão de cargas, considerando que todos os apartamentos são iguais/espelhados ou de padrões quase idênticos de instalação elétrica.

Os apartamentos são compostos por um quarto e uma suíte, cozinha com living, sala de estar e sacada. Por definição da construtora, todos os chuveiros serão a gás, portanto, não será necessário a previsão de ponto elétrico para chuveiro.

Para o dimensionamento e distribuição de pontos de iluminação e tomadas, foram seguidas as diretrizes da NBR 5410 (ABNT, 2004), e solicitações da construtora.

### **3.2.2 Prumadas**

A localização das prumadas (*shaft's*) do edifício foram definidos pela arquitetura, com alguns ajustes sendo previstos pelo projetista.

### **3.2.3 Localização da subestação**

A localização da subestação foi prevista pela arquitetura, conforme indicação do projetista, verificando a melhor posição conforme a rede da concessionária. O dimensionamento da subestação e dos seus componentes foram realizados conforme NBR 14039 (ABNT, 2021), e N-321.0002 (Celesc, 2016).

### **3.2.4 Demanda elétrica total provável**

A demanda provável da edificação será definida através dos cálculos apresentados no item 2.16.6.1 deste trabalho, conforme equações (13), (14) e (15).

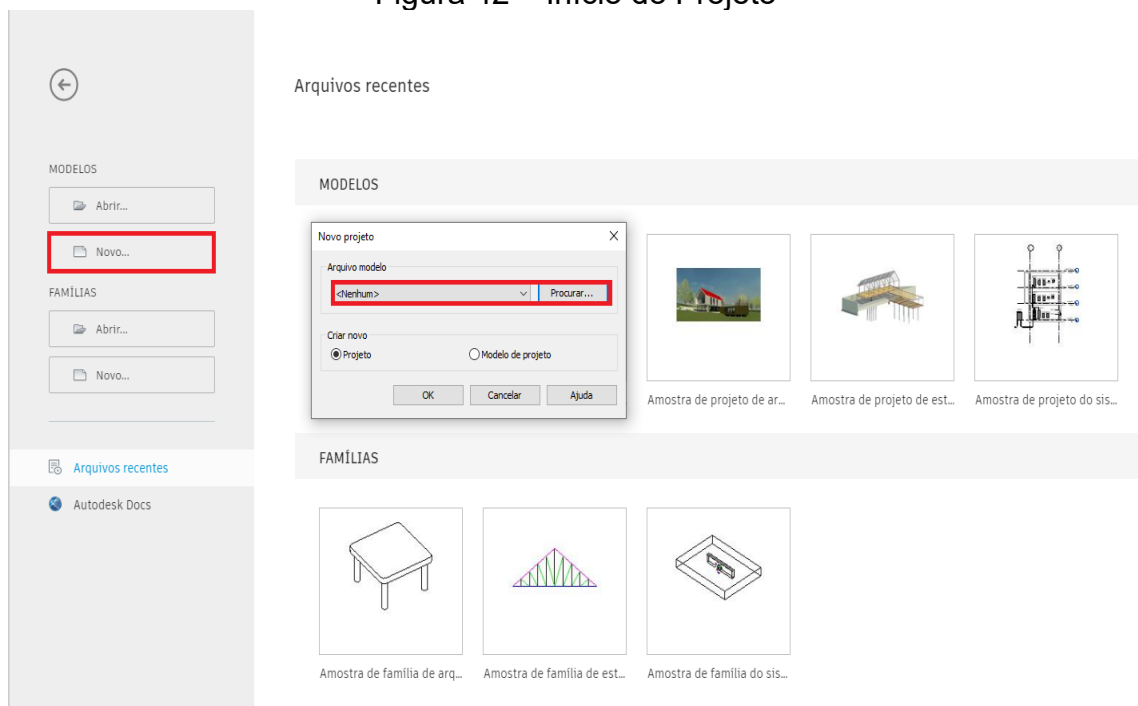
## 4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Esta seção apresentará por meio de figuras, tabelas e memorial de cálculos o desenvolvimento do projeto elétrico em *Revit*, assim como o seu dimensionamento completo. Serão apresentados plantas baixas, cortes, vistas, diagramas e quadros de cargas.

### 4.1 INÍCIO DO PROJETO EM REVIT

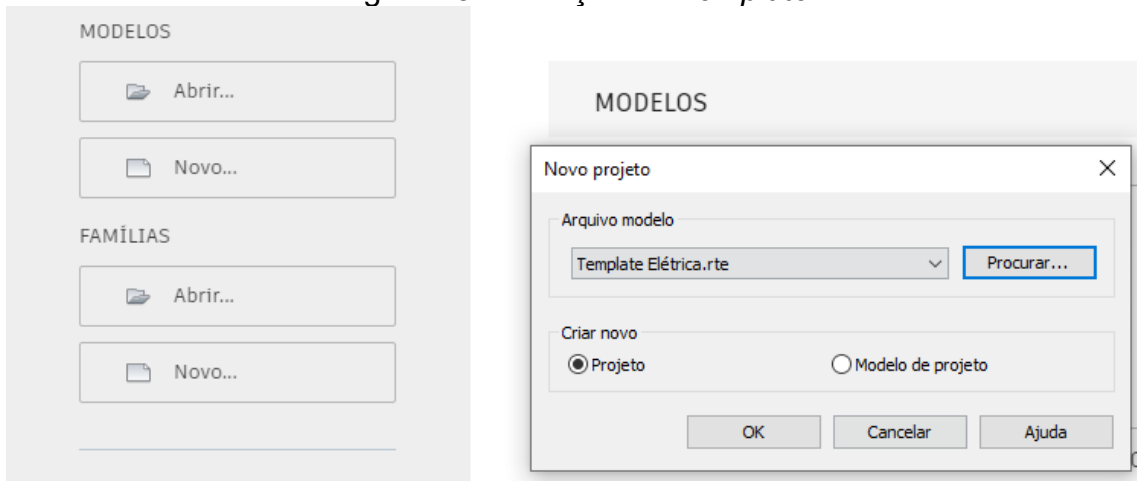
O primeiro passo é o de criação de um novo projeto no *Revit* e a seleção da *Template* que será utilizada como base para o projeto. *Templates* são arquivos onde são armazenados e modelados componentes de diferentes tipos, para serem aplicados nos projetos.

Figura 42 – Início do Projeto



Fonte: Autor (2025).

Ao selecionar a opção “Procurar” é possível utilizar a base de dados do próprio *software* ou inserir uma *template* adquirida. Para este projeto, foi utilizado uma *template* particular do projetista.

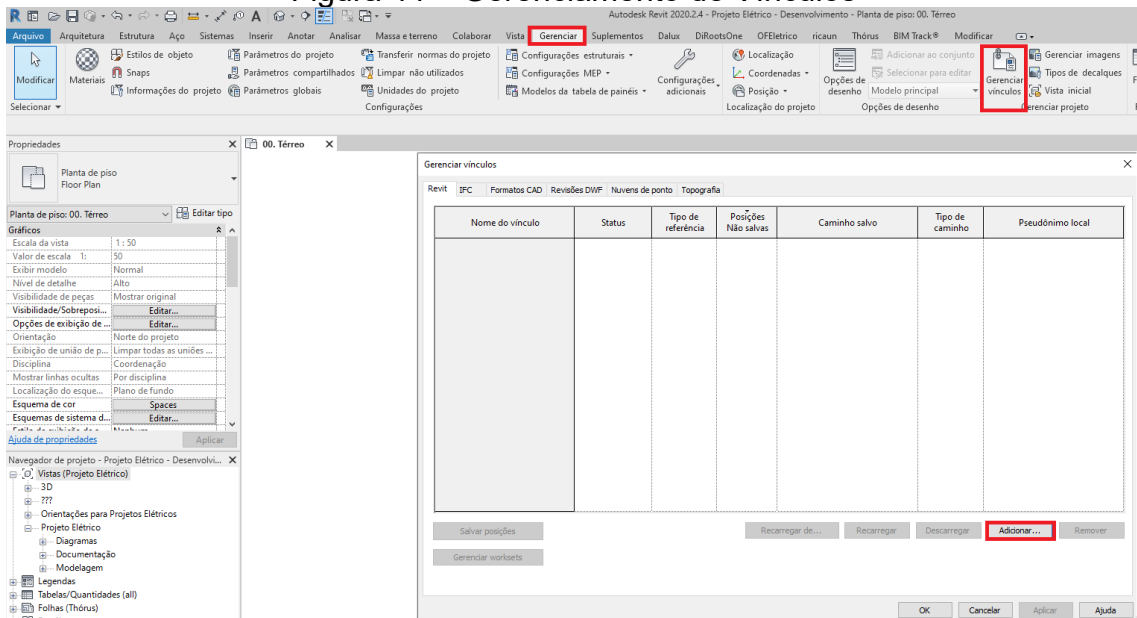
Figura 43 – Seleção da *Template*

Fonte: Autor (2025).

Em seguida deve-se adicionar os vínculos de arquitetura, estrutura e das demais disciplinas que foram modeladas para este projeto, como hidrossanitário, projeto de prevenção contra incêndio e climatização.

Para adicionar os vínculos deve-se selecionar a aba “Gerenciar” > “Gerenciar Vínculos” > “Adicionar”.

Figura 44 – Gerenciamento de Vínculos



Fonte: Autor (2025).

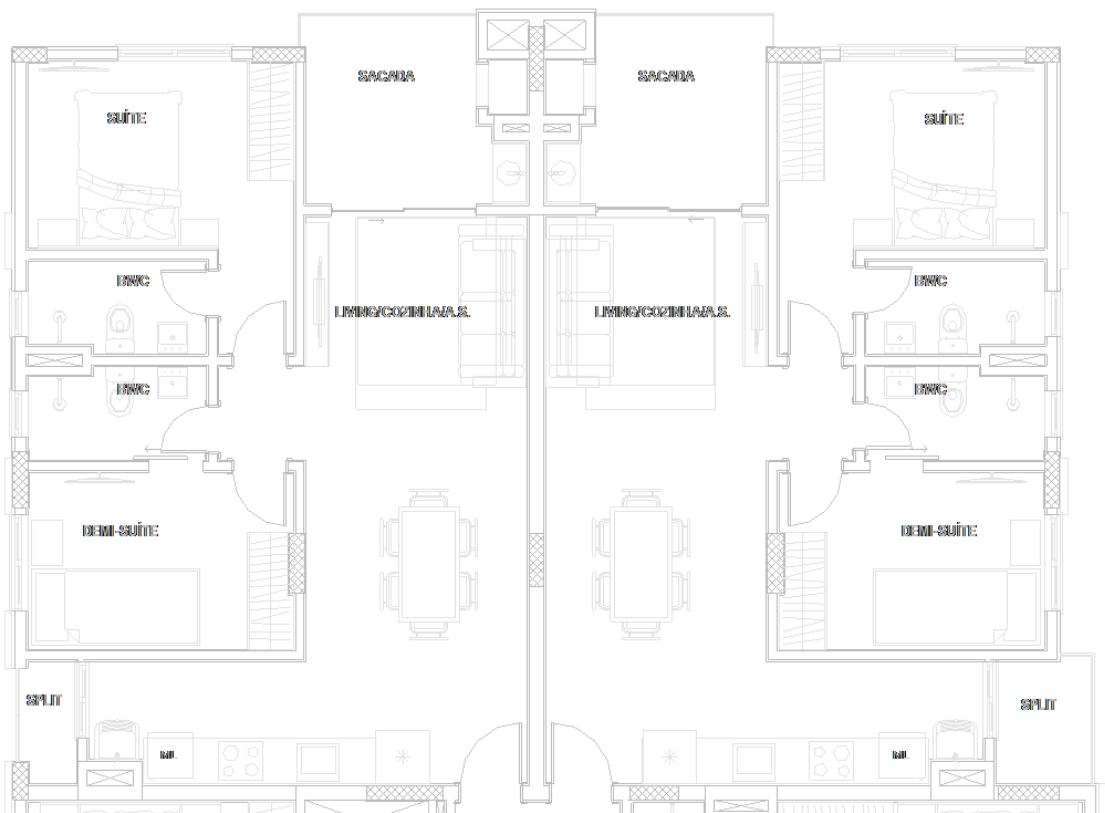
De acordo com Gomes et al (2020, p. 78), “a partir da planta de arquitetura, sem conter informações não utilizáveis, contendo todas as medidas dos ambientes e

vãos é possível dar início ao dimensionamento elétrico [...] através do cálculo de área e perímetro [...].”

## 4.2 PROJETO ELÉTRICO APARTAMENTO

A planta baixa arquitetônica dos apartamentos 801 e 802 (espelhados), do primeiro pavimento tipo é apresentada na figura 45.

Figura 45 – Apartamento 801 e 802



Fonte: Autor (2025).

Para dar início no projeto elétrico dos apartamentos, devem ser seguidos os critérios mínimos estabelecidos pela NBR 5410 (ABNT, 2004) mencionados no item 2.12 deste trabalho. Para isso, são apresentados cada cômodo do apartamento conforme sua área e seu perímetro.

Tabela 19 – Cômodos Apartamento

Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )	Perímetro (m)
Suíte	10,15	13,72
Demi-Suíte	8,33	11,78
Cozinha	5,2647	7,94
Área de Serviço	2,1896	5,94
Sala de Jantar	11,2326	13,54
Living Room	5,7327	9,76
Sacada	7,0956	10,7

Fonte: Autor (2025).

#### 4.2.1 Lançamento de Pontos

Portanto, foi realizado o lançamento dos pontos de iluminação dos apartamentos. Considerando os itens destacados na seção 2.12.2.1, apenas dois cômodos necessitam de mais de um ponto de iluminação, sendo estes, a suíte e a sala de jantar, que possuem mais de 10m<sup>2</sup>, conforme tabela 19.

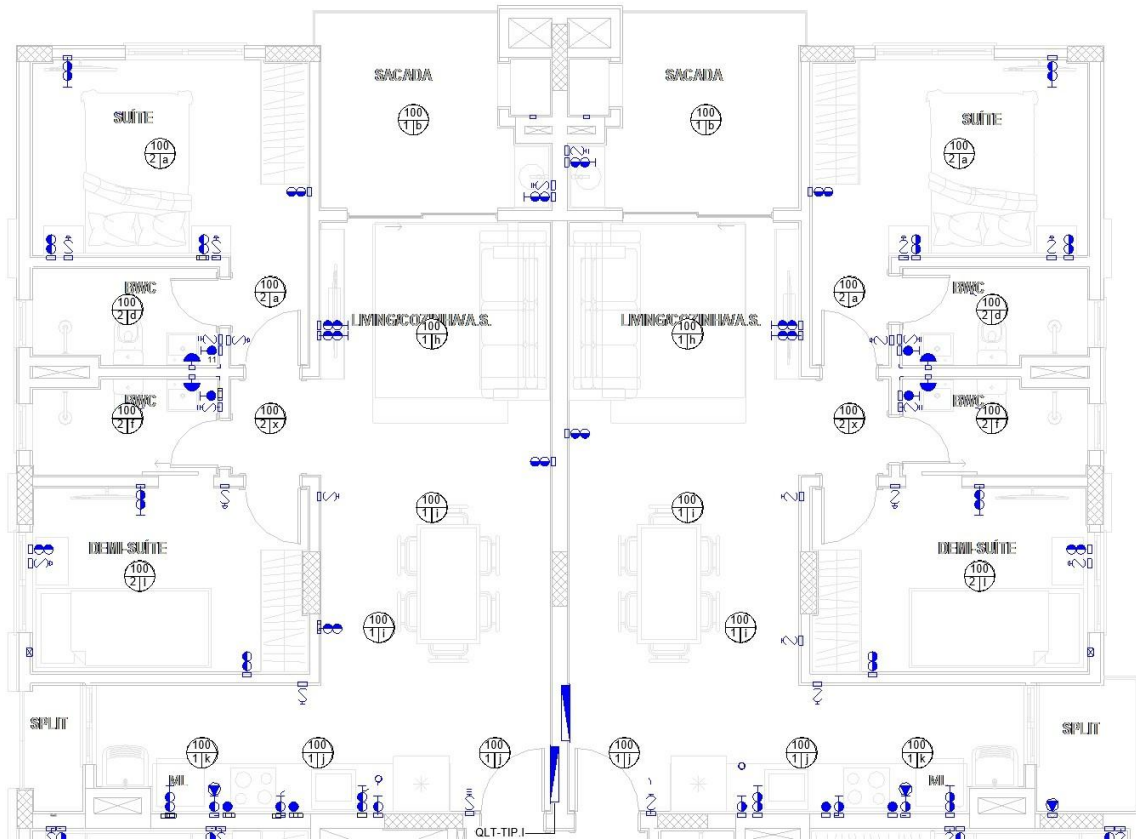
Para os pontos de tomadas foi seguido o item 2.12.2.2, a tabela 20 apresenta a quantidade mínima de tomadas por cômodo conforme o perímetro de cada ambiente, de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004). Alguns pontos foram identificados pelos nomes dos equipamentos que serão instalados, como por exemplo micro-ondas, forno elétrico, lava louças e máquina de lava e seca.

Tabela 20 – Distribuição Tomadas Apartamento

Ambiente	Perímetro (m)	Qtde. Tomadas
Suíte	13,72	3
Demi-Suíte	11,78	3
Cozinha	7,94	3
Área de Serviço	5,94	2
Sala de Jantar	13,54	3
Living Room	9,76	2
Sacada	10,7	1
Banheiros	6,46	1

Fonte: Autor (2025).

Figura 46 – Lançamento Pontos Apartamento 801 e 802



Fonte: Autor (2025).

#### 4.2.2 Lançamento de Eletrodutos

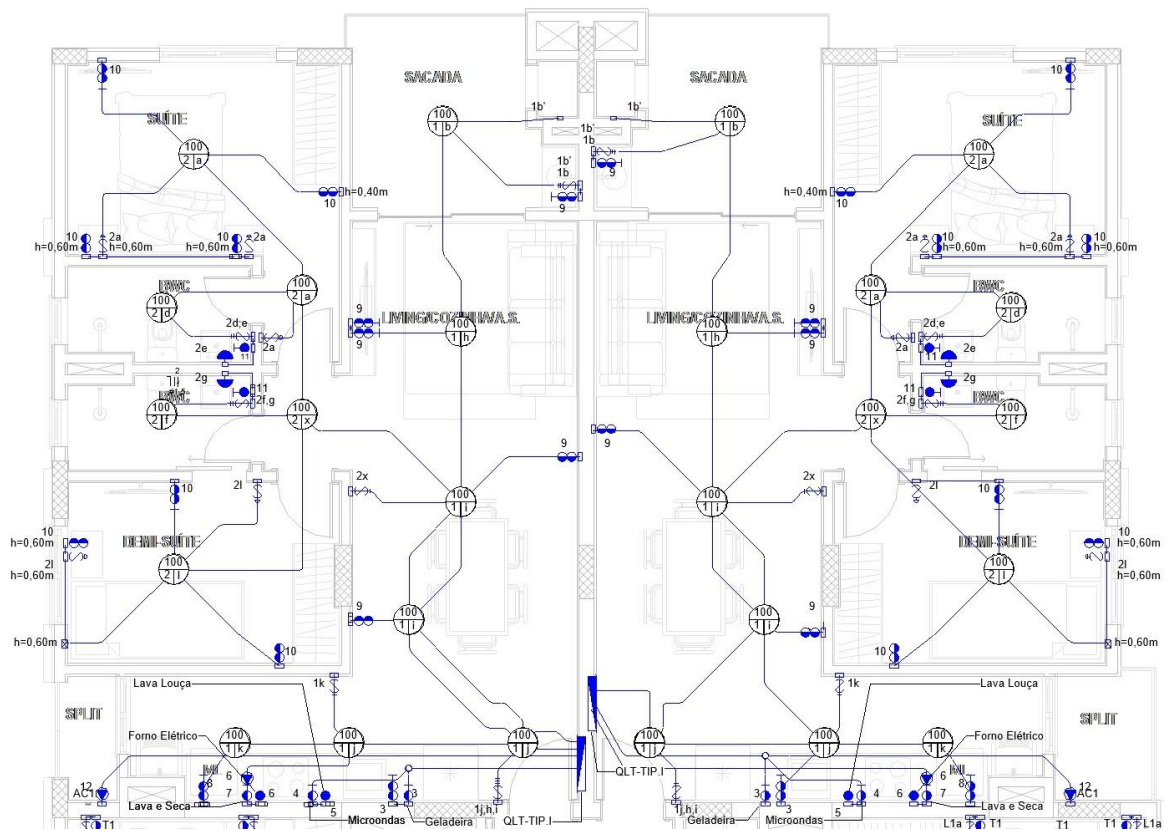
O lançamento dos eletrodutos foi realizado conforme a distribuição de circuitos e ocupação dos eletrodutos pelos cabos. Para este empreendimento, a construtora optou por eletrodutos embutidos em laje, para reduzir a ocupação no entreforro, liberando espaço para as outras disciplinas. Portanto o material eletroduto escolhido foi o corrugado reforçado, ideal para instalações embutidas em lajes e contrapisos. A distribuição de eletrodutos dos apartamentos 801 e 802 é apresentada na figura 47.



e tomadas gerais será considerado monofásico 220 V, e para o sistema de climatização do apartamento, trifásico 380 V. Esses circuitos, após criados, devem ser atribuídos ao quadro desejado.

Os circuitos de iluminação foram divididos em iluminação social e iluminação privativa. Os circuitos de tomadas foram separados em TUG's e TUE's. As TUG's dos quartos, sala de jantar, *living room*, sacada e alguns pontos da cozinha e área de serviço. Já as tomadas de uso específico foram lançadas na cozinha, área de serviço e área técnica para os equipamentos com maior carga.

Figura 48 – Lançamento Circuitos Apartamento 801 e 802



Fonte: Autor (2025).

Após a definição de circuitos e lançamento de eletrodutos, é necessário compreender o caminho da fiação pelos eletrodutos, a ocupação total destes, e verificar os métodos de dimensionamento dos condutores, assim como dimensionar as proteções de cada circuito.

Os disjuntores foram dimensionados conforme os critérios apresentados no anteriormente. Foram aplicados dispositivos IDR para todos os circuitos, exceto o de ar-condicionado. Foram separados os circuitos de área molhada do restante, de forma

que em possíveis defeitos nos dispositivos, ou falhas no sistema, não seja necessário o desligamento total do apartamento.

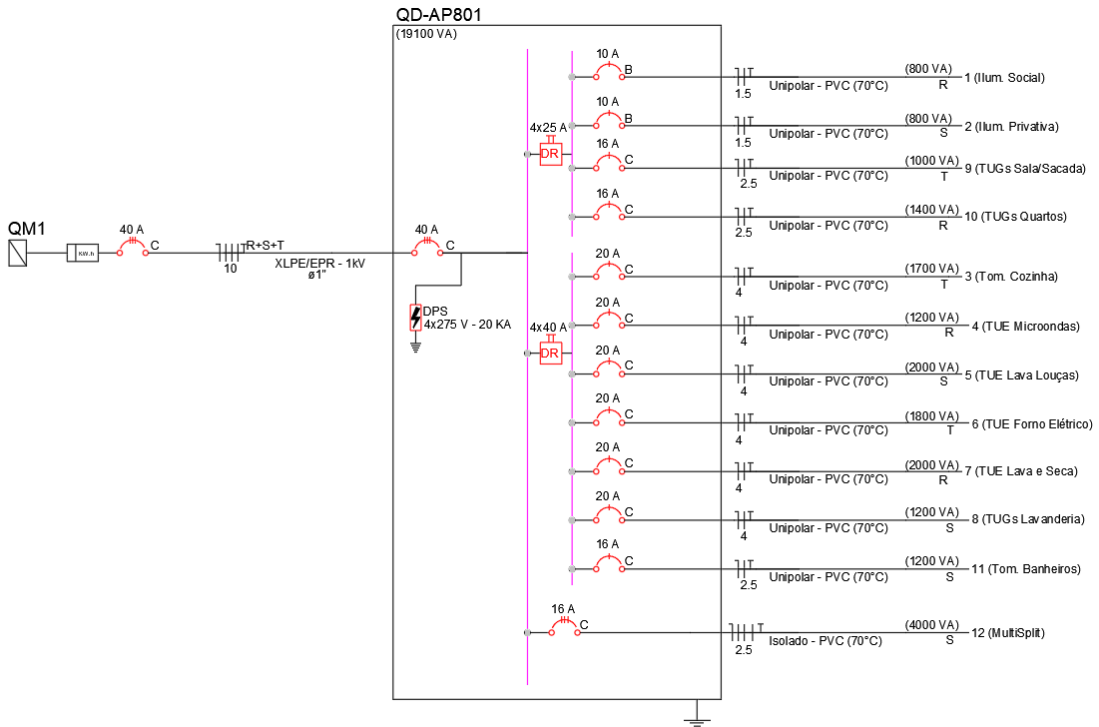
O quadro 1 apresenta o quadro de cargas e a figura 49 ilustra o diagrama unifilar do apartamento 801, que são idênticos para todos os outros apartamentos do empreendimento. Nestes, são apresentados a origem do quadro (medição), proteção, queda de tensão do quadro e dos circuitos, assim como a potência das cargas, disjuntor dos circuitos, seção dos condutores de cada circuito, e queda de tensão.

Quadro 1 – Quadro de Cargas Apartamento 801 – Bloco A

Local: Pavimento Tipo		Origem: Centro de Medição		Proteção Geral: 3F 40A			Icc: 10 Ka		Queda de Tensão do Medidor ao Apto: 0,91%		
Circuitos	Descrição	Esquema	Tensão	Potência Total (VA)	Pot. Fase A	Pot. Fase B	Pot. Fase C	Seção (mm <sup>2</sup> )	Disjuntor	Distância Circuito (m)	Queda de Tensão
1	Ilum. Social	FNT	220 V	800	800			1,5	10 A	25	1,02%
2	Ilum. Privativa	FNT	220 V	800		800		1,5	10 A	30	1,23%
3	Tom. Cozinha	FNT	220 V	1700			1700	4	20 A	15	0,49%
4	Tom. Microondas	FNT	220 V	1200	1200			4	20 A	10	0,21%
5	Lava Louças	FNT	220 V	2000		2000		4	20 A	12	0,46%
6	Forno Elétrico	FNT	220 V	1800			1800	4	20 A	12	0,38%
7	Lava e Seca	FNT	220 V	2000	2000			4	20 A	15	0,58%
8	Tom. Lavanderia	FNT	220 V	1200		1200		4	20 A	15	0,35%
9	Tom. Sala/Sacada	FNT	220 V	1000			1000	2,5	16 A	30	0,93%
10	Tom. Quartos	FNT	220 V	1400	1400			2,5	16 A	40	1,75%
11	Tom. Banheiros	FNT	220 V	1200		1200		2,5	16 A	25	0,93%
12	Multisplit	3FNT	380 V	4000	1333,3	1333,3	1333,3		16 A	10	0,22%
TOTAL				19099,9	6733,3	6533,3	5833,3				

Fonte: Autor (2025).

Figura 49 – Diagrama Unifilar Apartamento 801



Fonte: Autor (2025).

O dimensionamento dos disjuntores dos circuitos foi realizado conforme os critérios descritos no item 2.7.1 deste trabalho e pode ser verificado na tabela 21. Verifica-se que o dimensionamento dos disjuntores atende os critérios estabelecidos.

Tabela 21 – Dimensionamento Disjuntores Apartamento 801

Circuitos	IB (A)	IN (A)	IZ (A)	1,45 * IZ (A)	I2 (A)
1	3,64	10	17,5	25,375	13,5
2	3,64	10	17,5	25,375	13,5
3	7,73	20	32	46,4	27
4	5,45	20	32	46,4	27
5	9,09	20	32	46,4	27
6	8,18	20	32	46,4	27
7	9,09	20	32	46,4	27
8	5,45	20	32	46,4	27
9	4,55	16	24	34,8	21,6
10	6,36	16	24	34,8	21,6
11	5,45	16	24	34,8	21,6
12	6,08	16	21	30,45	21,6

Fonte: Autor (2025).

O dimensionamento do quadro elétrico será realizado conforme tabela 1 deste trabalho. É possível verificar no diagrama unifilar e no quadro de cargas que existem 12 circuitos alocados dentro do quadro de distribuição, portanto, se torna necessário a previsão de espaço reserva de no mínimo 04 circuitos. Como todos os circuitos, exceto o de climatização, são monopolares, pode ser considerado espaçamento reserva para 04 disjuntores reservas. Portanto o quadro escolhido para os apartamentos será de embutir de material PVC, com barramento, com capacidade de até 36 disjuntores, considerando possíveis ampliações de carga.

Figura 50 – Quadro de Distribuição Apartamentos – Capacidade: 36 Disjuntores.



Fonte: Tigre S/A (20--?).

#### 4.2.4 Dimensionamento Condutores e Lançamento de Fiação

Para este trabalho, a fiação foi lançada apenas no apartamento 801, no entanto, para a entrega final do projeto, deve-se espelhar e lançar a fiação para todos os apartamentos do pavimento tipo. A figura 51 apresenta o projeto completo do apartamento 801.

A verificação dos condutores adotados para cada circuito é apresentada conforme tabela 22, apresentando o dimensionamento dos condutores conforme os métodos discutidos na seção 2.10. Na figura 51, verifica-se que o maior agrupamento de circuitos em um eletroduto é de quatro circuitos. No entanto, a NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece que para circuitos em que a corrente de projeto é inferior a 30% da capacidade do condutor adotado, estes podem ser desconsiderados para efeito de cálculo de fator de correção ao restante dos circuitos agrupados.

Os circuitos de iluminação não atingem o valor mínimo de 30% da capacidade de condução do condutor de 1,5 mm<sup>2</sup>, portanto, não serão considerados para fins de cálculos para o método de condução de corrente. Outra definição para este projeto, foi para o dimensionamento dos circuitos de cozinha e área de serviço, em que a seção adotada foi de 4 mm<sup>2</sup>, devido a solicitação da construtora.

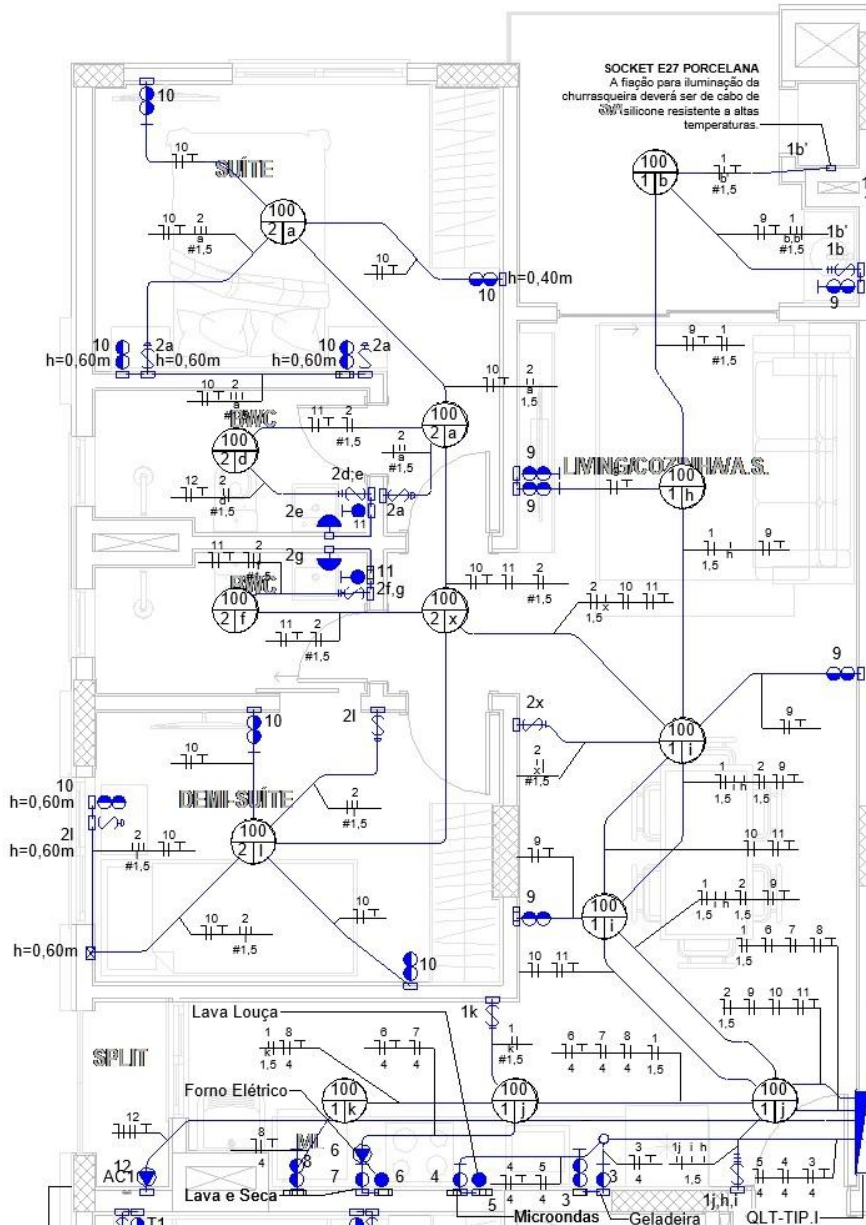
Na tabela 22, é possível visualizar o atendimento de todos os requisitos para o dimensionamento dos circuitos dos apartamentos.

Tabela 22 – Dimensionamento Condutores Apartamento 801.

Projeto			Critérios						
Circuitos	Disjuntor Adotado (A)	Seção Adotada	Seção Mínima	Capacidade de Condução de Corrente					Queda de Tensão
				Método	Condução condutor em situação normal	FC de Temperatura	FC de Agrup. de Circuitos	Condução condutor após aplicação do FC	
1	10	1,5 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>	B1	17,5	1	0,65	11,375	1,02%
2	10	1,5 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>	B1	17,5	1	0,65	11,375	1,23%
3	20	4 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	B1	32	1	0,7	22,4	0,49%
4	20	4 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	B1	32	1	0,7	22,4	0,21%
5	20	4 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	B1	32	1	0,7	22,4	0,46%
6	20	4 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	B1	32	1	0,7	22,4	0,38%
7	20	4 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	B1	32	1	0,7	22,4	0,58%
8	20	4 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	B1	32	1	0,7	22,4	0,35%
9	16	2,5 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	B1	24	1	0,7	16,8	0,93%
10	16	2,5 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	B1	24	1	0,7	16,8	1,75%
11	16	2,5 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	B1	24	1	0,7	16,8	0,93%
12	16	2,5 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	B1	21	1	1	21	0,22%

Fonte: Autor (2025).

Figura 51 – Lançamento Fiação Apartamento 801 – Bloco A



#### 4.2.5 Dimensionamento de Eletrodutos

Para dimensionamento dos eletrodutos, será apresentada os cálculos para os dois piores casos, que são os eletrodutos que saem do quadro de distribuição em direção as primeiras caixas de luminária. Um dos eletrodutos possui 07 condutores de 2,5 mm<sup>2</sup> e 02 condutores de 1,5 mm<sup>2</sup> e outro eletroduto possui 07 condutores de 4 mm<sup>2</sup>.

Considera-se como área do eletroduto de 25 mm de 320,3 mm<sup>2</sup>, e do eletroduto de 32 mm, área de 547,1 mm<sup>2</sup>. Utilizando apenas 40% de ocupação, o eletroduto de

25 mm possuirá área útil de 128,12 mm<sup>2</sup>, e o eletroduto de 32 mm, área útil de 218,84 mm<sup>2</sup>.

Utilizando a tabela do anexo “O” como base, pode-se estabelecer que os condutores de 1,5 mm<sup>2</sup>, possuem diâmetro externo de 2,89 mm, os condutores de 2,5 mm<sup>2</sup> com diâmetro externo de 3,55 mm, e os condutores de 4 mm<sup>2</sup>, com diâmetro externo de 4,03 mm. Utilizando as equações (9) e (10), verifica-se que para os dois casos, os condutores não irão ultrapassar o limite de 40% de ocupação estabelecido pela NBR 5410 (ABNT, 2004), considerando o eletroduto de 25mm, portanto, este, será adotado para todo o projeto dos apartamentos.

$$A_{1,5mm^2} = \frac{\pi \times 2,89^2}{4} = 6,56mm^2$$

$$A_{2,5mm^2} = \frac{\pi \times 3,55^2}{4} = 9,89mm^2$$

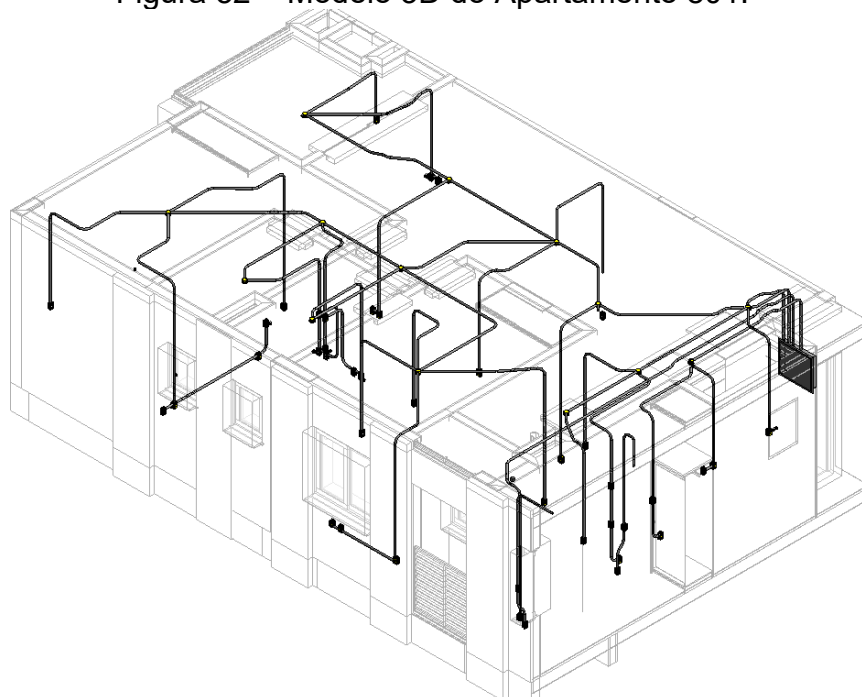
$$A_{4mm^2} = \frac{\pi \times 4,03^2}{4} = 12,75mm^2$$

Primeiro caso:  $(7 \times 9.89) + (2 \times 6,56) = 82,35 \text{ mm}^2 < 128,12\text{mm}^2$

Segundo caso:  $(7 \times 12,75) = 89,25 \text{ mm}^2 < 128,12\text{mm}^2$

A figura 52 ilustra uma vista do modelo 3D do apartamento, realizado no *software Revit*.

Figura 52 – Modelo 3D do Apartamento 801.



Fonte: Autor (2025).

#### 4.2.6 Dimensionamento da Proteção e Alimentadores

Conforme diagrama unifilar apresentado na figura 49, a proteção geral do apartamento foi dimensionada conforme a carga instalada de 19,100 kVA. Verificando a tabela disponível no anexo “L”, retirada da normativa N-321.0003 (CELESC, 2023), foi escolhido a categoria C1, com disjuntor trifásico de 40 A, e cabo de 10 mm<sup>2</sup>, isolamento tipo EPR/XLPE. Foram verificados os piores casos de queda de tensão, com o intuito de verificar a possibilidade de alteração dos cabos. O quadro 2 apresenta a queda de tensão utilizando os apartamentos com numeração final 01 do bloco A e B para os cálculos.

Quadro 2 – Queda de Tensão Alimentadores dos Apartamentos

TRECHO	Tensão Nominal	Tamanho do trecho (m)	Demanda [VA]	Corrente de demanda no trecho [A]	Seção/tipo dos cabos	Queda no trecho (%)
Apto 801 -BL.A	380	35,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	0,931
Apto 901 -BL.A	380	38,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,011
Apto 1001 -BL.A	380	41,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,090
Apto 1101 -BL.A	380	44,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,170
Apto 1201 -BL.A	380	47,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,250
Apto 1301 -BL.A	380	50,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,330
Apto 1401 -BL.A	380	53,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,409
Apto 1501 -BL.A	380	56,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,489
Apto 1601 -BL.A	380	59,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,569
Apto 1701 -BL.A	380	62,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,649
Apto 1801 -BL.A	380	65,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,729
Apto 1901 -BL.A	380	68,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,808
Apto 2001 -BL.A	380	71,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,888
Apto 2101 -BL.A	380	73,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,941
Apto 2201 -BL.A	380	76,0	19100	31,58	16(16)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,295
Apto 801 -BL.B	380	53,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,409
Apto 901 -BL.B	380	56,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,489
Apto 1001 -BL.B	380	59,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,569
Apto 1101 -BL.B	380	62,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,649
Apto 1201 -BL.B	380	65,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,729
Apto 1301 -BL.B	380	68,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,808
Apto 1401 -BL.B	380	71,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,888
Apto 1501 -BL.B	380	74,0	19100	31,58	10(10)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,968
Apto 1601 -BL.B	380	77,0	19100	31,58	16(16)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,312
Apto 1701 -BL.B	380	80,0	19100	31,58	16(16)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,363
Apto 1801 -BL.B	380	83,0	19100	31,58	16(16)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,414
Apto 1901 -BL.B	380	86,0	19100	31,58	16(16)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,465
Apto 2001 -BL.B	380	89,0	19100	31,58	16(16)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,516
Apto 2101 -BL.B	380	92,0	19100	31,58	16(16)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,567
Apto 2201 -BL.B	380	95,0	19100	31,58	16(16)mm <sup>2</sup> EPR COBRE ISOLAÇÃO EPR	1,618

Fonte: Autor (2025).

Conforme verifica-se, foi delimitado uma queda de tensão máxima de 2% para o trecho entre centro de medição e apartamentos, para atender os limites estabelecidos na NBR 5410 (ABNT, 2004), apresentado na figura 24. Foi constatado que a partir de uma distância aproximada de 80 metros, a queda de tensão ultrapassa

os 2% utilizando o cabo de 10 mm<sup>2</sup> de cobre, portanto, se tornou necessário o aumento da seção dos condutores para 16 mm<sup>2</sup>.

Outra análise realizada foi a de capacidade de condução de corrente dos alimentadores dos apartamentos. Considerando que os condutores possuirão seção de 10mm<sup>2</sup> ou 16mm<sup>2</sup> com isolamento EPR/XLPE, e considerando agrupamento em eletrocalha perfurada (método F) em 5 camadas, e 5 circuitos trifásicos por camada.

O quadro 3 apresenta a capacidade de condução de corrente dos condutores após a aplicação dos fatores de correção. Verifica-se que para o disjuntor geral dos apartamentos, de 40A, os condutores atendem o critério de capacidade de condução.

Quadro 3 – Capacidade de Condução de Corrente dos Alimentadores dos Apartamentos

Projeto		Critérios					Disjuntor Adotado
APTO	Seção Adotada	Capacidade de Condução de Corrente					
		Método	Condução condutor em situação normal	FC de Temperatura	FC de Agrup. de Circuitos	Condução condutor após aplicação do FC (A)	
801	10 mm <sup>2</sup> - EPR	F	77	1	0,52	40,04	40A
1701	16 mm <sup>2</sup> - EPR	F	105	1	0,52	54,6	40A

Fonte: Autor (2026).

### 4.3 PROJETO ELÉTRICO CONDOMÍNIO

O mesmo padrão seguirá para o projeto elétrico de todo o condomínio, portanto serão apresentados, nas próximas subseções, as plantas baixas dos pavimentos de embasamento, que constituem áreas de condomínio e salas comerciais. Serão apresentados também os quadros de cargas, diagramas unifilares e o modelo 3D (esquema vertical no apêndice “A”).

Foram previstas alimentações para os pontos das demais disciplinas, como os de HVAC (ar-condicionado, exaustores), iluminação de emergência, bombas de incêndio, bombas de recalque e pressurização.

#### 4.3.1 Pavimento Térreo

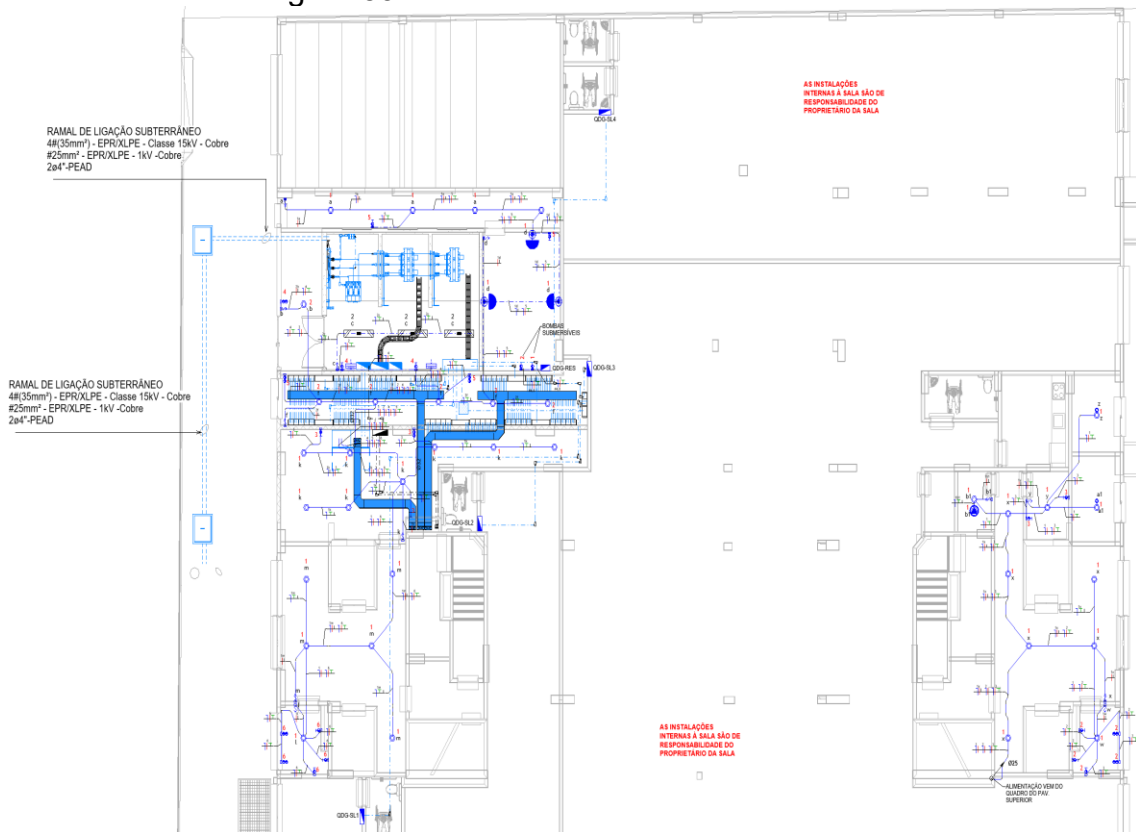
Para as áreas comuns do pavimento térreo, foi previsto em projeto, a instalação com eletrodutos embutidos na laje e tomadas embutidas em alvenaria. O quadro geral

de distribuição do condomínio ficou localizado na área técnica do térreo do edifício, no bloco A (esquerda).

Os pontos elétricos do bloco B (direita) foram alimentados pelo quadro da garagem 01. Para as salas comerciais, não foi realizado o projeto elétrico, devido solicitação da construtora, onde cada comprador irá realizar a sua própria instalação, portanto foram previstos apenas os quadros de distribuição e estimado uma carga de acordo com a área das salas e cargas de climatização.

A figura 53 apresenta a planta baixa do projeto elétrico do pavimento térreo.

Figura 53 – Planta Baixa Pavimento Térreo.



Fonte: Autor (2025).

Para a subestação, foi prevista alimentação dos pontos de iluminação e tomadas de forma aparente, sendo previsto iluminação artificial conforme indica a norma N-321.0002 (Celesc, 2016), com interruptor e tomadas próximas aos quadros para uso da Celesc ou do condomínio em futuras manutenções.

A sala de medidores ficou posicionada ao lado da subestação, com livre acesso para a concessionária, e destas salas foram derivadas as eletrocalhas para alimentação dos apartamentos e do quadro geral de distribuição do condomínio.

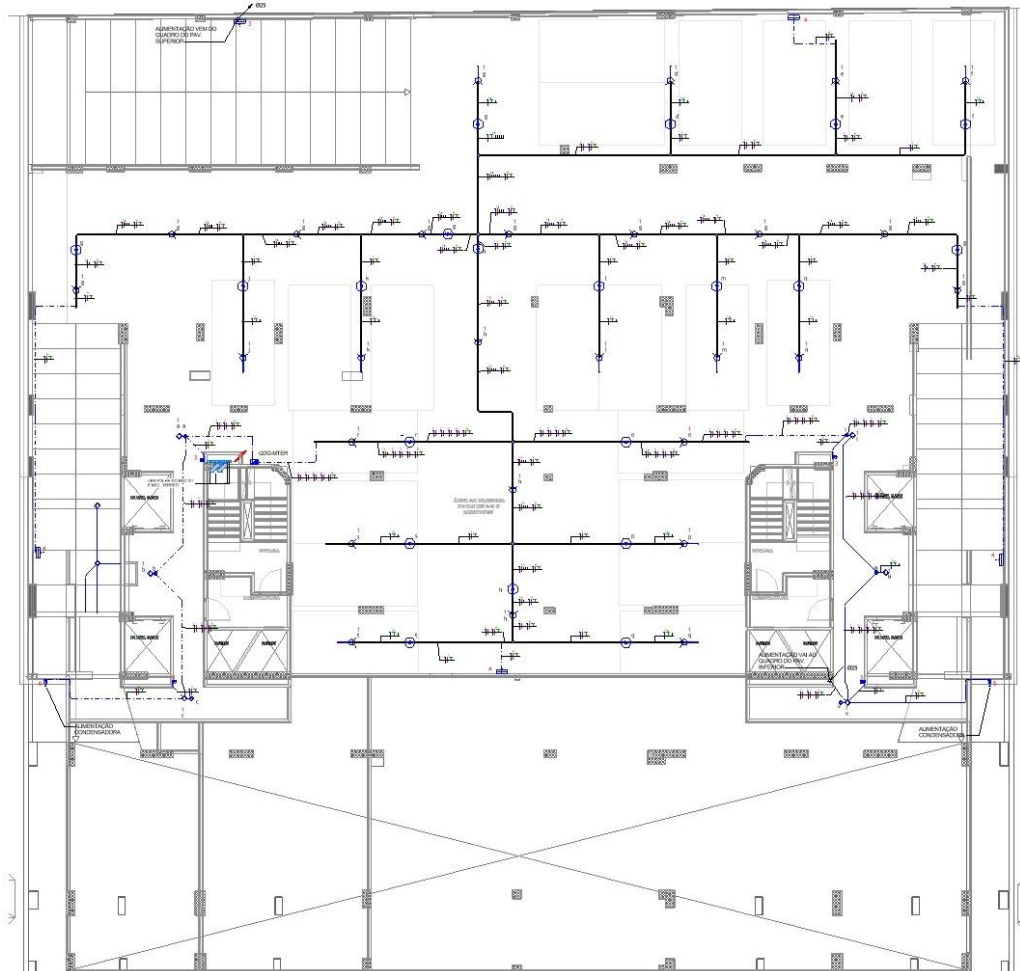
### 4.3.2 Pavimentos Garagens

A instalação elétrica das garagens foi realizada de forma aparente, devido à falta de forro nestes pavimentos, utilizando de eletrocalhas galvanizadas e eletrodutos metálicos. As instalações nas paredes também foram realizadas de forma aparente utilizando de materiais metálicos ou de PVC.

Para o controle da iluminação foram utilizados sensores, para economia da energia na falta de circulação de pessoas ou veículos. Os quadros de distribuição elétrica de todos os pavimentos de garagem foram posicionados próximos ao *shaft*, para reduzir infraestrutura de alimentação, devido à proximidade com a prumada elétrica do condomínio.

A figura 54 apresenta a planta baixa do projeto elétrico do pavimento garagem 01, em que uma parte é referente ao pé direito duplo das lojas do pavimento térreo, e a outra parte garagem.

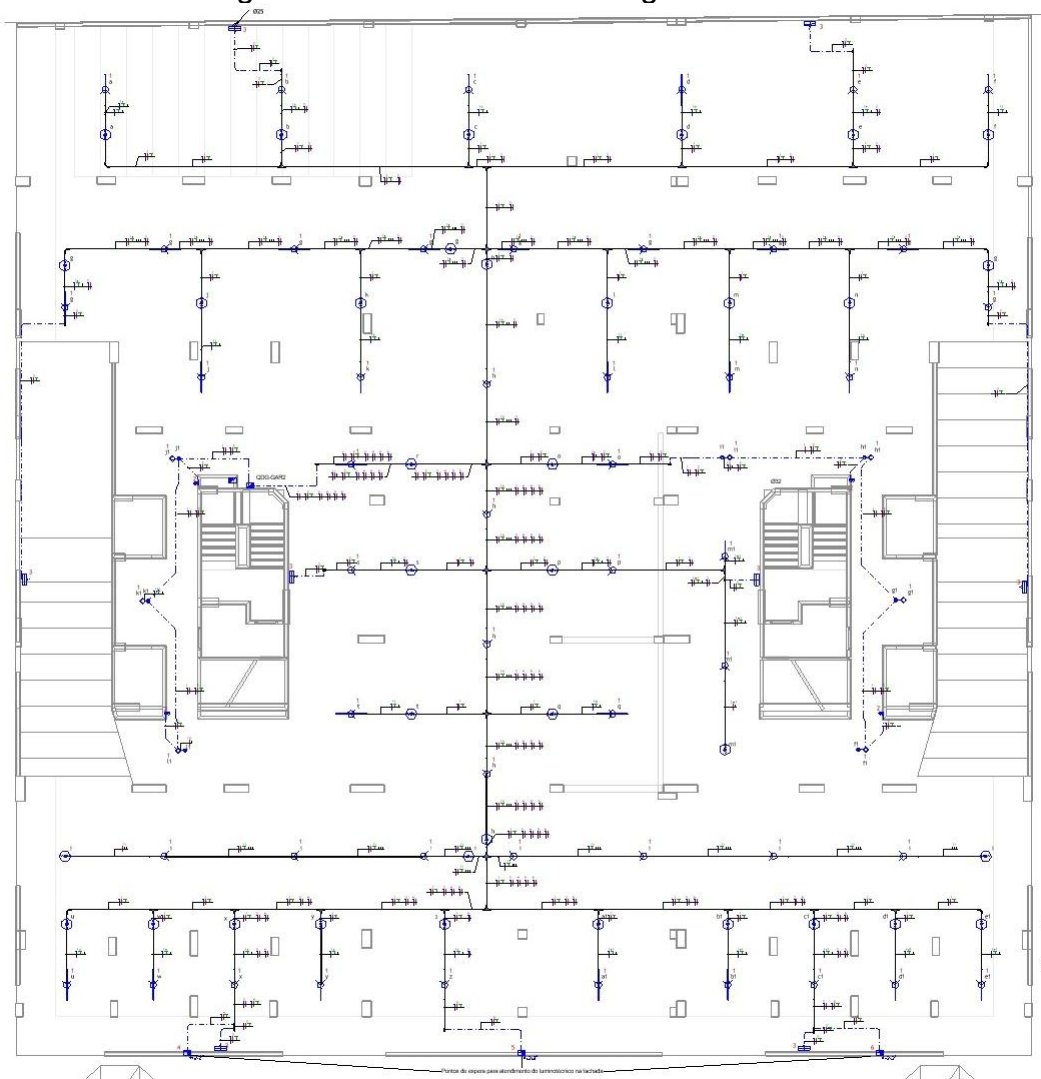
Figura 54 – Planta Baixa Garagem 01.



Fonte: Autor (2025).

A figura 55 apresenta o pavimento garagem 02, que é idêntico as garagens 03 e 04.

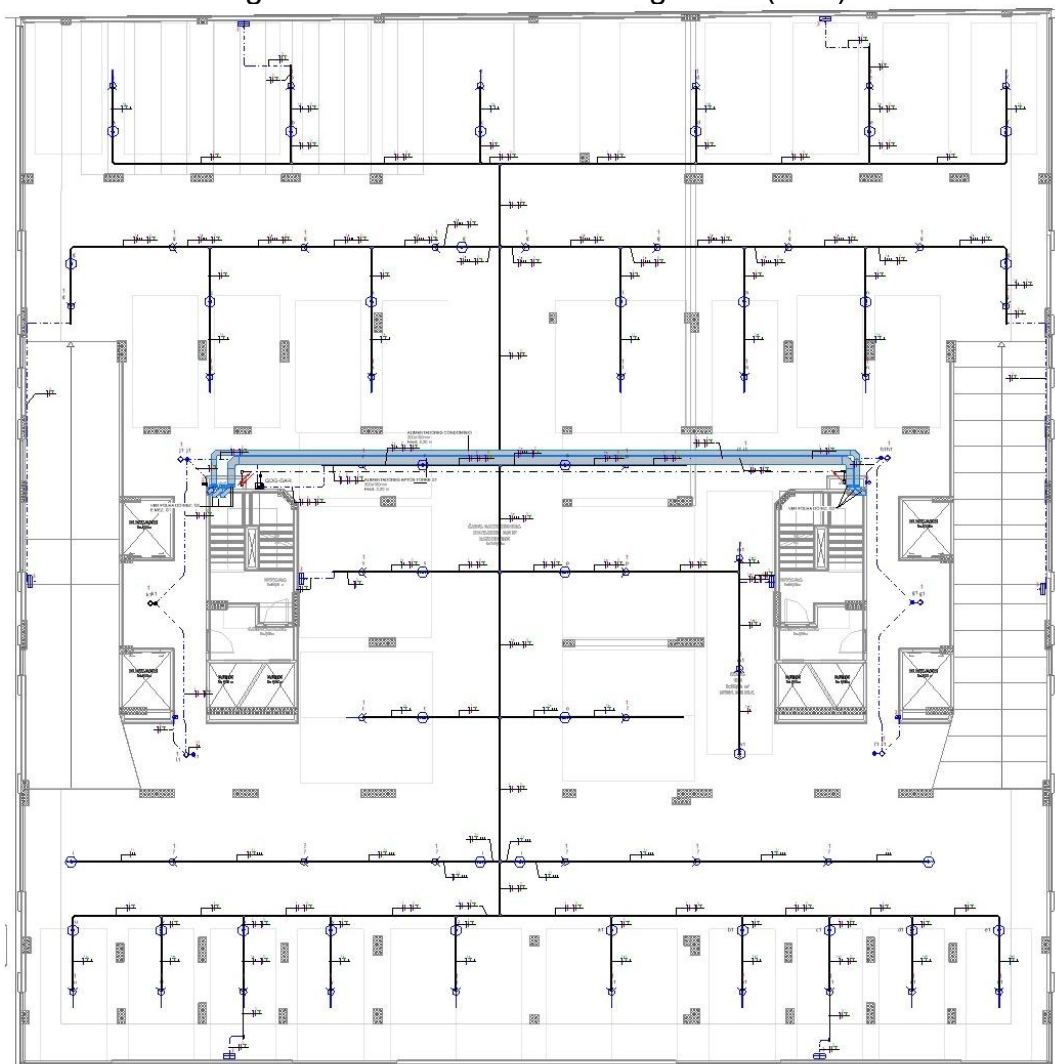
Figura 55 – Planta Baixa Garagens 02 a 04.



Fonte: Autor (2025).

Foram realizados desvios nas prumadas para se adequar aos *shaft's* previstos pela arquitetura. No teto da garagem G05 foi realizado a derivação de uma eletrocalha para a alimentação dos apartamentos do bloco B (direita), e uma para as cargas de condomínio deste mesmo bloco, assim como as cargas de incêndio. A figura 56 ilustra o projeto elétrico do pavimento G05.

Figura 56 – Planta Baixa Garagem 05 (G05).

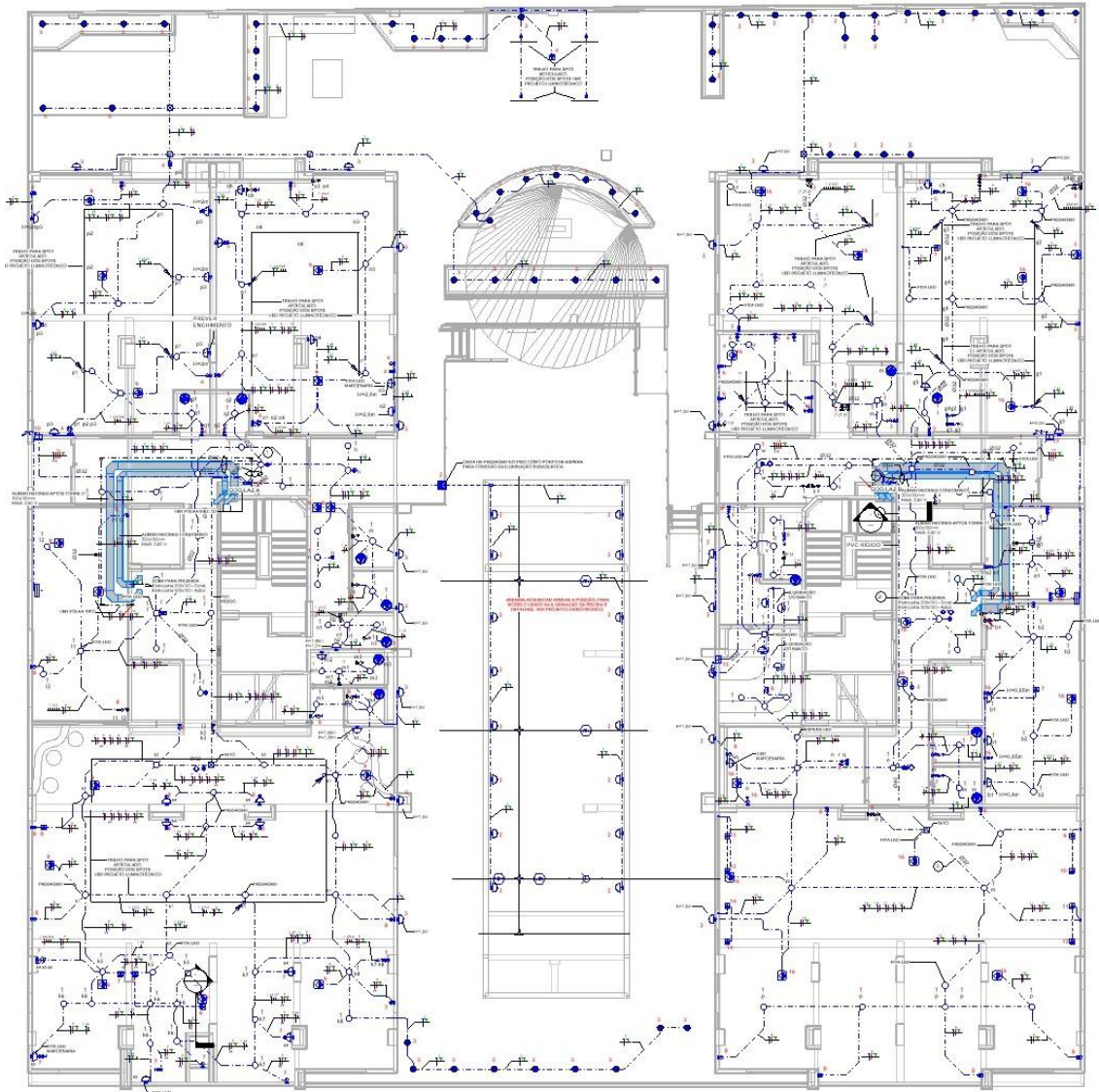


Fonte: Autor (2025).

### 4.3.3 Pavimento Lazer

O pavimento lazer foi projetado com eletrodutos flexíveis aparentes, por possuir espaçamento entre laje e forro confortável para a instalação elétrica e para as demais disciplinas. Este pavimento conta com área de sauna, academia, piscina, 03 salões de festas, dentre outras áreas. O projeto elétrico deste pavimento é ilustrado na figura 57.

Figura 57 – Planta Baixa Pavimento Lazer.



Fonte: Autor (2025).

#### 4.4 DIMENSIONAMENTO ENTRADA DE ENERGIA

Esta seção apresentará o dimensionamento da entrada de energia, considerando a carga instalada e demandada do condomínio, apartamentos e salas comerciais.

##### 4.4.1 Demanda dos Apartamentos e Salas Comerciais

Os apartamentos e as salas comerciais foram previstos para serem atendidos pelo transformador 02. Portanto, nesta seção, será realizado o dimensionamento da demanda prevista para atender estas unidades consumidoras. Serão utilizadas as

informações e equações apresentadas na seção 2.16 para dimensionar a entrada de energia. Para o cálculo da demanda total provável, serão utilizadas as equações (13), (14) e (15).

#### *4.4.1.1 Demanda Total dos Apartamentos*

Utilizando a equação (14) e as tabelas dos anexos “F” e “G”, e considerando a área média dos apartamentos de 63m<sup>2</sup>:

$$D_1 = 78,84 \times 1,57 = 123,78 \text{ kVA}$$

Multiplicando pelo fator de majoração 1,2:

$$D_1 = 123,78 \times 1,2 = 148,54 \text{ kVA}$$

#### *4.4.1.2 Demanda Total das Salas Comerciais / Transformador 02*

Para as salas comerciais, a demanda ( $D_s$ ) foi estimada conforme experiências prévias do projetista e discussões com arquitetura e demais disciplinas. Serão utilizadas as tabelas dos anexos “I”, “J” e “K” para o cálculo da demanda. Na tabela do anexo “I”, é possível verificar fator de demanda de iluminação e tomadas de uso geral de 75% para lojas e semelhantes. As demandas de aparelhos de aquecimento e de ar-condicionado serão verificadas conforme a área da sala e definição da disciplina de climatização e da arquitetura.

Para este edifício, as salas comerciais e os apartamentos serão alimentados pelo transformador coletivo (Trafo Aptos), portanto o dimensionamento deste, será realizado o somatório das potências demandadas dos apartamentos e das salas.

Quadro 4 – Dimensionamento Sala Comercial 01.

<b>(a) Iluminação e tomadas</b>					
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (VA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM. (%)	POT. DEM. TOTAL (kVA)
ILUMINAÇÃO	40,00	30,00	1,20	75%	0,90
TOMADAS GERAIS	100,00	15,00	1,50	75%	1,13
<b>(b) Tomadas de Uso Específico</b>					
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (kVA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM.	POT. DEM. TOTAL (kVA)
Computadores	0,60	6,00	3,60	100%	3,60
Microondas	1,20	2,00	2,40	65%	1,56
<b>(c) Demanda Referente à Condicionador de Ar Tipo Janela</b>					
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (kVA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM.	POT. DEM. TOTAL (kVA)
36000 BTU/H	4555,56	4,00	18,22	100%	18,22
<b>(Ds) Demanda total Sala Comercial 01</b>					
RESUMO					
DESCRIÇÃO			POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	POT. DEM. TOTAL (kVA)	
(a) Iluminação e tomadas			2,70	2,03	
(b) Tomadas de Uso Específico			6,00	5,16	
(c) Demanda Referente à Condicionador de Ar Tipo Janela			18,22	16,40	
POTÊNCIA INSTALADA TOTAL (kVA)				26,92	
POTÊNCIA DEMANDADA TOTAL (kVA)				23,59	

Fonte: Autor (2025).

Quadro 5 – Dimensionamento Sala Comercial 02.

<b>(a) Iluminação e tomadas</b>					
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (VA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM. (%)	POT. DEM. TOTAL (kVA)
ILUMINAÇÃO	40,00	80,00	3,20	75%	2,40
TOMADAS GERAIS	100,00	35,00	3,50	75%	2,63
<b>(b) Tomadas de Uso Específico</b>					
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (kVA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM.	POT. DEM. TOTAL (kVA)
Computadores	0,60	20,00	12,00	100%	12,00
Microondas	1,20	4,00	4,80	50%	2,40
<b>(c) Demanda Referente à Condicionador de Ar Tipo Janela</b>					
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (kVA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM.	POT. DEM. TOTAL (kVA)
36000 BTU/H	4555,56	11,00	50,11	90%	45,10
<b>(Ds) Demanda total Sala Comercial 02</b>					
RESUMO					
DESCRIÇÃO			POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	POT. DEM. TOTAL (kVA)	
(a) Iluminação e tomadas			6,70	5,03	
(b) Tomadas de Uso Específico			16,80	14,40	
(c) Demanda Referente à Condicionador de Ar Tipo Janela			50,11	40,59	
POTÊNCIA INSTALADA TOTAL (kVA)				73,61	
POTÊNCIA DEMANDADA TOTAL (kVA)				60,02	

Fonte: Autor (2025).

Quadro 6 – Dimensionamento Sala Comercial 03.

<b>(a) Iluminação e tomadas</b>					
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (VA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM. (%)	POT. DEM. TOTAL (kVA)
ILUMINAÇÃO	40,00	17,00	0,68	75%	0,51
TOMADAS GERAIS	100,00	12,00	1,20	75%	0,90
<b>(b) Tomadas de Uso Específico</b>					
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (kVA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM.	POT. DEM. TOTAL (kVA)
Computadores	0,60	4,00	2,40	100%	2,40
Microondas	1,20	2,00	2,40	65%	1,56
<b>(c) Demanda Referente à Condicionador de Ar Tipo Janela</b>					
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (kVA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM.	POT. DEM. TOTAL (kVA)
36000 BTU/H	4555,56	3,00	13,67	100%	13,67
<b>(Ds) Demanda total Sala Comercial 03</b>					
RESUMO					
DESCRIÇÃO	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)			POT. DEM. TOTAL (kVA)	
(a) Iluminação e tomadas	1,88			1,41	
(b) Tomadas de Uso Específico	4,80			3,96	
(c) Demanda Referente à Condicionador de Ar Tipo Janela	13,67			12,30	
POTÊNCIA INSTALADA TOTAL (kVA)				20,35	
POTÊNCIA DEMANDADA TOTAL (kVA)				17,67	

Fonte: Autor (2025).

Quadro 7 – Dimensionamento Sala Comercial 04.

<b>(a) Iluminação e tomadas</b>					
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (VA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM. (%)	POT. DEM. TOTAL (kVA)
ILUMINAÇÃO	40,00	10,00	0,40	75%	0,30
TOMADAS GERAIS	100,00	10,00	1,00	75%	0,75
<b>(b) Tomadas de Uso Específico</b>					
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (kVA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM.	POT. DEM. TOTAL (kVA)
Computadores	0,60	2,00	1,20	100%	1,20
Microondas	1,20	1,00	1,20	100%	1,20
<b>(c) Demanda Referente à Condicionador de Ar Tipo Janela</b>					
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (kVA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM.	POT. DEM. TOTAL (kVA)
36000 BTU/H	4555,56	1,00	4,56	100%	4,56
<b>(Ds) Demanda total Sala Comercial 04</b>					
RESUMO					
DESCRIÇÃO	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)			POT. DEM. TOTAL (kVA)	
(a) Iluminação e tomadas	1,40			1,05	
(b) Tomadas de Uso Específico	2,40			2,40	
(c) Demanda Referente à Condicionador de Ar Tipo Janela	4,56			4,10	
POTÊNCIA INSTALADA TOTAL (kVA)				8,36	
POTÊNCIA DEMANDADA TOTAL (kVA)				7,55	

Fonte: Autor (2025).

Portanto, o dimensionamento do transformador coletivo pode ser obtido através da somatória das demandas dos apartamentos e das salas comerciais.

$$D_{trafo\ 02} = 148,54 + 23,59 + 60,02 + 17,67 + 7,55 = 257,37\ kVA$$

A partir desta demanda, considera-se o transformador com potência de transformação logo acima. Conforme padrão comercial, o transformador determinado para atender as cargas das salas e apartamentos é o de 300 kVA.

#### 4.4.1.3 Centros de Medição

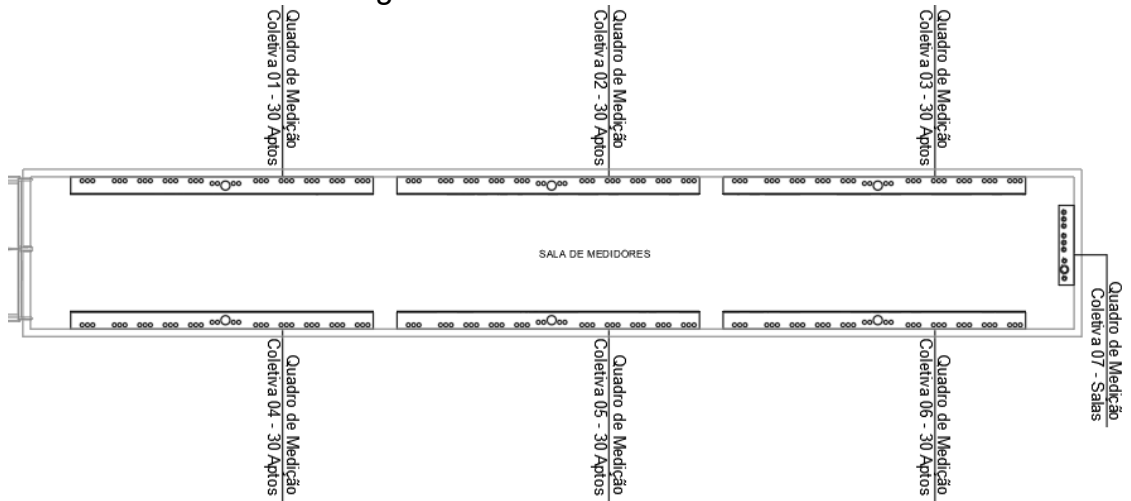
De acordo com a Celesc (2023, p. 49), “a medição das unidades consumidoras com carga instalada igual ou inferior a 75 kW deve ser agrupada em um ou mais quadros de medição coletivos”. Para este empreendimento, existem 180 unidades consumidoras de apartamentos e 04 unidades de salas comerciais.

Ainda de acordo com a referida norma, cada unidade consumidora deve possuir uma proteção individual, com a função de limitar e interromper o fornecimento de energia. A norma ainda estabelece que o quadro de medição de cada UC deve ser constituído por “disjuntor termomagnético instalado após o medidor de energia” (Celesc, 2023, p. 48). O dimensionamento das unidades consumidoras deve ser conforma a tabela do anexo “L”, retirada da norma N-321.0003 (Celesc, 2023).

Foram definidos para este projeto, 06 centros de medição de alumínio, possuindo 30 medidores cada, de forma a atender os 180 apartamentos, e 01 centro de medição de 04 medidores para atender as salas comerciais.

A norma N-321.0003 (Celesc, 2023, p. 47), estabelece que se deve “utilizar disjuntor em caixa moldada caso a corrente nominal seja maior que 70 A”. Em caso de alguma UC possuir proteção acima de 70 A, a Celesc dispõe que deve ser previsto 01 caixa com largura mínima de 400 mm para CM de alumínio. Ainda de acordo com a referida norma, as caixas do CM que possuam disjuntor superior a 200 A, devem possuir largura mínima de 500mm.

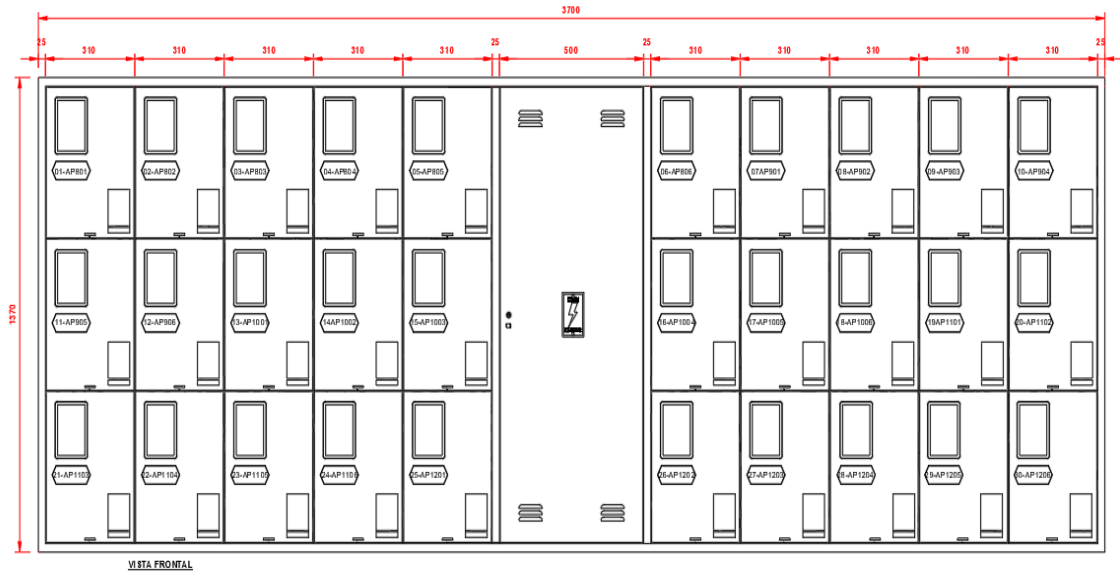
Figura 58 – Sala de Medidores.



Fonte: Autor (2025).

A figura 59 demonstra um dos centros de medição para os apartamentos, possuindo 30 medidores, e uma caixa para proteção geral do CM. Os outros 05 centros de medição serão idênticos, no entanto, com a identificação adequada para os apartamentos que o respectivo CM alimenta.

Figura 59 – Centro de Medição 01 Aptos – Corte Frontal

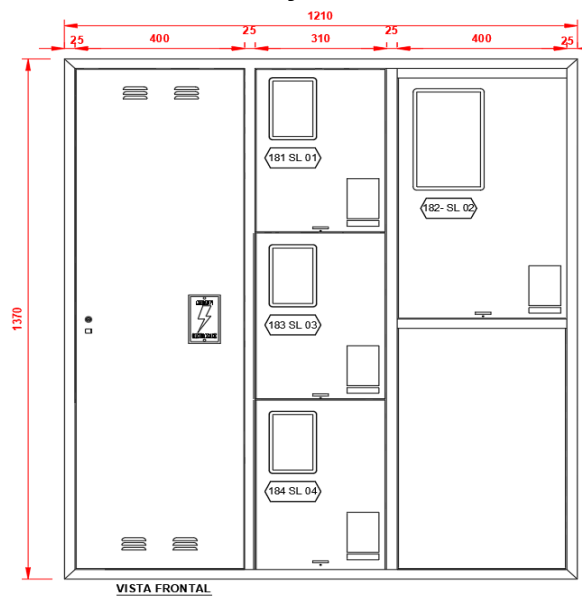


Fonte: Autor (2025).

O centro de medição das salas comerciais é ilustrado na figura 60. Conforme apresentado anteriormente, e constatado a demanda da sala 02 e sua proteção (figura 62), foi previsto um QM com 400 mm de largura para a referida sala. Para os QMs das

demais salas, foram previstas as dimensões padrões apresentadas pela Celesc na norma N-321.0003, p. 109.

Figura 60 – Centro de Medição 01 Salas – Corte Frontal



Fonte: Autor (2025).

#### 4.4.1.4 Proteções dos Centros de Medição - (CM's)

**Apartamentos:** A proteção dos CM's deverá ser realizada conforme a potência demandada dos medidores compostos deste CM. Para os centros de medição dos apartamentos, utiliza-se a demanda dos 30 apartamentos pelo fator de diversidade, conforme anexos "F" e "G". Aplica-se um fator de majoração de 2,5, atribuído pelo projetista, conforme conhecimento prévio do dimensionamento, e por boa prática, prevendo folga para o dimensionamento da proteção. A demanda de cada centro de medição dos apartamentos pode ser definida como:

$$D_{CM01-06} = 1,57 \times 23,48 \times 2,5 = 92,16 \text{ kVA}$$

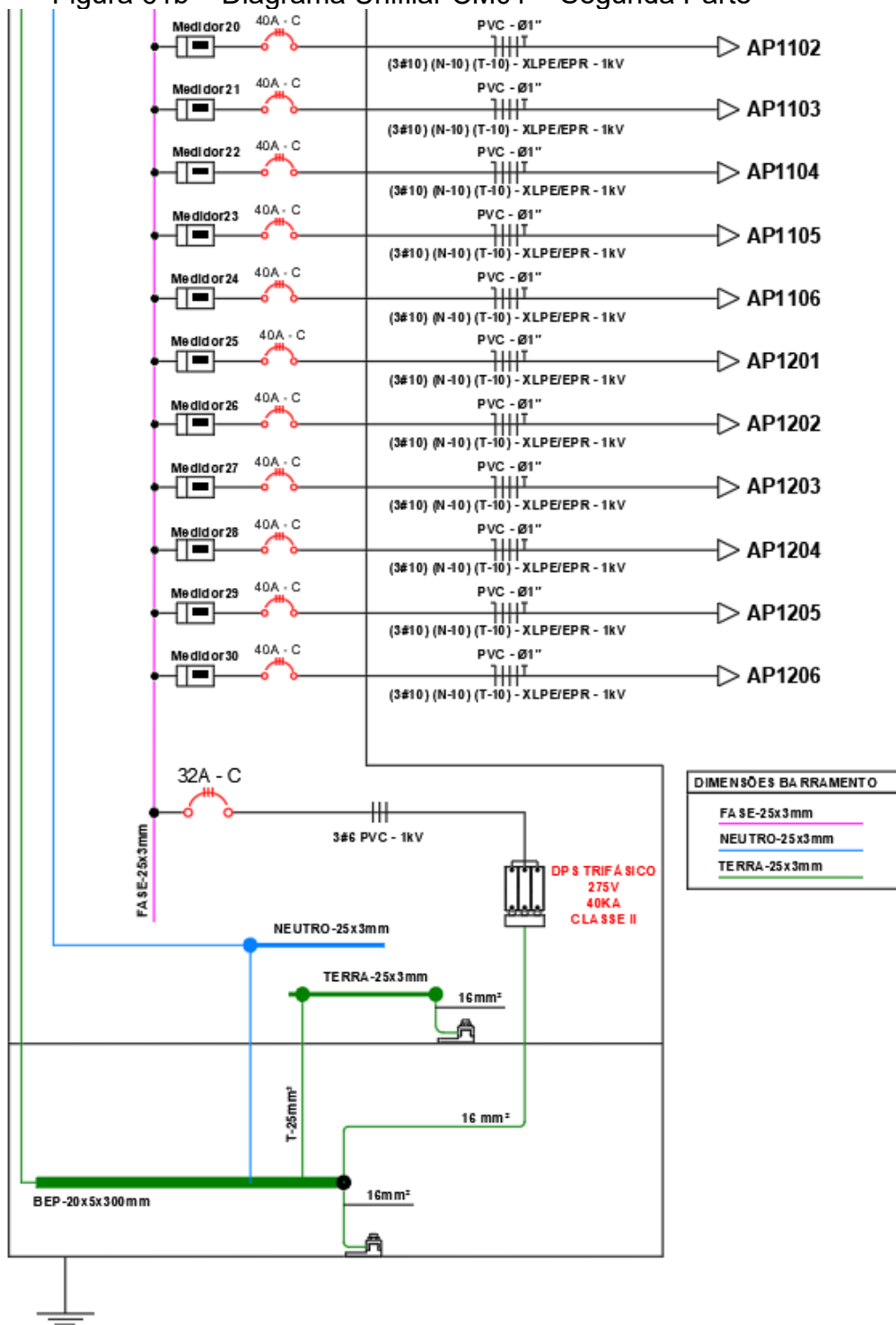
A partir da demanda definida, é possível determinar a proteção do centro de medição. A corrente demandada para os centros de medição é de 140,19 A, portanto a proteção definida será de um disjuntor tripolar de 150 A, com condutores de alimentação de 4#50mm<sup>2</sup>(25mm<sup>2</sup>), com isolamento XLPE/EPR 1 kV, passados em eletroduto de 3 polegadas. A figura 61 apresenta o diagrama unifilar do CM01.

Figura 61a – Diagrama Unifilar CM01 – Primeira Parte



Fonte: Autor (2025).

Figura 61b – Diagrama Unifilar CM01 – Segunda Parte



Fonte: Autor (2025).

O barramento interno dos quadros foi dimensionado conforme tabela do anexo “M”, verificado a corrente do disjuntor de 150 A, a seção dos barramentos de fase e neutro devem ser no mínimo de 75 mm<sup>2</sup>. Portanto foi determinado dimensões de 25 x 3 mm para os barramentos dos centros de medição dos apartamentos.

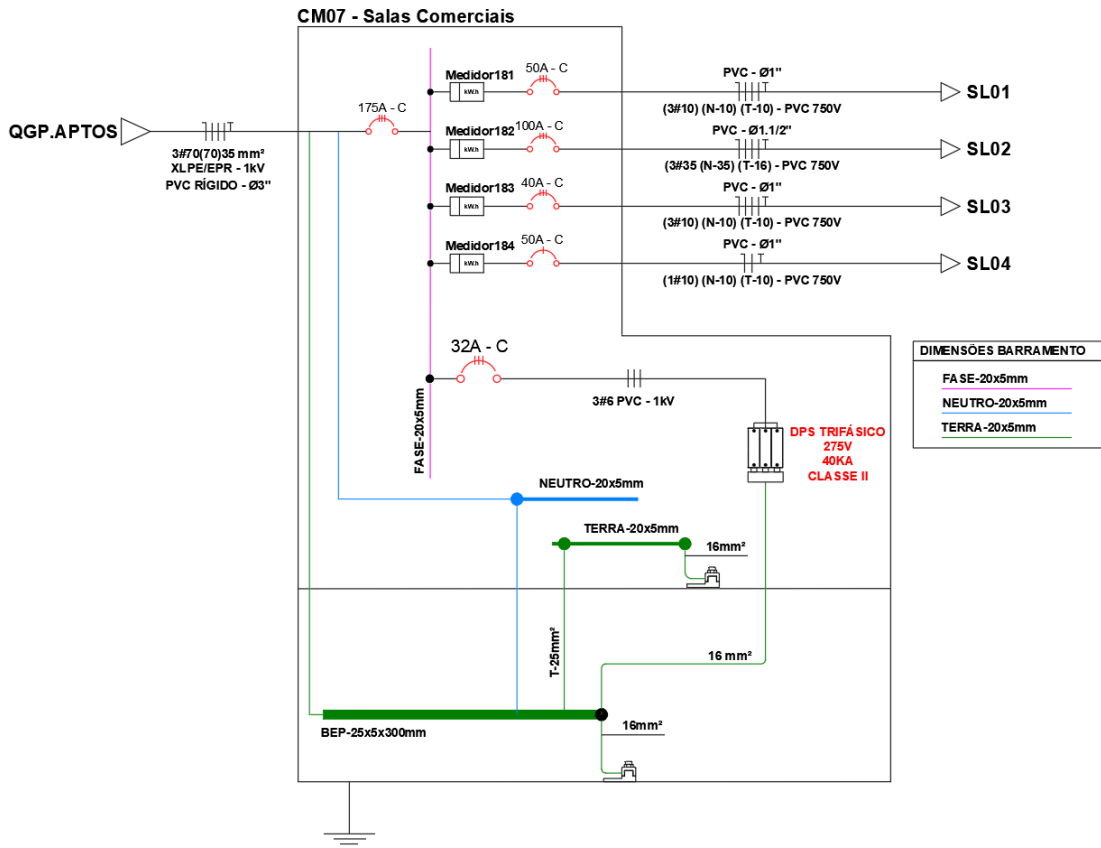
**Salas comerciais:** A demanda do centro de medição das salas pode ser obtida realizando o somatório das demandas calculadas, apresentadas nos quadros 4, 5, 6 e 7.

$$D_{CM.Salas} = 23,59 + 60,02 + 17,67 + 7,55 = 108,83 \text{ kVA}$$

A corrente demandada deste centro de medição é de 165,55 A, portanto o dimensionamento da proteção deste CM pode ser definido como um disjuntor tripolar de 175 A, com condutores de alimentação de 4#70mm<sup>2</sup>(35mm<sup>2</sup>), com isolamento XLPE/EPR 1 kV, passados em eletroduto de 3 polegadas.

A proteção e alimentadores das salas comerciais também foram dimensionados conforme a demanda calculada para cada unidade. O barramento do quadro foi dimensionado com as dimensões 20x5 mm, atendendo a seção mínima de 90 mm<sup>2</sup> estabelecida pelo anexo “M”. A figura 62 ilustra o diagrama unifilar do CM 07 – Salas Comerciais.

Figura 62 – Diagrama Unifilar CM07 – Salas Comerciais



Fonte: Autor (2025).

A queda de tensão dos condutores que derivam do QGP-APTOS para os centros de medição é apresentada no quadro 8.

Quadro 8 – Queda de Tensão QGP – CM's.

TRECHO	Tensão Nominal	Tamanho do trecho (m)	Demanda [VA]	Corrente de demanda no trecho [A]	Seção/tipo dos cabos	Queda no trecho (%)
CM 01	380	5,0	92160	152,38	50(50)mm <sup>2</sup> COBRE ISOLAÇÃO EPR	0,152
CM 02	380	3,0	92160	152,38	50(50)mm <sup>2</sup> COBRE ISOLAÇÃO EPR	0,091
CM 03	380	4,0	92160	152,38	50(50)mm <sup>2</sup> COBRE ISOLAÇÃO EPR	0,122
CM 04	380	7,0	92160	152,38	50(50)mm <sup>2</sup> COBRE ISOLAÇÃO EPR	0,213
CM 05	380	5,0	92160	152,38	50(50)mm <sup>2</sup> COBRE ISOLAÇÃO EPR	0,152
CM 06	380	6,0	92160	152,38	50(50)mm <sup>2</sup> COBRE ISOLAÇÃO EPR	0,183
CM 07	380	9,0	108830	179,94	70(70)mm <sup>2</sup> COBRE ISOLAÇÃO EPR	0,239

Fonte: Autor (2025).

#### 4.4.1.5 Dimensionamento QGP-APTOS

O Quadro Geral de Proteção dos apartamentos (QGP-APTOS) possui demanda calculada de 257,37 kVA, conforme apresentado no item 4.4.1.2, e o transformador definido de 300 kVA, portanto, nesta seção serão apresentados as proteções e alimentadores deste quadro.

Verificando a tabela do anexo “N”, para a demanda calculada, existem duas seções para demanda acima de 225 kVA, que entram no campo de alimentação de um transformador de 300 kVA. No entanto, apesar da demanda calculada ser de 257,37 kVA, a proteção e o dimensionamento dos condutores serão realizados conforme a potência nominal do transformador.

Define-se então a proteção de disjuntor tripolar de caixa moldada de 450 A. Para a passagem da infraestrutura de cabos foram instaladas canaletas no piso, portanto os condutores de baixa tensão que derivam do transformador para o quadro possuirão seção de duas fases por cabo de 185mm<sup>2</sup>, para os condutores de fase e neutro. O condutor de proteção será derivado do BEP da subestação, sendo definida uma seção de 120 mm<sup>2</sup>. Portanto a alimentação do QGP-APTOS é definida como 2x[3#185 (N-185)] (T-95) mm<sup>2</sup> com isolação XLPE/EPR - 1kV. O diagrama unifilar geral é apresentado no Apêndice “B”.

#### 4.4.2 Condomínio

O dimensionamento do condomínio ( $D_2$ ) foi realizado considerando todas as cargas que serão instaladas de iluminação, tomadas gerais, tomadas específicas,

equipamentos e motores. O quadro 9 apresenta a descrição das cargas retiradas do projeto, a sua potência unitária, quantidade de pontos dispostos nas áreas comuns do edifício e a potência demandada por tipo de carga, aplicando os fatores de demanda apresentados nos anexos “H”, “J” e “K”.

Conforme estabelecido na seção 2.16.6.1, a demanda do condomínio pode ser obtida pela equação (14). Para obtenção do valor da demanda referente a iluminação do condomínio ( $D_i$ ), foram contabilizados todos os pontos de iluminação, e aplicado o fator de demanda de 100% para os primeiros 10 kVA de carga instalada, e 25% para o restante. Para as tomadas gerais foi aplicado um fator de demanda de 20%.

Quadro 9 – Dimensionamento Condomínio

<b>(a) Iluminação e tomadas gerais</b>						
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (VA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM. (%)	POT. DEM. TOTAL (kVA)	
ILUMINAÇÃO 100%	60	166,00	9,96	100%	9,96	
ILUMINAÇÃO 25%	60	537,00	32,22	25%	8,06	
TOMADAS 20%	100	225,00	22,50	20%	4,50	
TOMADAS 20%	600	15,00	9,00	20%	1,80	
TOMADAS ÁREAS TÉCNICAS 20%	1000	9,00	9,00	20%	1,80	
<b>(b) Equipamentos Específicos</b>						
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (kVA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM.	POT. DEM. TOTAL (kVA)	
Forno elétrico	2,50	1,00	2,50	100%	2,50	
Cooktop	3,40	1,00	3,40	100%	3,40	
Sauna	15,00	1,00	15,00	100%	15,00	
Esteiras	1,50	4,00	6,00	100%	6,00	
<b>(c) Demanda Referente à Condicionador de Ar Tipo Janela</b>						
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (VA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM.	POT. DEM. TOTAL (kVA)	
Multisplit Bloco A	31600	1,00	31,60	100%	31,60	
Multisplit Bloco B	19800	1,00	19,80	100%	19,80	
Ar Condicionado Guaritas	1500	2,00	3,00	100%	3,00	
Ar Condicionado Hall Térreo	1900	2,00	3,80	100%	3,80	
<b>(d) Demanda Referente a Motores</b>						
DESCRIÇÃO	POT. UNIT. (CV)	POT. UNIT. (kVA)	QUANT.	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	FAT. DEM.	POT. DEM. TOTAL (kVA)
PORTÃO ELÉTRICO - F+N+T	1,00	1,57	1,00	1,57	100%	1,57
BOMBA DE RECALQUE - 3F+N+T	12,50	14,09	2,00	28,18	75%	21,14
BOMBA DE PRESSURIZAÇÃO DE REUSO - 3F+N+T	5,00	6,01	2,00	12,03	75%	9,02
BOMBA PRÉ-FILTRO - F+N+T	2,00	2,97	1,00	2,97	100%	2,97
BOMBA DE RECALQUE DE LIMPEZA - F+N+T	0,50	1,18	2,00	2,35	75%	1,76
FILTRO DA PISCINA - F+N+T	3,00	4,07	1,00	4,07	100%	4,07
BOMBA DE PRESSURIZAÇÃO DE ÁGUA FRIA - 3F+N+T	7,50	8,64	2,00	17,29	75%	12,97
ELEVADORES -3F+N+T	15,00	16,65	4,00	66,60	58%	33,29

Fonte: Autor (2025).

O quadro 10 apresenta a demanda total do condomínio, que foi obtida realizando o somatório de todas as cargas demandadas apresentadas no quadro 9.

Quadro 10 – Dimensionamento Total do Condomínio.

<b>(f) Demanda total Condomínio</b>		
DESCRIÇÃO	POT. INSTAL. TOTAL (kVA)	POT. DEM. TOTAL (kVA)
(a) Iluminação e tomadas gerais	82,68	26,12
(b) Equipamentos Específicos	26,90	26,90
(c) Demanda Referente à Condicionador de Ar Tipo Janela	58,20	58,20
(d) Demanda Referente a Motores	135,05	86,78
<b>POTÊNCIA INSTALADA TOTAL (kVA)</b>	<b>302,83</b>	
<b>POTÊNCIA DEMANDADA TOTAL (kVA)</b>	<b>198,00</b>	

Fonte: Autor (2025).

Aplicando o fator de majoração definido para este empreendimento de 1,3:

$$D_2 = 198 \times 1,3 = 257,4 \text{ kVA}$$

Portanto, o dimensionamento do transformador do condomínio (Trafo 01) pode ser definido como 300 kVA.

#### 4.4.2.1 Dimensionamento Proteção Condomínio

De acordo com Celesc (2023, p. 47), “a medição em tensão primária deverá ser instalada no interior da subestação abrigada”. Como a unidade consumidora do condomínio possui demanda de média tensão, o medidor do condomínio foi alocado dentro da subestação. Esta seção apresentará o dimensionamento da proteção e condutores de alimentação de baixa tensão do QGP-ADM.

Por se tratar de uma unidade com demanda superior a 75 kVA e inferior a 300 kVA, conforme item 2.15.8, existe a necessidade da utilização de um transformador de corrente para medição. Conforme tabela 13, o transformador de corrente para a medição da UC de condomínio deverá possuir relação de transformação de 500/5.

O disjuntor de proteção será dimensionado conforme a potência nominal do transformador de 300 kVA, portanto, disjuntor tripolar de caixa moldada de 450 A. Para a passagem da infraestrutura de cabos foram instaladas canaletas no piso, portanto os condutores de baixa tensão que derivam do transformador para o quadro possuirão

seção de duas fases por cabo de 185mm<sup>2</sup>, para os condutores de fase e neutro. O condutor de proteção será derivado do BEP da subestação, sendo definida uma seção de 95 mm<sup>2</sup>. Portanto a alimentação do QGP-APTOS é definida como 2x[3#185 (N-185)] (T-95) mm<sup>2</sup> com isolamento XLPE/EPR - 1kV. O diagrama unifilar geral é apresentado no Apêndice “B”.

#### 4.4.3 Demanda Total Provável

A demanda total provável do empreendimento pode ser definida aplicando os valores obtidos anteriormente, e definindo um fator de majoração de 1,3 para este empreendimento:

$$D_p = 1,3 \times (123,78 + 198) + 23,59 + 60,02 + 17,67 + 7,55$$

$$D_p = 527,2 \text{ kVA}$$

#### 4.4.4 Dimensionamento Condutores de MT – Ramal de Entrada

Os condutores de média tensão que serão derivados da rede da concessionária em direção a subestação interna, instalados de forma subterrânea, serão dimensionados conforme tabela 16 deste trabalho, utilizando a demanda total da instalação estabelecida no item 4.4.3, e a tensão primária da rede de 13,8 kV.

A corrente demandada do projeto pode ser definida como:

$$I_{DP} = \frac{527,2 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13800} = 22,08 \text{ A}$$

Para o ramal de entrada, ficam definidos, três condutores de cobre de seção 35 mm<sup>2</sup>, com isolamento EPR/XLPE 15 kV para as fases, um reserva de características idênticas conforme estabelece a norma, e um condutor de cobre de seção 25 mm<sup>2</sup>, com isolamento EPR/XLPE 1 kV para o neutro.

Ramal de entrada subterrâneo:

4#35 mm<sup>2</sup> - EPR/XLPE 15 kV

1#25 mm<sup>2</sup> - EPR/XLPE 1 kV

Verifica-se que as seções definidas atendem a capacidade de condução de corrente exigida pela instalação, conforme estabelece a NBR 14039 (ABNT, 2021), apresentado no anexo “E”.

#### 4.4.5 Queda de Tensão – Ramal de Entrada

A queda de tensão dos condutores do ramal de entrada pode ser definida utilizando a equação (7), se tratando de um circuito trifásico. Utilizando os parâmetros de condutores de média tensão, referenciados no anexo “P” deste trabalho.

$$\Delta v_c = \frac{\sqrt{3} \times 22,08 \times 25 \times (0,677 \times 0,92 + 0,184 \times 0,3915)}{10 \times 1 \times 13800} (\%)$$

$$\Delta v_c = 0,005\%$$

#### 4.4.6 Dimensionamento de Eletrodutos Ramal de Entrada MT

Os eletrodutos para o ramal de entrada de média tensão serão determinados conforme tabela 17 deste trabalho. O eletroduto junto ao poste, para descida dos cabos derivados da rede, deverá ser de 04 polegadas, de material aço de carbono galvanizado à fogo, fixado com quatro cintas de alumínio, e deverá ser aterrado por um condutor de cobre de seção 10 mm<sup>2</sup>, em haste de aterramento exclusiva instalada internamente a caixa de passagem mais próxima do poste.

Para o ramal subterrâneo, serão instalados 02 eletrodutos de 04 polegadas enterrados, de PEAD reforçado, um principal e outro reserva, com profundidade de 85 cm e fita de sinalização instalada a uma profundidade de 55 cm.

Será instalada uma caixa de passagem de dimensões 65 x 85 x 80cm de concreto, com tampa de ferro fundido nodular de resistência mecânica de 125 kN (classe B125), afastada de 70 a 150 cm do poste de derivação. Uma outra caixa de passagem será instalada para a curva dos cabos para derivação até a subestação.

### 4.5 ESPECIFICAÇÕES DE COMPONENTES DA SUBESTAÇÃO

Os componentes da subestação serão dimensionados conforme a sequência de instalação da entrada de energia, que será em média tensão, de classe 15 kV, com

ligação subterrânea, e origem a partir do poste da Celesc. No poste, serão instaladas as chaves e elos fusíveis de proteção.

#### **4.5.1 Chaves e Elos Fusíveis**

Conforme tabela 18 para uma potência de transformação entre 500 e 750 kVA, e uma tensão nominal de 13,8 kV a chave fusível deve ser de 200 A e o elo fusível de 25 K.

#### **4.5.2 Ramal de Entrada**

O ramal de entrada, eletrodutos e caixas de passagens foram apresentados nas seções 4.4.4 e 4.4.6.

#### **4.5.3 Cubículo de Proteção**

Nesta seção serão apresentados os componentes e dimensionamentos dos equipamentos instalados no cubículo de entrada/proteção da subestação.

##### *4.5.3.1 Muflas / Para-Raios / Isoladores*

Os cabos que chegam na subestação são conectados aos terminais das muflas unipolares, de classe 15 kV, do tipo termo contrátil. A partir das muflas, são derivados os barramentos de média tensão (vergalhões), que são conectados aos para-raios, que possuem a função de proteção contra surtos. Os barramentos possuirão seção de 3/8 polegadas.

Os para-raios serão de classe 12 kV com corrente nominal de descarga de 10 kA, e deverão ser do tipo sem centelhador, com dispositivo para desligamento automático e sistema de neutro aterrado. Serão utilizados isoladores pedestal de classe 15 kV para a passagem dos barramentos, evitando o contato destes com qualquer parte condutora.

##### *4.5.3.2 Chave Seccionadora*

A chave seccionadora do cubículo de proteção será tripolar de classe 15 kV – 400 A, de interrupção sem carga e 2 manoplas de manobra, uma para abertura e outra para fechamento e aterramento, com intertravamento de operação com o disjuntor de média tensão.

#### 4.5.3.3 Transformador de Corrente de Proteção de Média Tensão

O dimensionamento dos TCs de proteção será feito conforme equação (11), utilizando a corrente de curto-circuito trifásica assimétrica no ponto de conexão (fornecida pela Celesc, anexo “Q”).

$$I_{PTC} \geq \frac{1830}{20} = 91,5$$

Essa relação atende a corrente de projeto na média tensão:

$$I_{P.MT} = \frac{600 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 13800} = 25,1 \text{ A}$$

Portanto os TC's de proteção definidos foram de classe 15kV, com relação de transformação de 100/5. Portanto a relação de transformação de corrente do TC é  $R_{TC} = 20$ .

#### 4.5.3.4 Transformador de Potencial de Proteção de Média Tensão

O transformador de potencial em média tensão será de classe 15 kV, relação 13.800/115 V, 60 Hz, com isolamento em epóxi, e RTP de 120.

#### 4.5.3.5 Disjuntor de Média Tensão

A definição do disjuntor de média tensão deve considerar as características da instalação e atender aos requisitos exigidos pela Celesc. Portanto, foi determinado para a proteção de média tensão deste projeto, um disjuntor de média tensão trifásico com isolamento à vácuo, de corrente nominal  $I_N = 1250 \text{ A}$ , classe 15 kV, frequência 60 Hz, e suportabilidade para correntes de curto  $I_{cc} = 25 \text{ kA}$ , intertravado com a chave seccionadora e acionado pelo relé secundário de proteção pelas funções 50, 51, 50N, 51N e 74.

Serão previstas 2 fontes capacitivas (*no-breaks*) para alimentação do relé secundário e uma para o circuito de *trip* do disjuntor. Estas fontes devem prever autonomia mínima de 2 horas, garantindo a sinalização dos eventos ocorridos e acesso à memória de registro dos relés.

#### **4.5.4 Cubículos de Transformação**

Nesta seção serão apresentados os componentes e dimensionamentos dos equipamentos instalados nos cubículos de transformação da subestação.

##### *4.5.4.1 Chave Seccionadora*

Cada cubículo de transformação contará com uma chave seccionadora de tripolar de classe 15 kV – 400 A, de interrupção com carga de comando simultâneo, com mecanismo de fechamento e abertura ultrarrápido, feita por mola independente do operador, base com fusível HH de corrente 25 A.

##### *4.5.4.2 Transformador de Força*

A subestação contará com dois cubículos de transformação, cada um com um transformador de 300 kVA. Os transformadores serão refrigerados a ar (seco), e tensão de operação de 13.800 / (380/220) V, de classe 15 kV, com três *tap's* padrão Celesc.

A sua ligação será Delta/Estrela com neutro aterrado ( $\Delta/Y$ ), frequência de 60 Hz, e grupo de ligação DYn1 (ABNT). A impedância percentual de cada transformador é de 5,5%.

#### **4.6 PROJETO ENTRADA DE ENERGIA E MODELAGEM BIM**

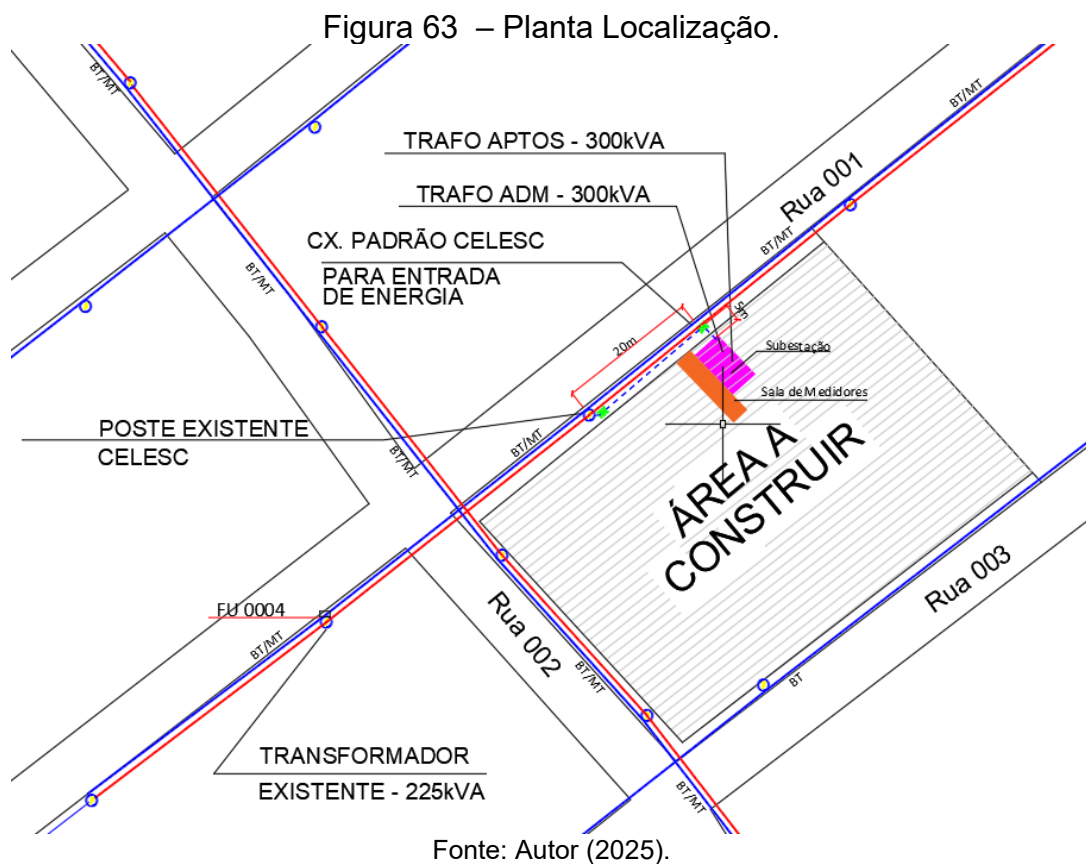
O projeto da entrada de energia deve conter a planta de localização, detalhe de entrada de energia contendo a derivação da rede da concessionária, e detalhes da subestação.

Para a criação do modelo BIM da entrada de energia, foram seguidas as características dos equipamentos e componentes descritos nas seções anteriores.

Serão apresentadas as modelagens realizadas no *software Revit* da subestação, dos centros de medição e das prumadas.

#### 4.6.1 Planta de Localização

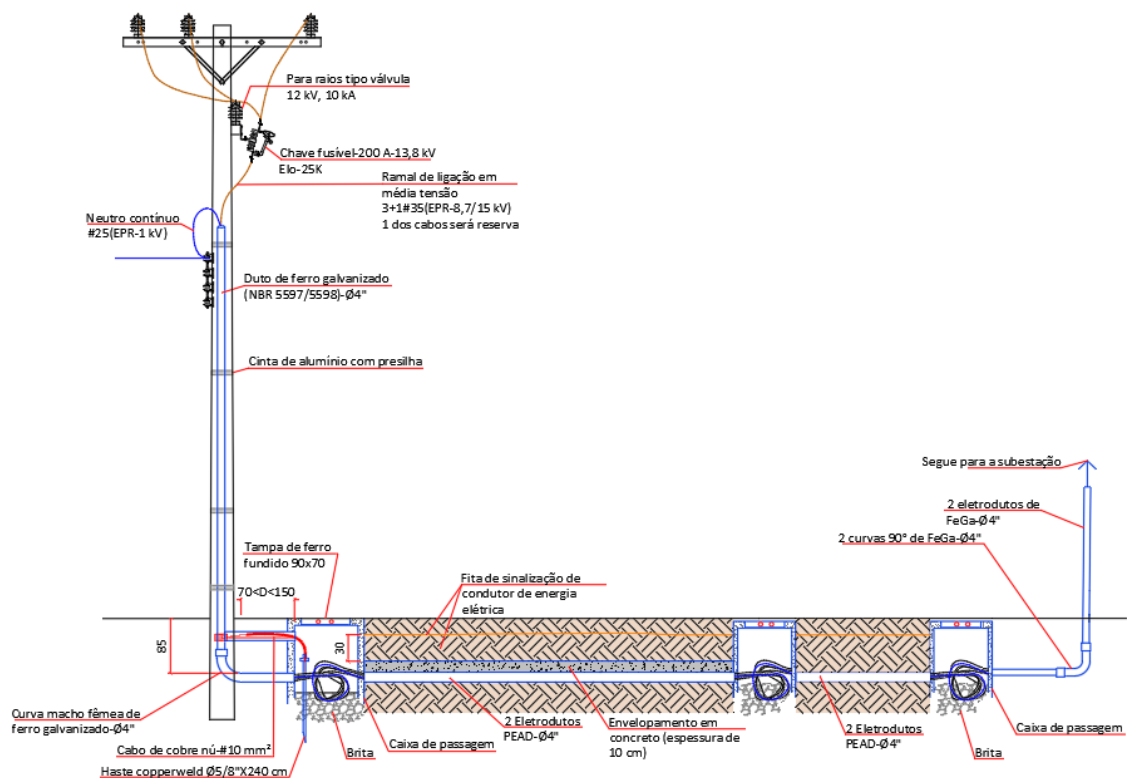
A planta de localização deve apresentar as informações referente à rede da concessionária existente em frente ao empreendimento, a qual será utilizada para a derivação, bem como a indicação da localização da subestação. Na figura 63, as linhas contínuas de cor azul e vermelha representam as redes de baixa tensão e média tensão da concessionária, respectivamente. A linha tracejada em azul representa o ramal de ligação do empreendimento. A subestação foi definida para esta posição devido a localização do empreendimento, e conforme a verificação da rede de média tensão da concessionária, visando economia de custos de uma possível melhoria de rede em caso de outro posicionamento para a SE.



#### 4.6.2 Entrada de Energia

A Celesc exige que, juntamente com o projeto para aprovação, seja apresentado uma vista de corte da derivação do ramal de ligação até a subestação. A figura 64 ilustra todos os equipamentos especificados, sendo necessário a utilização de dois eletrodutos enterrados para o ramal, bem como fitas sinalizadoras e envelopamento em concreto, a fim de garantir a correta identificação do trajeto e a proteção da infraestrutura contra possíveis danos decorrentes de intervenções ou manutenções no passeio público.

Figura 64 – Detalhes Derivação da Rede



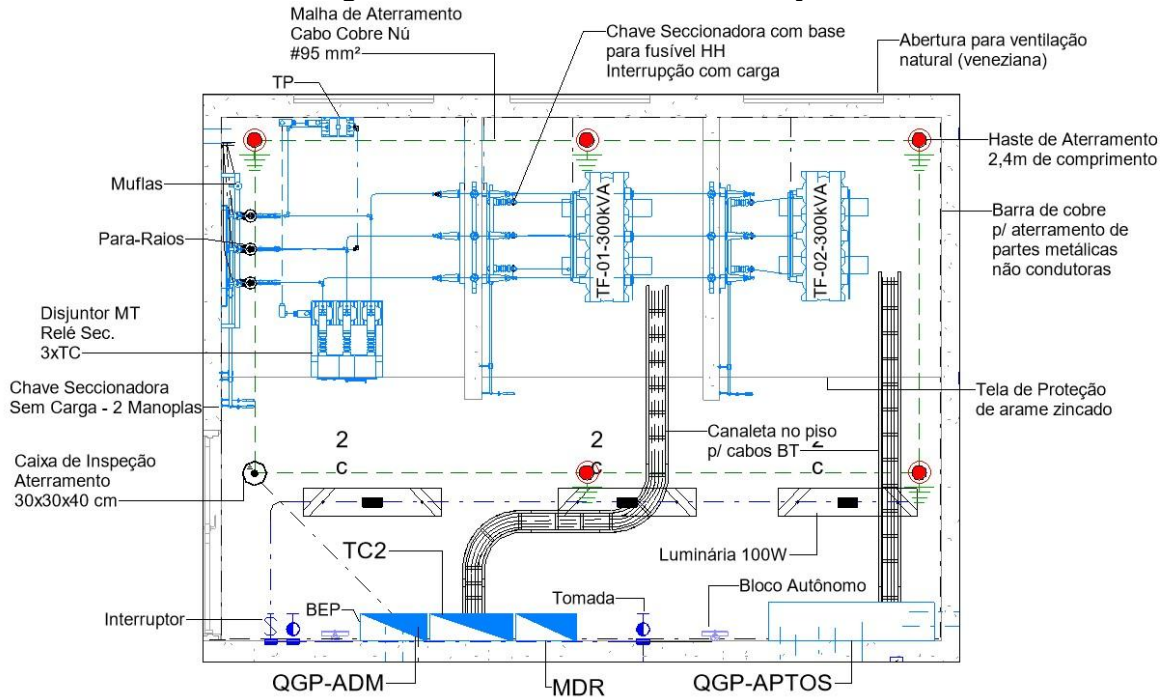
Fonte: Autor (2025).

#### 4.6.3 Subestação

Nesta seção serão apresentadas as plantas e vistas necessárias da subestação para o encaminhamento do projeto à concessionária, contemplando todas as informações dimensionadas anteriormente.

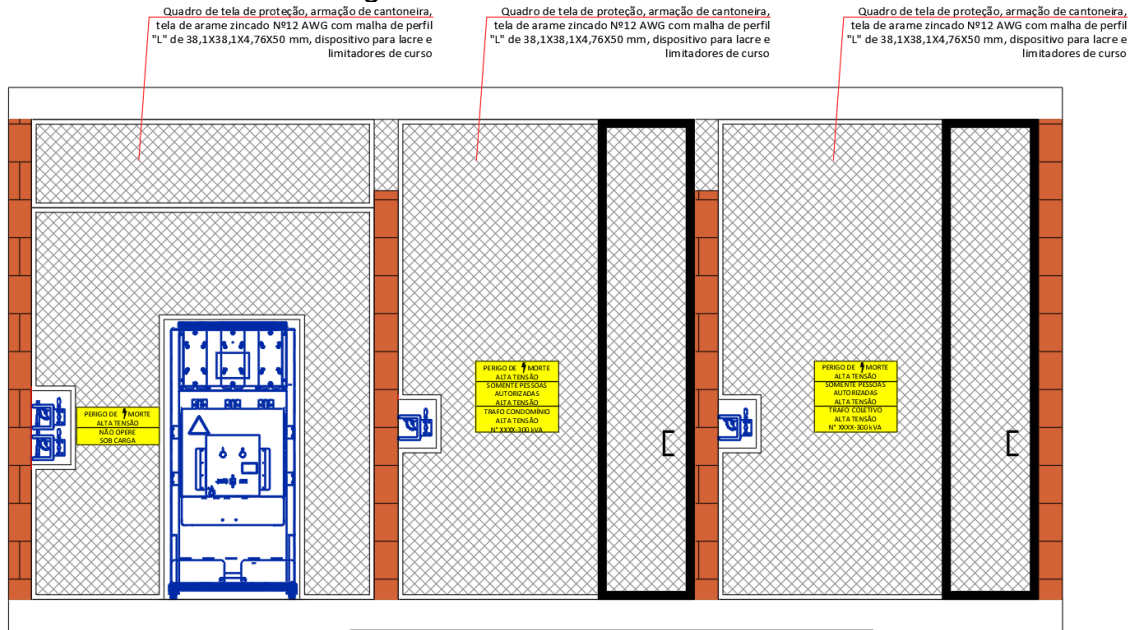
A figura 65 apresenta a planta baixa da subestação e a figura 66 um corte da vista frontal para as portas das cabines.

Figura 65 – Planta Baixa Subestação



Fonte: Autor (2025).

Figura 66 – Corte Cubículos SE



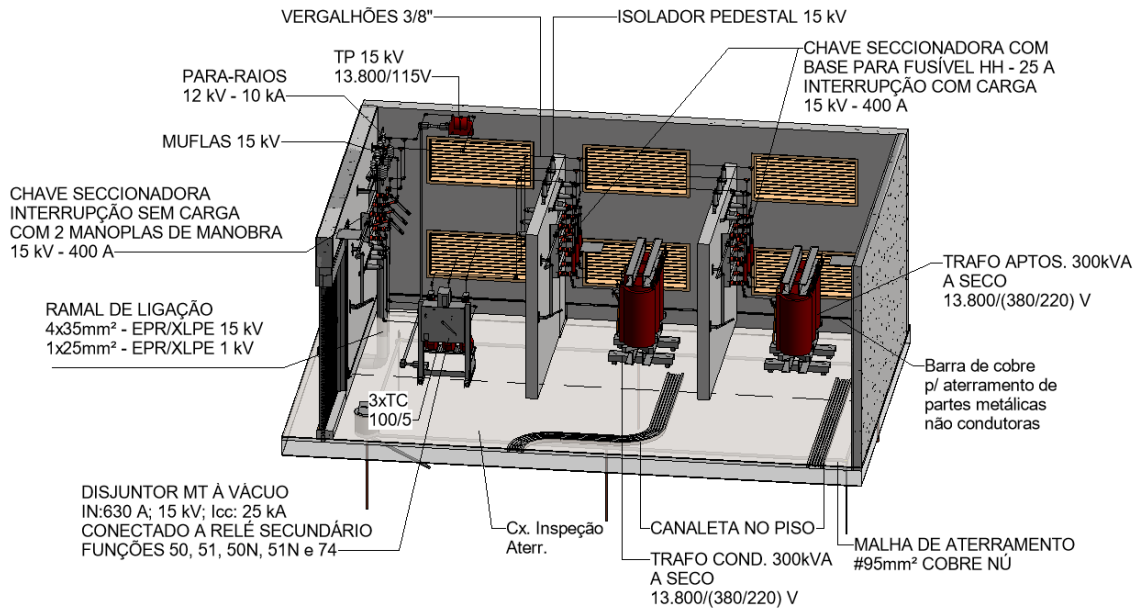
Fonte: Autor (2025).

#### 4.6.4 Subestação - BIM

A subestação foi dividida em três cubículos, sendo destes, um de entrada/proteção, e dois de transformação. A figura 67 apresenta a modelagem dos

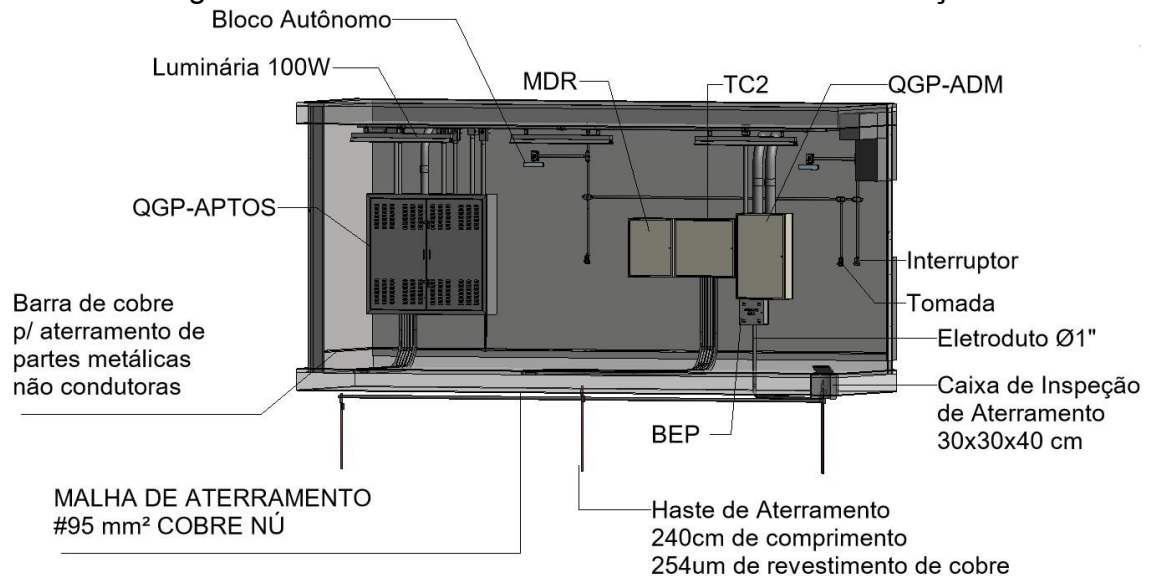
cubículos e a figura 68 apresenta a modelagem dos quadros presentes no interior da subestação.

Figura 67 – Cubículos de Entrada/Proteção e Transformação



Fonte: Autor (2025).

Figura 68 – Quadros Presentes no Interior da Subestação

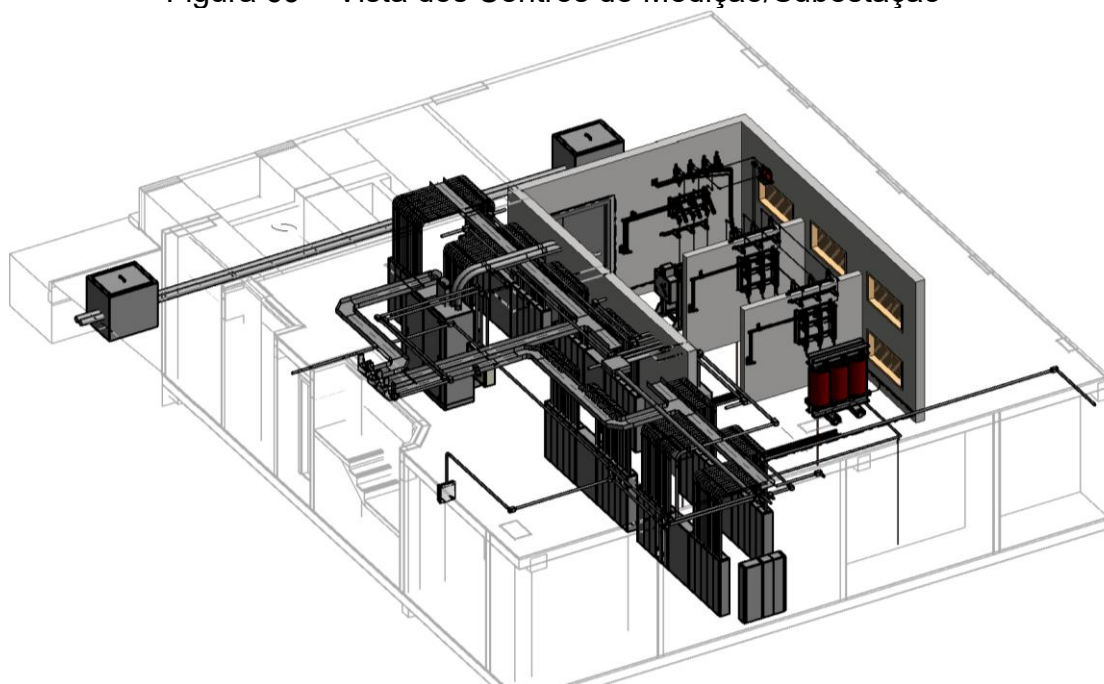


Fonte: Autor (2025).

#### 4.6.5 Centro de Medição - BIM

A figura 69 apresenta a modelagem da sala de medição, ao lado da sala da SE, contendo 06 CM's de 30 medidores cada e 01 CM de 04 medidores.

Figura 69 – Vista dos Centros de Medição/Subestação



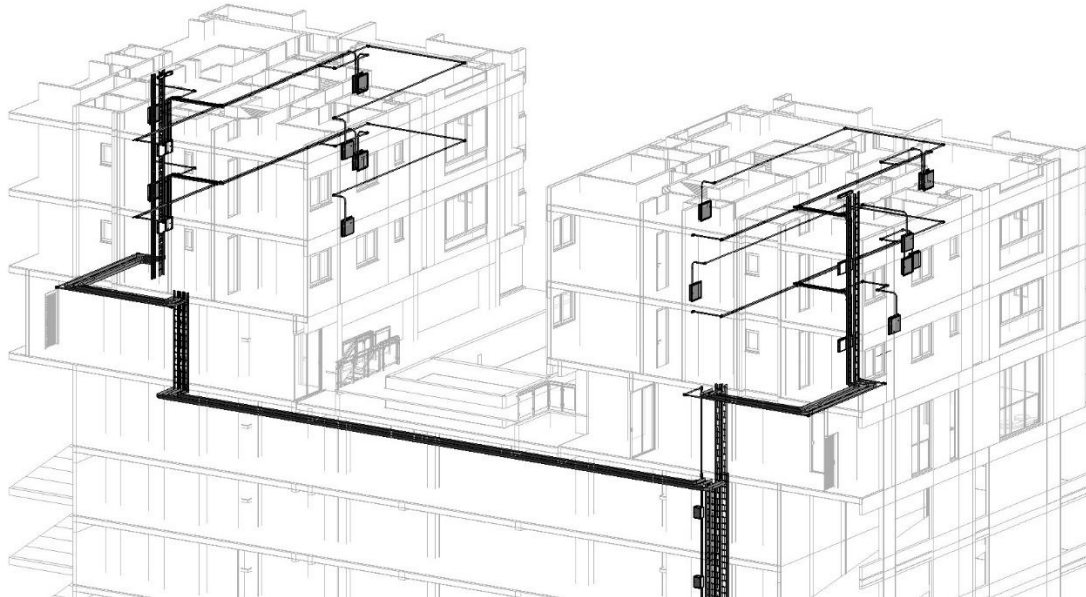
Fonte: Autor (2025).

#### 4.6.6 Desvio de calhas – Prumadas - BIM

Conforme descrito anteriormente, em função da configuração do empreendimento em duas torres, tornou-se necessário o desvio das eletrocalhas pelo teto dos pavimentos G05 e Lazer, de modo a viabilizar a distribuição das alimentações elétricas aos apartamentos de ambas as torres, bem como às respectivas áreas comuns. A Figura 70 ilustra esses desvios.

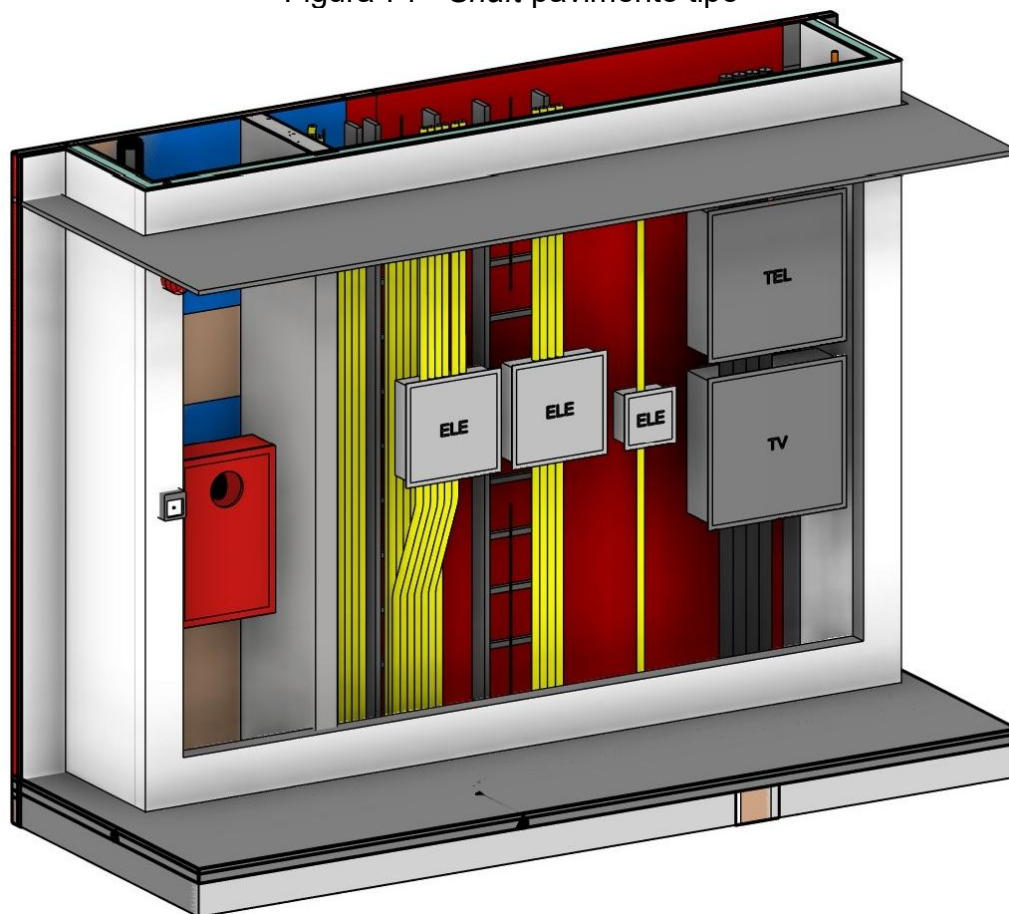
A Figura 71 ilustra o *shaft* do pavimento tipo, no qual é possível observar que as infraestruturas elétricas compartilham espaço com as de telecomunicações. De forma análoga, há também a devida separação destinada ao sistema de hidrantes.

Figura 70 - Desvio Eletrocalhas pavimento G05



Fonte: Autor (2025).

Figura 71 - Shaft pavimento tipo



Fonte: Autor (2025).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como propósito o desenvolvimento de uma metodologia estruturada para elaboração de projetos elétricos de edificações residenciais verticais, utilizando o *software Revit* para o seu desenvolvimento, modelagem e compatibilização, tomando como base um estudo de caso real, abordando de forma sequencial e detalhada as etapas que compõem um projeto elétrico predial. A proposta buscou organizar, de forma sistemática, as etapas necessárias para o desenvolvimento de um projeto elétrico completo, a partir do estudo das normas técnicas vigentes, das diretrizes da concessionária local e da literatura especializada, apresentando a complexidade envolvida no planejamento e na concepção de instalações elétricas seguras e eficientes.

A aplicação prática da metodologia proposta, tomando como base um empreendimento de múltiplas unidades consumidoras, evidenciou a importância do correto levantamento de cargas, do dimensionamento adequado dos condutores, da definição dos circuitos e a seleção dos dispositivos de proteção. Esses elementos mostraram-se fundamentais para garantir o desempenho da instalação, permitindo a antecipação de decisões técnicas, assegurando a viabilidade da execução e facilitando a aprovação do projeto junto a concessionária.

O estudo da entrada de energia, dos sistemas de medição, das prumadas elétricas, dos quadros de distribuição e proteção geral demonstrou que a padronização dos critérios de projeto contribui significativamente para a organização do sistema elétrico. Da mesma forma, a análise dos dispositivos de proteção, do sistema de aterramento e equipotencialização reforçou a relevância desses elementos na mitigação de riscos elétricos e na preservação da integridade dos equipamentos e dos usuários.

Optou-se por demonstrar apenas alguns exemplos representativos dos procedimentos adotados no projeto, evitando a repetição de etapas equivalentes ao longo do texto, contribuindo para uma apresentação mais objetiva dos cálculos e representações gráficas.

A utilização da plataforma BIM, por meio do *software Revit*, mostrou-se um recurso auxiliar importante no desenvolvimento do projeto, possibilitando a modelagem da instalação elétrica em um ambiente integrado, permitindo maior

clareza na representação gráfica e melhor organização das soluções adotadas. Nesse contexto, o *software* foi utilizado como ferramenta de apoio ao desenvolvimento do projeto, sem substituir a necessidade do embasamento teórico e dos cálculos de engenharia.

Conclui-se, portanto, que a adoção de uma metodologia estruturada para projetos elétricos de edificações, aliada ao uso de ferramentas computacionais adequadas, contribui significativamente para a qualidade, segurança e eficiência das instalações. O trabalho reforça a importância do projeto elétrico como etapa fundamental do empreendimento e demonstra a viabilidade de sua padronização como meio de aprimorar o desenvolvimento e a execução das obras.

Como recomendação para trabalhos futuros, sugere-se o aprofundamento da compatibilização do projeto elétrico com as demais disciplinas envolvidas no empreendimento, de modo a ampliar a análise de interferências e conflitos ainda na fase de projeto. Recomenda-se, ainda, um detalhamento mais abrangente da utilização do *software Revit*, explorando de forma mais aprofundada seus recursos para modelagem, parametrização, extração de quantitativos e gerenciamento de informações, bem como a integração com outras ferramentas específicas de gerenciamento de obras. Outra recomendação é a de destrinchar os cálculos de proteção da subestação, como curtos-circuitos de média tensão e parametrização do relé.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 14039**: instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ABNT. **NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT. **NBR 5444**: símbolos gráficos para instalações elétricas prediais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ABNT. **NBR IEC 60439-3 - Conjuntos de Manobra e Controle de Baixa Tensão Parte 3**: requisitos particulares para montagem de acessórios de baixa tensão destinados a instalação em locais acessíveis a pessoas não qualificadas durante sua utilização - quadros de distribuição. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ALPHA SISTEMAS ELÉTRICOS. **Painéis elétricos de baixa tensão**. [S.l.], 20--?. Disponível em: <https://www.alphasistemaseletricos.com.br/paineis-eletricos-baixa-tensao>. Acesso em: 8 out. 2025.

ALTO QI. **Como é calculada a corrente corrigida?**. [S.l.], 2025. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115003776554>. Acesso em: 17 out. 2025.

ALTO QI. **Como é dimensionado o dispositivo de proteção contra corrente de curto-circuito?**. [S.l.], 2026. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115003895994>. Acesso em: 1 fev. 2026.

ANDRA. **Disjuntor Caixa Moldada Tripolar 100-125A 25Ka 380V 3VJ11123DB320AA0 Siemens**. [S.l.], 20--?. Disponível em: <https://www.andra.com.br/disjuntor-caixa-moldada-tripolar-100-125a-25ka-380v-3vj11123db320aa0-siemens/p>. Acesso em: 9 out. 2025.

AYRÃO, Vinícius. Cabo 750V? Cabo 1000V? Quando usar?????. **Vinicius Ayrão**. [S.l.], 2017. Disponível em: <https://viniciusayrao.com.br/cabo-750v-cabo-1000v-quando-usar/>. Acesso em: 17 out. 2025.

BENVEGNÚ, Felipe Poletto. **Projeto elétrico aliado ao sistema de microgeração de energia fotovoltaica**: estudo de viabilidade técnica e econômica. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/189230>. Acesso em: 26 out. 2025.

BLUME, Steven W. **Electric Power System Basics for the Nonelectrical Professional**. 2. ed. Hoboken: Wiley-IEEE Press, 2016.

BORGES, Leandro Francisco Pereira; GOMES, Geisla Aparecida Maia. Instalações Elétricas: construção de uma rede elétrica dimensionada. **Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas**. Varginha, 2019.

Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/1263>. Acesso em: 23 mai. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021**. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Brasília: Congresso Nacional, 2021. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/l14133.htm). Acesso em: 8 mar. 2026.

BRASIL. **Lei nº 4.454, de 6 de novembro de 1964**. Dispõe sobre a unificação de frequência da corrente elétrica no País. Brasília: Congresso Nacional, 1964. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1950-1969/l4454.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/l4454.htm). Acesso em: 12 set. 2025.

BRICKUP. **O que é shaft e quais os principais tipos?**. [S. l.], 2025. Disponível em: <https://www.brickup.app/post/entenda-o-que-e-shaft-e-quais-sao-os-seus-tipos>. Acesso em: 4 mar. 2026.

BRUMAPLASTIC. **Identificação de cabos pela cor**. [S. l.], 20--?. Disponível em: <https://brumaplastic.com.br/blog/>. Acesso em: 17 out. 2025.

CELESC. **Manual Especial NE-169E**: fusíveis HH. [S. l.]: CELESC, 20--?. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/especificacao-tecnica/Normativas/NE-169E.pdf>. Acesso em: 16 out. 2025.

CELESC. **Norma Técnica N-321.0001**: fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição. [S. l.]: CELESC, 2019. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/padrao-entrada/N3210001-Fornecimento-Energia-Eletrica-Tensao-Secundaria.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2023.

CELESC. **Norma Técnica N-321.0002**: fornecimento de energia elétrica em tensão primária de distribuição. [S. l.]: CELESC, 2016. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/padrao-entrada/norma-N3210002.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2025.

CELESC. **Norma Técnica N-321.0003**: fornecimento de energia elétrica a edificações de uso coletivo. [S. l.]: CELESC, 2023. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/padrao-entrada/N-3210003.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.

CEMIG. **ND-4.15 - Norma de distribuição**: Proteção de Sobrecorrentes do Sistema de Distribuição de Média Tensão da Cemig. Belo Horizonte: CEMIG, 2017. Disponível em: [https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2025/10/nd\\_4\\_15\\_000001p.pdf](https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2025/10/nd_4_15_000001p.pdf). Acesso em: 11 out. 2025.

CERVELIN, Severino; CAVALIN, Geraldo. **Curso técnico em eletrotécnica, módulo 1, livro 5** - instalações elétricas prediais: teoria & prática. 22. ed. Curitiba: Base Livros Didáticos, 2008.

COMANDO PAINÉIS ELÉTRICOS. **Produtos – Celesc**. [S./], 20--?. Disponível em: <https://comandopaineis.com.br/produtos-celesc/>. Acesso em: 8 out. 2025.

CONDUSCAMP. **Mufla elétrica**: o que é, características e funcionalidade. [S./], 2023. Disponível em: <https://conduscamp.com.br/blog/mufla-eletrica/>. Acesso em: 14 out. 2025.

CONECTA ELÉTRICA. **Nossos Produtos: transformadores de potencial de 15kv a 36kv**. [S./], 20--?. Disponível em: [https://conectaeleetro.com.br/?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=12513705352&gbraid=0AAAAABgWnPMbuG8vV-rJ02paHDEwbz8QC&gclid=Cj0KCCQiAhtvMBhDBARIsAL26pjG0ialq1QMxkblu2O7WfjD5T-e6\\_6aHkTH5prwpOf1QvJfySiMn1ZgaAiOvEALw\\_wcB#produtos](https://conectaeleetro.com.br/?gad_source=1&gad_campaignid=12513705352&gbraid=0AAAAABgWnPMbuG8vV-rJ02paHDEwbz8QC&gclid=Cj0KCCQiAhtvMBhDBARIsAL26pjG0ialq1QMxkblu2O7WfjD5T-e6_6aHkTH5prwpOf1QvJfySiMn1ZgaAiOvEALw_wcB#produtos). Acesso em: 24 out. 2025.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL (CAU/BR). **A importância do responsável técnico em obras de construção civil**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://caubr.gov.br/a-importancia-do-responsavel-tecnico-em-obras-de-construcao-civil/>. Acesso em: 8 mar. 2026.

COSTA, Luana. Compatibilização de projetos no Revit: guia prático para integrar arquitetura, estrutura e instalações. **Master em Modelagem**. [S./], 2025. Disponível em: <https://www.masteremmodelagem.com.br/post/compatibiliza%C3%A7%C3%A3o-de-projetos-no-revit-guia-pr%C3%A1tico-para-integrar-arquitetura-estrutura-e-instala%C3%A7%C3%B5>. Acesso em: 17 jan. 2026.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações Elétricas**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

COUTO, Cibelly Cristina Rodrigues; SANTOS, Leonardo Nery Carrijo dos; LAMOUNIER JÚNIOR, Edgard Afonso; LIMA, Gerson Flavio Mendes de; CARDOSO, Alexandre. Análise Comparativa de Ferramentas CAD e BIM para Projetos de Instalações Elétricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-7. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/629>. Acesso em: 22 out. 2022.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 16. ed. Rio de Janeiro: LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2016.

FOXLUX. **Como dimensionar eletrodutos**. [S./], 20--?. Disponível em: <https://www.foxlux.com.br/blog/dicas/como-dimensionar-eletrodutos/>. Acesso em: 18 out. 2025.

G20 BRASIL. **As diferenças entre disjuntores DIN e NEMA**. [S./], 2018?. Disponível em: <https://www.g20brasil.com.br/as-diferencas-entre-disjuntores-din-e-nema/>. Acesso em: 9 out. 2025.

GARCIA, Douglas A. A.; DUZZI JR, Francisco Elio. Capítulo II – Tópicos de sistemas de transmissão e de distribuição de energia elétrica. **O Setor Elétrico**. [S./], 2012, p. 52-63, ed. 74. 2012. Disponível em: <https://www.oseletrico.com.br/capitulo-ii-topicos-de-sistemas-de-transmissao-e-de-distribuicao-de-energia-eletrica/>. Acesso em 29 out. 2025.

GEDAIAS, Elton. Mufla elétrica: o que é e quando é necessário substituir?. **E luxen Engenharia Elétrica**. [S./], 2022. Disponível em: <https://eluxen.com.br/o-que-e-mufla-eletrica/>. Acesso em: 15 out. 2025.

GOMES, Caroline Fernandes da Silva; DOS SANTOS, Victor Souza; VIEIRA, Guilherme Pires; PIRES, Rachel Cristina Santos; DE FARIAS, Bruno Matos. A importância da elaboração de um projeto de instalações elétricas e seus requisitos normativos. *In: Construção Civil: Engenharia e Inovação*. **Epitaya E-Books**, [S./], v. 4, p. 71-86, 2020. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/97>. Acesso em: 12 set. 2022.

GOMES, Eduardo Farias. **Elaboração do projeto de instalações elétricas de baixa tensão de uma edificação de múltiplas unidades consumidoras residenciais**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/200197>. Acesso em: 2 fev. 2026.

GONÇALVES JR., Francisco. Barramento blindado: por que usar para a distribuição de energia. **Alto Qi**. [S./], 2024. Disponível em: <https://blog.altoqi.com.br/barramento-blindado>. Acesso em: 22 set. 2025.

HENAN YUBIAN ELECTRICIAN CO., LTD. **Por que a carga do transformador é definida entre 80% e 90%**. [S./], 2024. Disponível em: <https://www.hnybdg.com/pt/news/why-transformer-loading-set-between-80-and-90/>. Acesso em: 25 out. 2025.

INDUSCABOS. **Cabos de Baixa Tensão 0,6/1 kV**. Poá, 2025. Disponível em: <https://www.induscabos.com.br/wp-content/uploads/2025/08/Catalogo-Cabos-de-Baixa-Tensao.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

INDUSCABOS. **Você sabe qual a função da isolação e a diferença entre PVC, HEPR e XLPE?**. [Poá], 2023. Disponível em: [https://www.induscabos.com.br/tipo\\_de\\_isolacao\\_e\\_funcoes/](https://www.induscabos.com.br/tipo_de_isolacao_e_funcoes/). Acesso em: 17 out. 2025.

JR PAINÉIS ELÉTRICOS. **Quadros e painéis gerais e distribuição**. [S./], 2024. Disponível em: <https://jrpaineis.com.br/produtos/quadros-e-paineis-gerais-e-distribuicao/>. Acesso em: 8 out. 2025.

LEBASI. **Isoladores pedestal em epóxi: resistência e confiabilidade**. [S./], 202-?. Disponível em: <https://www.lebasi.com.br/isoladores-pedestal-em-epoxi>. Acesso em: 14 out. 2025.

LOJA ELÉTRICA. **Transformador 13,8 kV R3 115 × 230 V 1000 VA FT0-3P75**

**IPSB-1 – Zilmer.** [S./], 20--?. Disponível em:

<https://www.lojaeletrica.com.br/transformador-13-8kv-r3-115x230v-1000va-ft0-3p75-ipsb-1->

[zilmer.html?mp\\_feed=MTozOm82aDduaXVnWnNqTVZtaDJGSU1mdjVpNW5OZDJwRFVoZnRoVEp2cz0=&srsltid=AfmBOoqXmn3UvjPzucYKcaayPhlrBcGFEF96ehs5bCcmqj9RdUb5PIM1eUc](https://www.lojaeletrica.com.br/transformador-13-8kv-r3-115x230v-1000va-ft0-3p75-ipsb-1-zilmer.html?mp_feed=MTozOm82aDduaXVnWnNqTVZtaDJGSU1mdjVpNW5OZDJwRFVoZnRoVEp2cz0=&srsltid=AfmBOoqXmn3UvjPzucYKcaayPhlrBcGFEF96ehs5bCcmqj9RdUb5PIM1eUc). Acesso em: 25 out. 2025.

LUMINUS. **A importância dos cabos elétricos:** tipos, bitolas e aplicações. [S./], 2024. Disponível em: <https://luminusnet.com.br/cabos-eletricos/>. Acesso em: 4 fev. 2026.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais:** de acordo com a norma brasileira NBR 5419:2015. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., 2017.

MATTEDE, Henrique. Transformador de distribuição: como a energia chega em sua casa!. **Mundo da Elétrica.** [S./], 20--?. Disponível em:

<https://www.mundodaeletrica.com.br/transformador-de-distribuicao-como-a-energia-chega-em-sua-casa/>. Acesso em: 25 out. 2025.

MEDEIROS, Carlos. Introdução ao Estudo de Sistemas Elétricos de Potência.

Escola de Engenharia: notas de aula. **Puc Goiás.** Goiás, 2017. Disponível em:

[https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18795/material/01\)SistEletricosCap01\\_Fundamentos.pdf](https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/18795/material/01)SistEletricosCap01_Fundamentos.pdf). Acesso em: 26 out. 2025.

MELHADO, Silvio Burrattino; AGOPYAN, Vahan. (1995). O conceito de projeto na construção de edifícios: diretrizes para sua elaboração e controle. **Escola**

**Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção Civil.** São Paulo, 1995. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/publication/278676297\\_O\\_conceito\\_de\\_projeto\\_na\\_construcao\\_de\\_edificios\\_diretrizes\\_para\\_sua\\_elaboracao\\_e\\_controle](https://www.researchgate.net/publication/278676297_O_conceito_de_projeto_na_construcao_de_edificios_diretrizes_para_sua_elaboracao_e_controle). Acesso em: 18 out. 2025.

MELO, Renato Brígido Santiago; JULIANI, Rodolfo Almeida Sixel. **Módulo para dimensionamento de projetos elétricos em uma plataforma BIM.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em:

<http://bdex.eb.mil.br/jspui/handle/123456789/8272>. Acesso em: 15 set. 2025.

MENDONÇA, Kelly Roberta Moura; SOUSA, Pablo Gleydson de; GUEDES, Emiliana de Souza Rezende. Orçamentação de obra: Análise comparativa entre metodologia tradicional e BIM. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 11, p. 93096-93119, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n11-644>. Acesso em: 2 nov. 2025.

MESH ENGENHARIA. **Fusíveis HH de Média Tensão (MT):** interrompendo correntes e temperaturas. [S./], 2023c. Disponível em:

<https://meshengenharia.com/2023/04/20/fusivel-hh/>. Acesso em: 16 out. 2025.

MESH ENGENHARIA. **Medição da Malha de Aterramento**. [S./], 2023a. Disponível em: <https://meshengenharia.com/2023/05/12/medicao-da-malha-de-aterramento/>. Acesso em: 15 out. 2025.

MESH ENGENHARIA. **Tipos de Chave Seccionadora de Média Tensão**. [S./], 2023b. Disponível em: <https://meshengenharia.com/2023/02/25/tipos-de-chave-seccionadora-de-media-tensao/>. Acesso em: 15 out. 2025.

MIGUEL, Marcos. Família Revit: o que são, como utilizá-las e onde encontrar. **Blocks**. [S./], (20--?). Disponível em: [https://blog.blocksrvt.com/familia-revit/?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=23096208641&gbraid=0AAAAAObuOsCn91yhECtnAqUSsEtxrBlwM&gclid=CjwKCAjwyYPOBhBxEiwAgpT8P653a2ebSK8f1dsFseQ9UYmpFQqR0xFTEPrtpyRvMGA3HbxgnvJjYRoCIG8QAvD\\_BwE](https://blog.blocksrvt.com/familia-revit/?gad_source=1&gad_campaignid=23096208641&gbraid=0AAAAAObuOsCn91yhECtnAqUSsEtxrBlwM&gclid=CjwKCAjwyYPOBhBxEiwAgpT8P653a2ebSK8f1dsFseQ9UYmpFQqR0xFTEPrtpyRvMGA3HbxgnvJjYRoCIG8QAvD_BwE). Acesso em: 3 nov. 2025.

OLIVEIRA, Lucas Piero. Classificação de Tensão da NR10: tudo o que você precisa saber. **Prolife**. [S./], 2019b. Disponível em: <https://prolifeengenharia.com.br/2019/04/22/classificacao-de-tensao-da-nr10/>. Acesso em: 12 set. 2025.

OLIVEIRA, Pedro Victor Aguiar Silva. **Estudo de caso para a compatibilização de projetos utilizando uma ferramenta BIM**. 2019a. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2019. Disponível em: <https://ulbrato.br/bibliotecadigital/publico/home/documento/1493>. Acesso em: 3 nov. 2025.

PASCOAL, Marlon. Equipotencialização BEP dentro do QDC?. **Engehall**. [S./], 2025b. Disponível em: <https://engehall.com.br/equipotencializacao-bep-dentro-do-qdc>. Acesso em: 21 dez. 2025.

PASCOAL, Marlon. Queda de tensão: descubra o que é, e o segredo para evitar. **Engehall**. [S./], 2025a. Disponível em: <https://engehall.com.br/queda-de-tensao-descubra-o-que-e-segredo-para-evitar/>. Acesso em: 15 out. 2025.

PEREIRA, Bruno Manoel Gomes. **Gestão de projetos**: estudo da reforma da antiga sede do TRE-AL. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023. Disponível em: [https://www.repositorio.ufal.br/jspui/bitstream/123456789/12576/1/Gest%C3%A3o%20de%20projetos\\_estudo%20da%20reforma%20da%20antiga%20sede%20do%20TRE-AL.pdf](https://www.repositorio.ufal.br/jspui/bitstream/123456789/12576/1/Gest%C3%A3o%20de%20projetos_estudo%20da%20reforma%20da%20antiga%20sede%20do%20TRE-AL.pdf). Acesso em: 8 mar. 2026.

PIVATO, Elton Nascimento. **Estudo técnico e econômico para implementação de barramentos blindados em edifício de grande porte**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2016.

PRYSMIAN. **Guia de dimensionamento de cabos para baixa tensão**: de acordo com a NBR 5410. Sorocaba, 2020. Disponível em:

[https://br.prysmian.com/sites/default/files/atoms/files/Guia\\_de\\_Dimensionamento-Baixa\\_Tensao\\_Rev10.pdf](https://br.prysmian.com/sites/default/files/atoms/files/Guia_de_Dimensionamento-Baixa_Tensao_Rev10.pdf). Acesso em: 17 out. 2025.

PRYSMIAN. **Manual Prysmian de instalações elétricas**. Santo André, 2010.

Disponível em:

[https://br.prysmian.com/sites/default/files/atoms/files/Manual\\_Instalacoes\\_Eletricas.pdf](https://br.prysmian.com/sites/default/files/atoms/files/Manual_Instalacoes_Eletricas.pdf). Acesso em: 17 out. 2025.

SALOMÃO, Pedro Emílio Amador; COSTA, Naiene Cardoso; GOUVÊA, Débora Lopes; OLIVEIRA, Acly Ney Santiago de; SILVA, Altamiro Junio Mendes.

Modelagem e compatibilização de projetos de uma residência Minha Casa Minha

Vida em software de plataforma BIM. **Research, Society And Development**, [S.l.], v. 8, n. 8, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i8.1230>. Acesso em: 3 nov. 2025.

SANTO, André Luiz; MOREIRA, Andressa Jackeline; GARCIA, Enzo Carvalho;

SILVA, Marcos Paulo da; AMPARO, Yasmim da Silva. Cálculo de demanda em

edificações: análise de métodos utilizados. **Revista Ft**, [S.l.], v. 27, ed. 127, 2023.

Disponível em: <https://revistافت.com.br/calculo-de-demanda-em-edificacoes-analise-de-metodos-utilizados/>. Acesso em: 8 mar. 2026.

SCHNEIDER ELECTRIC. **DPS — Dispositivo de Proteção Contra Surtos**. [S.l.],

20--?. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/work/local-content/dps-dispositivo-protexao-contrasurtos/>. Acesso em: 13 out. 2025.

SIEMENS. **Dispositivos de Proteção contra Surtos - DPS 5SD7**: a solução contra raios e sobretensões transitórias. São Paulo, 2021. Disponível em:

<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:64c4b3e1-1811-4e2f-bbcf-6e9bb26db113/Catalogo-DPS-AGO21.pdf>. Acesso em: 13 out. 2025.

SILVA, Aulino Freitas da. **Proteção em Circuito de Média Tensão**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Pitágoras

Faculdade, Belo Horizonte, 2019. Disponível em

[https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/23316/1/Aulino\\_Silva\\_\\_EngenhariaEletrica.pdf](https://repositorio.pgsscogna.com.br/bitstream/123456789/23316/1/Aulino_Silva__EngenhariaEletrica.pdf). Acesso em: 28 out. 2025

SILVA, José David Ferraz. Entenda a importância dos projetos na execução de uma

obra. **Habicamp**. [S.l.], 2020. Disponível em: <https://habicamp.com.br/entenda-a-importancia-dos-projetos-na-execucao-de-uma-obra>. Acesso em: 8 mar. 2026.

SILVA, Matheus Jouan Raymundo da. **Projeto elétrico básico de uma subestação industrial típica na classe 15kv**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso

(Bacharelado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista – Campus Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2013. Disponível em:

<https://repositorio.unesp.br/entities/publication/91ba3440-957e-4f55-8819-60ba2396b6a9>. Acesso em: 8 out. 2025.

Tigre S.A.. **Quadro de distribuição embutir 27/36 disjuntores**. [S.l.], 20--?.

Disponível em: <https://www.tigre.com.br/produto/quadro-distribuicao-embutir-2736-disjuntores>. Acesso em: 28 out. 2025.

VASCONCELOS, Douglas Roger Almeida Brito de. **Utilização da tecnologia BIM para compatibilização de projetos**: análise da Casa do Estudante João de Barro. 2024. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus Palmas, Palmas, 2024. Disponível em: <https://portal.ifto.edu.br/palmas/campus-palmas/ensino/biblioteca/Acervo/trabalhos-academicos/engenharia-civil/2024/douglas-roger-almeida-brito-de-vasconcelos.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2026.

VIEIRA JUNIOR, Niltom. **Fundamentos de instalações elétricas**. Formiga: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Formiga, 2011. Disponível em: [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/05\\_fundamentos\\_de\\_Instalacoes\\_eletricas.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/05_fundamentos_de_Instalacoes_eletricas.pdf). Acesso em: 8 mar. 2026.

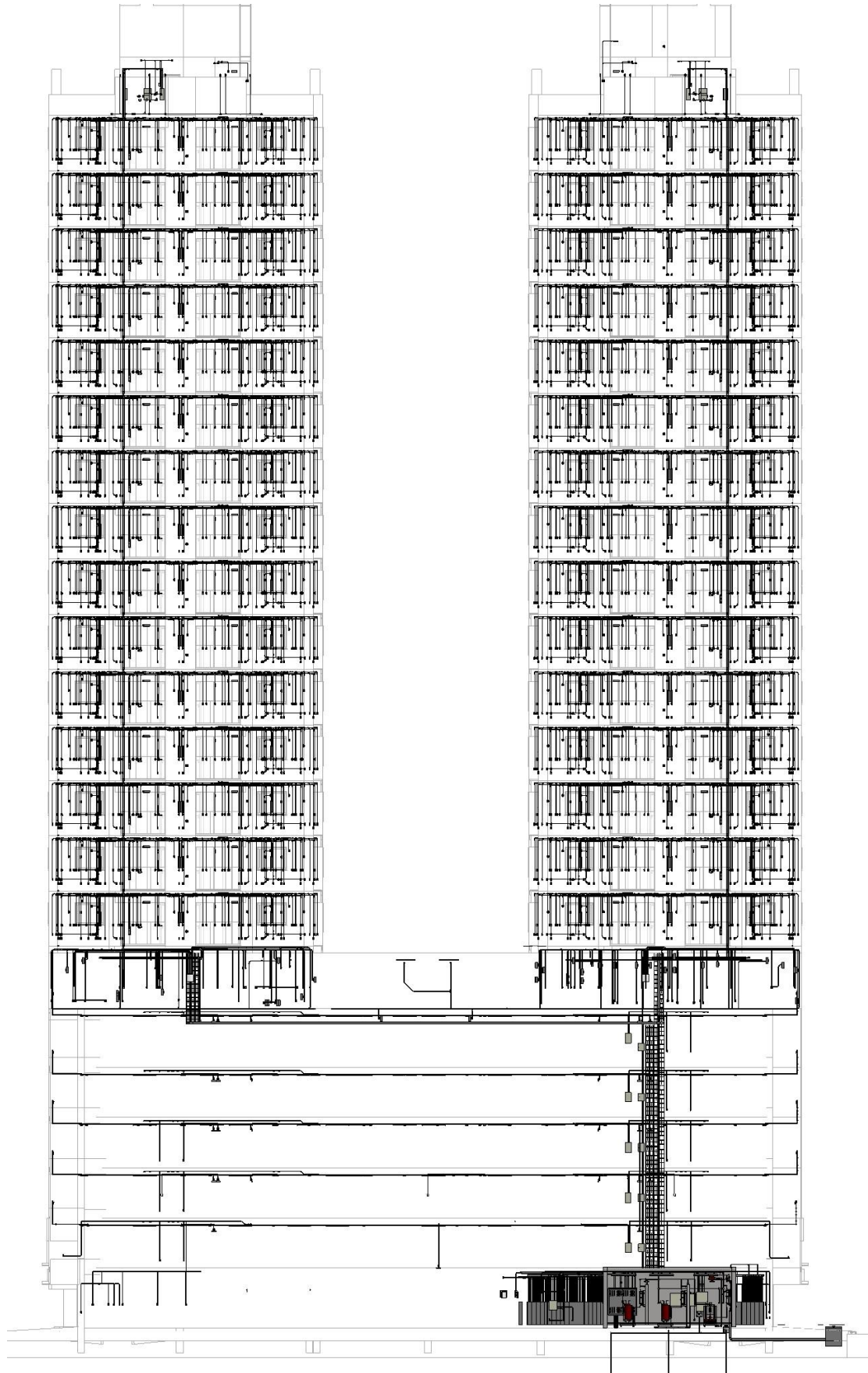
WEG. **Interruptor DR RDWS-AC-30-25-2-D62**. [S./], 202-?. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Building-%26-Infrastructure/Proteção-de-Circuitos-Elétricos/Interruptores-Diferenciais-Residuais-%28DRs%29/Interruptores-Diferenciais-Residuais--Linha-RDWS-AC/INTERRUPTOR-DR-RDWS-AC-30-25-2-D62/p/14764112>. Acesso em: 11 out. 2025.

WEG. **Transformador Seco 300,0 kVA 13,8-0,38 kV CST IP-00 AN**. [S./], 20--?. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/Gera%C3%A7%C3%A3o%2C-Transmiss%C3%A3o-e-Distribui%C3%A7%C3%A3o/Transformadores-a-Seco/Pequeno-%28At%C3%A9-300kVA%29/Transformador-Seco-300-0kVA-13-8-0-38kV-CST-IP-00-AN/p/14908998>. Acesso em: 25 out. 2025.

ZETALUZ. **A importância do balanceamento de carga em sistemas elétricos**. [S./], 2024. Disponível em: <https://zetaluz.com.br/blog/a-importancia-do-balanceamento-de-carga-em-sistemas-eletricos/>. Acesso em: 24 out. 2025.

ZIGURAT. **Dimensões do futuro da construção**: de 3D a 10D com o BIM. [S./], 2023. Disponível em: <https://www.e-zigurat.com/pt-br/blog/dimensoes-futuro-construcao-de-3d-a-10d-com-o-bim/>. Acesso em: 3 nov. 2025.

## APÊNDICE A – ESQUEMA VERTICAL





## ANEXO A – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE PARA CABOS BT – MÉTODOS DE REFERÊNCIA A1, A2, B1, B2, C E D – ISOLAÇÃO PVC

**Tabela 36 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D**

Condutores: cobre e alumínio  
Isolação: PVC  
Temperatura no condutor: 70°C  
Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652
Alumínio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	186	181	160	226	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1 000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 101)

## ANEXO B – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE PARA CABOS BT – MÉTODOS DE REFERÊNCIA A1, A2, B1, B2, C E D – ISOLAÇÃO EPR OU XLPE

**Tabela 37 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D**

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
<b>Cobre</b>												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1 020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1 014	908	923	826	1 332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767
<b>Alumínio</b>												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1 000	812	712	739	648	1 061	955	870	780	1 108	950	706	598

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 102)

## ANEXO C – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE PARA CABOS BT – MÉTODOS DE REFERÊNCIA E, F E G – ISOLAÇÃO PVC

**Tabela 38 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G**

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

Temperatura ambiente de referência: 30°C

Seções nominais dos condutores mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares <sup>1)</sup>				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
<b>Cobre</b>							
0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	715	597	754	656	689	852	795
500	826	689	868	749	789	982	920
630	958	798	1005	855	905	1138	1070
800	1118	930	1169	971	1119	1325	1251
1 000	1 292	1 073	1 346	1 079	1 296	1 528	1 448
<b>Alumínio</b>							
16	73	61	73	62	65	84	73
25	89	78	98	84	87	112	99
35	111	96	122	105	109	139	124
50	135	117	149	128	133	169	152
70	173	150	192	166	173	217	196
95	210	183	235	203	212	265	241
120	244	212	273	237	247	308	282
150	282	245	316	274	287	356	327
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 103-104) – Adaptada pelo autor.

## ANEXO D – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE PARA CABOS BT – MÉTODOS DE REFERÊNCIA E, F E G – ISOLAÇÃO EPR OU XLPE

Tabela 39 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

Temperatura ambiente de referência: 30°C

Seções nominais dos condutores mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares <sup>1)</sup>				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	E espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F		Método F	Método G Horizontal
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Cobre						
0,5	13	12	13	10	10	15	12
0,75	17	15	17	13	14	19	16
1	21	18	21	16	17	23	19
1,5	26	23	27	21	22	30	25
2,5	36	32	37	29	30	41	35
4	49	42	50	40	42	56	48
6	63	54	65	53	55	73	63
10	86	75	90	74	77	101	88
16	115	100	121	101	105	137	120
25	149	127	161	135	141	182	161

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 104-105).

## ANEXO D – CONTINUAÇÃO

Tabela 39 (conclusão)

Seções nominais dos condutores mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares			Cabos unipolares <sup>1)</sup>			
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano	Espaçados	
						Justapostos	Horizontal
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	892	745	940	823	868	1 085	1 008
500	1 030	859	1 083	946	998	1 253	1 169
630	1 196	995	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362
800	1 396	1 159	1 460	1 252	1 328	1 696	1 595
1 000	1 613	1 336	1 683	1 420	1 511	1 958	1 849
Alumínio							
16	91	77	90	76	79	103	90
25	108	97	121	103	107	138	122
35	135	120	150	129	135	172	153
50	164	146	184	159	165	210	188
70	211	187	237	206	215	271	244
95	257	227	289	253	264	332	300
120	300	263	337	296	308	387	351
150	346	304	389	343	358	448	408
185	397	347	447	395	413	515	470
240	470	409	530	471	492	611	561
300	543	471	613	547	571	708	652
400	654	566	740	663	694	856	792
500	756	652	856	770	806	991	921
630	879	755	996	899	942	1 154	1 077
800	1 026	879	1 164	1 056	1 106	1 351	1 266
1 000	1 186	1 012	1 347	1 226	1 285	1 565	1 472

<sup>1)</sup> Ou, ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004, p. 104-105).

**ANEXO E – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE PARA CABOS MT –  
ISOLAÇÃO EPR, XLPE OU HEPR. TEMPERATURA DO CONDUTOR 90°C**

**Tabela 28 – Capacidade de condução de corrente (A)  
Isolação: XLPE, TR XLPE, EPR ou HEPR  
Temperatura do condutor: 90 °C (continua)**

Seção do condutor mm <sup>2</sup>	Condutor de cobre												
	Método de instalação												
	A1	A2	B1	B2	C	D	E	F1	F2	G1	G2	H	I
10	86	70	104	94	78	93	69	59	63	66	73	64	68
16	113	92	136	123	101	123	90	75	81	84	93	82	87
25	148	120	179	162	131	164	117	97	104	107	119	105	110
35	180	147	219	197	159	202	142	116	124	127	142	125	131
50	218	177	264	238	190	246	170	137	147	149	167	147	154
70	272	220	329	296	236	309	211	167	179	180	202	178	187
95	332	269	400	360	286	379	255	200	214	213	239	211	221
120	384	311	461	413	328	439	294	227	243	239	269	238	249
150	437	352	514	460	369	492	330	251	269	256	292	262	270
185	498	403	583	522	419	561	375	282	301	283	324	293	300
240	588	474	678	605	488	656	438	324	345	319	366	334	340
300	670	540	767	683	551	745	494	361	383	349	403	370	375
400	760	618	844	750	602	823	550	394	417	360	424	401	395
500	856	694	943	837	669	922	615	434	458	389	461	440	429
630	958	776	1 048	929	736	1 028	683	475	500	416	497	478	464
800	1 064	858	1 152	1 018	804	1 134	755	517	541	444	532	516	497
1 000	1 161	934	1 250	1 102	862	–	817	551	575	467	560	547	525

Fonte: NBR 14039 (ABNT, 2021, p. 54) – Adaptada pelo autor.

## ANEXO F – FATOR DE DIVERSIDADE EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE APARTAMENTOS

Nº APTO	Fator Divers.	Nº APTO	Fator Divers.	Nº APTO	Fator Divers.	Nº APTO	Fator Divers.	Nº APTO	Fator Divers.	Nº APTO	Fator Divers.
1	-	51	35,90	101	63,59	151	74,74	201	80,89	251	82,73
2	2,00	52	36,46	102	63,84	152	74,89	202	80,94	252	82,74
3	3,00	53	37,02	103	64,09	153	75,04	203	80,89	253	82,75
4	3,88	54	37,58	104	64,34	154	75,19	204	81,04	254	82,76
5	4,84	55	38,14	105	64,59	155	75,34	205	81,09	255	82,77
6	5,80	56	38,70	106	64,84	156	75,49	206	81,14	256	82,78
7	6,76	57	39,26	107	65,09	157	75,64	207	81,19	257	82,79
8	7,72	58	39,82	108	65,34	158	75,79	208	81,24	258	82,80
9	8,68	59	40,38	109	65,59	159	75,94	209	81,29	259	82,81
10	9,64	60	40,94	110	65,84	160	76,09	210	81,34	260	82,82
11	10,42	61	41,50	111	66,09	161	76,24	211	81,39	261	82,83
12	11,20	62	42,05	112	66,34	162	76,39	212	81,44	262	82,84
13	11,98	63	42,62	113	66,59	163	76,54	213	81,49	263	82,85
14	12,76	64	43,18	114	66,84	164	76,69	214	81,54	264	82,86
15	13,54	65	43,74	115	67,09	165	76,84	215	81,59	265	82,87
16	14,32	66	44,30	116	67,34	166	76,99	216	81,64	266	82,88
17	15,10	67	44,86	117	67,59	167	77,14	217	81,69	267	82,89
18	15,88	68	45,42	118	67,84	168	77,29	218	81,74	268	82,90
19	16,66	69	45,98	119	68,09	169	77,44	219	81,79	269	82,91
20	17,44	70	46,54	120	68,34	170	77,59	220	81,84	270	82,92
21	18,04	71	47,10	121	68,59	171	77,74	221	81,89	271	82,93
22	18,65	72	47,66	122	68,84	172	77,89	222	81,94	272	82,94
23	19,25	73	48,22	123	69,09	173	78,04	223	81,99	273	82,95
24	19,86	74	48,78	124	69,34	174	78,19	224	82,04	274	82,96
25	20,46	75	49,34	125	69,59	175	78,34	225	82,09	275	82,97
26	21,06	76	49,90	126	69,79	176	78,44	226	82,12	276	83,00
27	21,67	77	50,46	127	69,99	177	78,54	227	82,14	277	83,00
28	22,27	78	51,02	128	70,19	178	78,64	228	82,17	278	83,00
29	22,88	79	51,58	129	70,39	179	78,74	229	82,19	279	83,00
30	23,48	80	52,14	130	70,59	180	78,84	230	82,22	280	83,00
31	24,08	81	52,70	131	70,79	181	78,94	231	82,24	281	83,00
32	24,69	82	53,26	132	70,99	182	79,04	232	82,27	282	83,00
33	25,29	83	53,82	133	71,19	183	79,14	233	82,29	283	83,00
34	25,90	84	54,38	134	71,39	184	79,24	234	82,32	284	83,00
35	26,50	85	54,90	135	71,59	185	79,34	235	82,34	285	83,00
36	27,10	86	55,50	136	71,79	186	79,44	236	82,37	286	83,00
37	27,71	87	56,06	137	71,99	187	79,54	237	82,39	287	83,00
38	28,31	88	56,62	138	72,19	188	79,64	238	82,42	288	83,00
39	28,92	89	57,18	139	72,39	189	79,74	239	82,44	289	83,00
40	29,52	90	57,74	140	72,59	190	79,84	240	82,47	290	83,00
41	30,12	91	58,30	141	72,79	191	79,94	241	82,49	291	83,00
42	30,73	92	58,86	142	72,99	192	80,04	242	82,52	292	83,00
43	31,33	93	59,42	143	73,19	193	80,14	243	82,54	293	83,00
44	31,94	94	59,98	144	73,39	194	80,24	244	82,57	294	83,00
45	32,54	95	60,54	145	73,59	195	80,34	245	82,59	295	83,00
46	33,10	96	61,10	146	73,79	196	80,44	246	82,62	296	83,00
47	33,66	97	61,66	147	73,99	197	80,54	247	82,64	297	83,00
48	34,22	98	62,22	148	74,19	198	80,64	248	82,67	298	83,00
49	34,78	99	62,78	149	74,39	199	80,74	249	82,69	299	83,00
50	35,34	100	63,34	150	74,59	200	80,84	250	82,72	300	83,00

Fonte: N-321.003 (Celesc, 2023, p. 65).

## ANEXO G – DEMANDA DA UNIDADE CONSUMIDORA EM FUNÇÃO DA ÁREA

Área (m <sup>2</sup> )	kVA	Área (m <sup>2</sup> )	kVA	Área (m <sup>2</sup> )	kVA	Área (m <sup>2</sup> )	kVA	Área (m <sup>2</sup> )	kVA	Área (m <sup>2</sup> )	kVA	Área (m <sup>2</sup> )	kVA
ATÉ 70 m <sup>2</sup>	1,57	101	2,17	151	3,12	201	4,03	251	4,91	301	5,78	351	6,63
		102	2,19	152	3,13	202	4,04	252	4,93	302	5,80	352	6,65
		103	2,21	153	3,15	203	4,06	253	4,95	303	5,81	353	6,66
		104	2,23	154	3,17	204	4,08	254	4,96	304	5,83	354	6,68
		105	2,25	155	3,19	205	4,10	255	4,98	305	5,85	355	6,70
		106	2,27	156	3,21	206	4,12	256	5,00	306	5,86	356	6,72
		107	2,29	157	3,23	207	4,13	257	5,02	307	5,88	357	6,73
		108	2,31	158	3,25	208	4,15	258	5,03	308	5,90	358	6,75
		109	2,33	159	3,26	209	4,17	259	5,05	309	5,92	359	6,77
		110	2,35	160	3,28	210	4,19	260	5,07	310	5,93	360	6,78
		111	2,37	161	3,30	211	4,20	261	5,09	311	5,95	361	6,80
		112	2,39	162	3,32	212	4,22	262	5,10	312	5,97	362	6,82
		113	2,40	163	3,34	213	4,24	263	5,12	313	5,98	363	6,83
114	2,42	164	3,36	214	4,26	264	5,14	314	6,00	364	6,85		
115	2,44	165	3,37	215	4,28	265	5,16	315	6,02	365	6,87		
116	2,46	166	3,39	216	4,29	266	5,17	316	6,04	366	6,88		
117	2,48	167	3,41	217	4,31	267	5,19	317	6,05	367	6,90		
118	2,50	168	3,43	218	4,33	268	5,21	318	6,07	368	6,92		
119	2,52	169	3,45	219	4,35	269	5,23	319	6,09	369	6,93		
120	2,54	170	3,47	220	4,36	270	5,24	320	6,10	370	6,95		
71	1,59	121	2,56	171	3,48	221	4,38	271	5,26	321	6,12	371	6,97
72	1,61	122	2,57	172	3,50	222	4,40	272	5,28	322	6,14	372	6,98
73	1,63	123	2,59	173	3,52	223	4,42	273	5,29	323	6,16	373	7,00
74	1,65	124	2,61	174	3,54	224	4,44	274	5,31	324	6,17	374	7,02
75	1,67	125	2,63	175	3,56	225	4,45	275	5,33	325	6,19	375	7,03
76	1,69	126	2,65	176	3,57	226	4,47	276	5,35	326	6,21	376	7,05
77	1,71	127	2,67	177	3,59	227	4,49	277	5,36	327	6,22	377	7,07
78	1,73	128	2,69	178	3,61	228	4,51	278	5,38	328	6,24	378	7,09
79	1,75	129	2,71	179	3,63	229	4,52	279	5,40	329	6,26	379	7,10
80	1,76	130	2,73	180	3,65	230	4,54	280	5,42	330	6,27	380	7,12
81	1,78	131	2,74	181	3,67	231	4,56	281	5,43	331	6,29	381	7,14
82	1,80	132	2,76	182	3,68	232	4,58	282	5,45	332	6,31	382	7,15
83	1,82	133	2,78	183	3,70	233	4,59	283	5,47	333	6,33	383	7,17
84	1,84	134	2,80	184	3,72	234	4,61	284	5,49	334	6,34	384	7,19
85	1,86	135	2,82	185	3,74	235	4,63	285	5,50	335	6,36	385	7,20
86	1,88	136	2,84	186	3,76	236	4,65	286	5,52	336	6,38	386	7,22
87	1,90	137	2,86	187	3,77	237	4,67	287	5,54	337	6,39	387	7,24
88	1,92	138	2,88	188	3,79	238	4,68	288	5,55	338	6,41	388	7,25
89	1,94	139	2,89	189	3,81	239	4,70	289	5,57	339	6,43	389	7,27
90	1,96	140	2,91	190	3,83	240	4,72	290	5,59	340	6,44	390	7,29
91	1,98	141	2,93	191	3,85	241	4,74	291	5,61	341	6,46	391	7,30
92	2,00	142	2,95	192	3,86	242	4,75	292	5,62	342	6,48	392	7,32
93	2,02	143	2,97	193	3,88	243	4,77	293	5,64	343	6,50	393	7,34
94	2,04	144	2,99	194	3,90	244	4,79	294	5,66	344	6,51	394	7,35
95	2,06	145	3,01	195	3,92	245	4,81	295	5,68	345	6,53	395	7,37
96	2,08	146	3,02	196	3,94	246	4,82	296	5,69	346	6,55	396	7,39
97	2,10	147	3,04	197	3,95	247	4,84	297	5,71	347	6,56	397	7,40
98	2,12	148	3,06	198	3,97	248	4,86	298	5,73	348	6,58	398	7,42
99	2,14	149	3,08	199	3,99	249	4,88	299	5,74	349	6,60	399	7,44
100	2,16	150	3,10	200	4,01	250	4,89	300	5,76	350	6,61	400	7,45

Fonte: N-321.0003 (Celesc, 2023, p. 66).

## ANEXO H – DEMANDA EM KVA DE MOTORES EM FUNÇÃO DA POTÊNCIA E QUANTIDADE

Motores Trifásicos										
Motor (CV)	Quantidade de Motores									
	1 <sup>1</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1/3	0,65	0,98	1,24	1,50	1,76	1,95	2,15	2,34	2,53	2,73
1/2	0,87	1,31	1,65	2,00	2,35	2,61	2,87	3,13	3,39	3,65
3/4	1,26	1,89	2,39	2,90	3,40	3,78	4,16	4,54	4,91	5,29
1	1,52	2,28	2,89	3,50	4,10	4,56	5,02	5,47	5,93	6,38
1,5	2,17	3,26	4,12	4,99	5,86	6,51	7,16	7,81	8,46	9,11
2	2,70	4,05	5,13	6,21	7,29	8,10	8,91	9,72	10,53	11,34
3	4,04	6,06	7,68	9,29	10,91	12,12	13,33	14,54	15,76	16,97
4	5,03	7,55	9,56	11,57	13,58	15,09	16,60	18,11	19,62	21,13
5	6,02	9,03	11,44	13,85	16,25	18,06	19,87	21,67	23,48	25,28
7,5	8,65	12,98	16,44	19,90	23,36	25,95	28,55	31,14	33,74	36,33
10	11,54	17,31	21,93	26,54	31,16	34,62	38,03	41,54	45,01	48,47
12,5	14,09	21,14	26,77	32,41	38,04	42,27	46,50	50,72	54,95	59,18
15	16,65	24,98	31,63	33,29	44,96	49,95	54,95	59,94	64,93	69,93
20	22,10	33,15	41,99	50,83	59,67	66,30	72,93	79,56	86,19	92,82
25	25,83	38,75	49,08	59,41	69,74	77,49	85,24	92,99	100,74	103,49
30	30,52	45,78	57,99	70,20	82,40	91,56	100,72	109,87	119,03	128,18
<b>Fator de Demanda</b>	1	0,750	0,633	0,575	0,540	0,500	0,471	0,450	0,433	0,420

Motores Monofásicos										
Motor (CV)	Quantidade de Motores									
	1 <sup>1</sup>	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1/4	0,660	0,990	1,254	1,518	1,782	1,980	2,178	2,376	2,574	2,772
1/3	0,770	1,155	1,463	1,771	2,079	2,310	2,541	2,772	3,003	3,234
1/2	1,180	1,770	2,242	2,714	3,186	3,540	3,894	4,248	4,602	4,956
3/4	1,340	2,010	2,246	3,032	3,618	4,020	4,422	4,824	5,226	5,628
1	1,560	2,340	2,964	3,588	4,212	4,680	5,148	5,616	6,084	6,552
1,5	2,350	3,525	4,465	5,405	6,345	7,050	7,755	8,460	9,165	9,870
2	2,970	4,455	5,643	6,831	8,019	8,910	9,801	10,692	11,583	12,474
3	4,070	6,105	7,733	9,361	10,989	12,210	13,431	14,652	15,873	17,094
5	6,160	9,240	11,704	14,168	16,632	18,480	20,328	22,176	24,024	25,872
<b>Fator de Demanda</b>	1	0,750	0,633	0,575	0,540	0,500	0,471	0,450	0,433	0,420

Fonte: N-321.0003 (Celesc, 2023, p. 68).

## ANEXO I – FATORES DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E TOMADAS DE USO GERAL

Descrição	Fator de Demanda (%)
AUDITÓRIOS, SALÕES PARA EXPOSIÇÕES E SEMELHANTES	90
BANCOS, LOJAS E SEMELHANTES	75
BARBEARIAS, SALÕES DE BELEZA E SEMELHANTES	90
CLUBES E SEMELHANTES	90
ESCOLAS E SEMELHANTES	90 para os primeiros 12 kW 50 para o que exceder 12kW
ESCRITÓRIOS E SEMELHANTES	90 para os primeiros 20 kW 70 para o que exceder a 20 kW
GARAGENS COMERCIAIS E SEMELHANTES	90
HOSPITAIS, CLINICAS E SEMELHANTES	40 para os primeiros 50 kW 20 para o que exceder a 50 kW
HOTÉIS E SEMELHANTES	60 para os primeiros 20 kW 40 para o que exceder a 20 kW
IGREJAS E SEMELHANTES	90
RESTAURANTES E SEMELHANTES	90

Fonte: N-321.0003 (Celesc, 2023, p. 69).

**ANEXO J – FATORES DE DEMANDA PARA APARELHOS DE AQUECIMENTO**

<b>Número de Aparelhos</b>	<b>Fator de Demanda (%)</b>
1	100
2	65
3	55
4	50
5	45
6	43
7	40
8	36
9	35
10	34
11 A 15	32
16 A 20	28
21 A 25	27
26 A 30	26
31 A 40	25
41 A 50	24
51 A 60	23
61 ao mais	20

Fonte: N-321.0003 (Celesc, 2023, p. 70).

**ANEXO K – FATORES DE DEMANDA PARA APARELHOS DE AR-  
CONDICIONADO**

<b>Número de Aparelhos</b>	<b>Fator de Demanda (%)</b>
<b>1 A 10</b>	100
<b>11 A 20</b>	90
<b>21 A 30</b>	82
<b>31 A 40</b>	80
<b>41 A 50</b>	77
<b>51 A 75</b>	75
<b>76 A 100</b>	72
<b>ACIMA DE 100</b>	70

Fonte: N-321.0003 (Celesc, 2023, p. 71).

## ANEXO L – DIMENSIONAMENTO UNIDADES CONSUMIDORAS – TENSÃO DE FORNECIMENTO 380/220V

Tipo e Tensão	Categoria	Carga Total Instalada na Unidade Consumidora (kW)	Demanda (kVA)	Proteção Individual da Unidade Consumidora	Número de		Ramal de Carga Aéreo		Ramal de Carga Ramal de Saída Conexão do Medidor <sup>9</sup> Conexão do Disjuntor <sup>9</sup>		Condutor de Proteção	Eletroduto			
				Disjuntor (A)	Fases	Fios	Cabo multiplexado		Método de instalar embutido/aparente (B1) ou subterrâneo (D)			Cobre (mm <sup>2</sup> )	Diâmetro (pol)	Subterrâneo	Diâmetro (pol)
							IEC/DIN	Cobre (mm <sup>2</sup> )	Alumínio (mm <sup>2</sup> )	Cobre EPR/HEPR/XLPE (mm <sup>2</sup> )					
Monofásico 220 V (Ver nota 8)	A1	0 < C ≤ 8		40	1	2	10	10	10	10	10	3/4	1		
	A2	8 < C ≤ 11		50	1	2	10	10	10	10	10	3/4	1		
	A3	11 < C ≤ 13		63	1	2	10	10	10	16	10(16) <sup>3</sup>	3/4(1) <sup>5</sup>	1		
Bifásico 380/220 V (Ver nota 4)	B1	13 < C ≤ 20		50	2	3	10	10	10	10	10	1	1 1/2		
	B2	20 < C ≤ 25		63	2	3	10	10	10(16) <sup>3</sup>	16	10(16) <sup>3</sup>	1	1 1/2		
Trifásico 380/220 V (Ver nota 2)	C1	25 < C ≤ 50	0 < D ≤ 20	40	3	4	10	10	10	10	10	1	1 1/2		
	C2		20 < D ≤ 30	50	3	4	10	10	10	10	10	1	1 1/2		
	C3		30 < D ≤ 38	63	3	4	10	16	10(16) <sup>3</sup>	16	10(16) <sup>3</sup>	1 1/4	2		
	C4		38 < D ≤ 45	70	3	4	16	25	16	25	16	1 1/2	2		
	C5	50 < C ≤ 75	45 < D ≤ 55	80/90 <sup>1,6</sup>	3	4	25	35	25	35	16	1 1/2	2		
	C6		55 < D ≤ 65	100 <sup>1</sup>	3	4	25	35	25	35	16	1 1/2	2		
	C7		65 < D ≤ 75	125 <sup>1</sup>	3	4	35	50	35(50) <sup>3</sup>	50(70) <sup>3</sup>	16(25/35) <sup>3</sup>	2	3		

**NOTAS:**

- Utilizar duas caixas agrupadas em QMC de policarbonato ou caixa com largura mínima 400 mm em QMC de alumínio; Utilizar disjuntor em caixa moldada no caso de corrente nominal do dispositivo de proteção maior que 70 A.
- Para ligação trifásica em 380/220V deve ser calculada a demanda para o dimensionamento de cada unidade consumidora, a critério do projetista.
- Usar cabo de maior seção quando ramal for subterrâneo ou com isolamento em PVC 70°C.
- Para ligação bifásica em 380/220V e trifásica, utilizar caixa para medidor trifásico.
- Utilizar o eletroduto de maior diâmetro quando for instalado cabo de 16 mm<sup>2</sup>.
- Utilizar disjuntor de 90 A quando disponível no mercado.
- Observar a quantidade máxima de ramais de carga aéreos e a resistência do poste.
- Nas ligações monofásicas de atividades comercial e outras, projetar duto mínimo no ramal de carga até a UC de 1", prevendo futuro acréscimo de fases.
- Os condutores para conexão do medidor e disjuntor devem ser dimensionados conforme esta tabela, ter isolamento EPR/HEPR e classe 2 de encordoamento.

Fonte: N-321.0003 (Celesc, 2023, p. 72).

**ANEXO M – DIMENSIONAMENTO DE BARRAS DE COBRE SEÇÃO  
RETANGULAR (BARRAMENTO DOS QUADROS)**

Disjuntor Geral (A)	Seção Mínima do Barramento (mm <sup>2</sup> )	Dimensões Mínimas (Comerciais Sugeridas) pol (L x E)		Dimensões Mínimas (Comerciais Sugeridas) mm (L x E)	
ATÉ 125 A	60	3/4	x 1/8	19,05	x 3,18
		3/4	x 5/32	19,05	x 3,97
		7/8	x 1/8	22,23	x 3,18
ATÉ 150 A	75	5/8	x 3/16	15,88	x 4,76
		1	x 1/8	25,40	x 3,18
ATÉ 200 A	90	3/4	x 3/16	19,05	x 4,76
		7/8	x 3/16	22,23	x 4,76
		1	x 5/32	25,40	x 3,97
		1 1/4	x 1/8	31,75	x 3,18
ATÉ 250 A	120	1	x 3/16	25,40	x 4,76
		1 1/4	x 5/32	31,75	x 3,97
		1 1/2	x 1/8	38,10	x 3,18
		1 3/4	x 1/8	44,45	x 3,18
ATÉ 350 A	150	1	x 1/4	25,40	x 6,35
		1 1/4	x 3/16	31,75	x 4,76
		1 1/2	x 5/32	38,10	x 3,97
		1 1/2	x 3/16	38,10	x 4,76
		2	x 1/8	50,80	x 3,18
ATÉ 450 A	200	1 1/4	x 1/4	31,75	x 6,35
		2	x 5/32	50,80	x 3,97
		2 1/2	x 1/8	63,50	x 3,18
ATÉ 500 A	240	1	x 3/8	25,40	x 9,53
		1 1/2	x 1/4	38,10	x 6,35
		2	x 3/16	50,80	x 4,76
ATÉ 650 A	300	1 1/2	x 5/16	38,10	x 7,94
		2	x 1/4	50,80	x 6,35
		4	x 1/8	101,60	x 3,18
ATÉ 700 A	360	1 1/2	x 3/8	38,10	x 9,53
		2 1/4	x 1/4	57,15	x 6,35
		3	x 3/16	76,20	x 4,76
ATÉ 750 A	400	1 1/2	x 1/2	38,10	x 12,70
		2	x 5/16	50,80	x 7,94
		2	x 3/8	50,80	x 9,53
		2 1/2	x 1/4	63,50	x 6,35
		2 3/4	x 1/4	69,85	x 6,35

Fonte: N-321.0003 (Celesc, 2023, p. 78).

## ANEXO N – DIMENSIONAMENTO RAMAL DE CONEXÃO / RAMAL DE ENTRADA (BT)

Demanda Provável da Instalação (kVA)	Proteção Geral	Ramal de Conexão Aéreo		Ramal de Entrada Embutido ou Aparente		Ramal de Entrada Subterrâneo	
		Cabo multiplexado		Método de instalar embutido/aparente (B1)		Método de instalar subterrâneo (D)	
	Disjuntor Tripolar (A)	Cobre (mm <sup>2</sup> )	Alumínio (mm <sup>2</sup> )	Cobre EPR/HEPR/XLPE (mm <sup>2</sup> )	Eletroduto (pol)	Cobre EPR/HEPR/XLPE (mm <sup>2</sup> )	Eletroduto enterrado ou junto ao poste (pol)
ATÉ 30	50	10	16	10	1 1/2	10	1 1/2
30 < D ≤ 36	63	16	16	10	1 1/2	16	1 1/2
36 < D ≤ 45	70	16	25	16	1 1/2	16	1 1/2
45 < D ≤ 52	80	25	25	16	1 1/2	25	2
52 < D ≤ 58	90	25	35	25	2	25	2
58 < D ≤ 65	100	25	35	25	2	35	2
65 < D ≤ 78	125	35	50	35	2	50	3
78 < D ≤ 95	150	50	70	50	3	70	3
95 < D ≤ 112	175	70	120	70	3	95	3
112 < D ≤ 131	200	70	120	70	3	95	3
131 < D ≤ 145	225	-	120	95	3	120	4
145 < D ≤ 160	250	-	-	95	3	150	4
160 < D ≤ 195	300	-	-	150	4	2 x 95	2 x 3
195 < D ≤ 225	350	-	-	2 x 95	2 x 3	2 x 120	2 x 4
225 < D ≤ 260	400	-	-	2 x 95	2 x 3	2 x 150	2 x 4
260 < D ≤ 300	450	-	-	2 x 120	2 x 4	2 x 185	2 x 4

Fonte: N-321.0003 (Celesc, 2023, p. 75).

## ANEXO O – RELAÇÃO DE SEÇÃO DE CABOS DE BT – ESPESSURAS E DIÂMETROS

*Cabo DuFlex 750 V*

CONDUTOR		ISOLAÇÃO		PESO TOTAL
SEÇÃO NOMINAL (mm <sup>2</sup> )	DIÂMETRO NOMINAL (mm)	ESPESSURA NOMINAL (mm)	DIÂMETRO EXTERNO NOMINAL (mm)	(kg/km)
0,5*	0,86	0,6	2,06	8,33
0,75*	1,05		2,25	10,9
1	1,22		2,42	13,4
1,5	1,49	0,7	2,89	19,5
2**	1,72	0,8	3,32	25,8
2,5	1,95		3,55	31,7
4	2,43		4,03	45,1
6	3,00		4,60	63,4
10	3,90	1,0	5,90	105
16	5,00		7,00	158
25	6,20	1,2	8,60	247

Fonte: Induscabos (2025, p. 12) – Adaptada pelo autor.

## ANEXO P – PARÂMETROS ELÉTRICOS DE CABOS DE COBRE ISOLADOS - XLPE

Seção condutor mm <sup>2</sup>	Correntes nominais										Resistência e reatâncias									
	Duto único		Ao ar livre		Dir. enterrado		Canaleta (1)		Eletroduto		R <sub>p</sub> (1)		X <sub>p</sub> (1)		R <sub>i</sub> (1)		X <sub>i</sub> (1)		X <sub>c</sub> (1)	
	kV		kV		kV		kV		kV		kV		kV		kV		kV		kV	
	0,6/1	8,7/15	0,6/1	8,7/15	0,6/1	8,7/15	0,6/1	8,7/15	0,6/1	8,7/15	0,6/1	8,7/15	0,6/1	8,7/15	0,6/1	8,7/15	0,6/1	8,7/15	0,6/1	8,7/15
	Ohm/km																		Ohm.km	
<b>Cabos unipolares</b>																				
1,5	23	-	31	-	34	-	28	-	22	-	14,8130	-	0,1378	-	16,6130	-	2,9262	-	-	-
2,5	30	-	42	-	46	-	38	-	29	-	8,8882	-	0,1345	-	10,6880	-	2,8755	-	-	-
4	40	-	55	-	60	-	50	-	38	-	5,5518	-	0,1279	-	7,3551	-	2,8349	-	-	-
6	50	-	70	-	75	-	63	-	48	-	3,7035	-	0,1225	-	5,3034	-	2,8000	-	-	-
10	67	-	95	-	99	-	84	-	64	-	2,2221	-	0,1207	-	4,0221	-	2,7639	-	-	-
16	87	-	126	-	130	-	111	-	91	-	1,3889	-	0,1173	-	3,1889	-	2,7173	-	-	-
25	114	129	168	190	164	168	145	161	119	141	0,8891	0,9482	0,1640	0,1924	2,6891	2,8220	2,6692	1,8222	-	15,669
35	139	155	207	209	198	202	178	194	145	170	0,6553	0,6777	0,1128	0,1838	2,4353	2,5443	2,6382	1,7669	-	14,198
50	172	189	260	287	241	246	220	238	180	208	0,4450	0,4748	0,1127	0,1748	2,2450	2,3323	2,5991	1,7047	-	12,748
70	209	228	322	357	291	296	269	288	220	352	0,3184	0,3397	0,1076	0,1651	2,1184	2,1858	2,5681	1,6399	-	11,448
95	252	270	393	425	345	351	324	342	264	299	0,2352	0,2509	0,1090	0,1599	2,0352	2,0829	2,5325	1,5721	-	10,273
120	289	307	457	490	393	399	372	392	322	356	0,1868	0,1993	0,1076	0,1554	1,9868	2,0184	2,5104	1,5179	-	9,458
150	328	347	524	526	443	451	423	444	366	404	0,1502	0,1601	0,1074	0,1503	1,9502	1,9644	2,4843	1,4606	-	8,692
185	373	389	605	640	499	507	482	502	417	454	0,1226	0,1306	0,1073	0,1466	1,9226	1,9189	2,4594	1,4059	-	8,012
240	432	447	714	752	574	584	561	581	482	523	0,0958	0,1018	0,1070	0,1417	1,8958	1,8678	2,4312	1,3364	-	7,251
300	488	502	822	826	647	659	637	658	586	606	0,0781	0,0827	0,1086	0,1378	1,8781	1,8254	2,4067	1,2718	-	6,631
400	565	579	982	1026	753	767	748	770	654	698	0,0608	0,0640	0,1058	0,1333	1,8608	1,7721	2,3757	1,1859	-	5,896
500	630	643	1126	1174	845	861	844	867	722	772	0,0507	0,0531	0,1051	0,1297	1,8550	1,7271	2,3491	1,1108	-	5,334

Fonte: Mamede Filho (2013, p. 311).

## ANEXO Q – DADOS FORNECIDOS PELA CELESC DO PONTO DE CONEXÃO

EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO DA CELESC				
EQUIPAMENTO: RELÉ				
MODELO: FASE: NEUTRO:				
TIPO: FUSÍVEL 25K				
TENSÃO: 13,8 kV				
	NEUTRO		FASE	
CORRENTE DE DISPARO:	-		-	
NÚMERO DE OPERAÇÕES RÁPIDAS:	-		-	
CURVA DE OPERAÇÃO RÁPIDA:	-		-	
NÚMERO DE OPERAÇÕES LENTAS:	-		-	
CURVA DE OPERAÇÃO LENTA:	-		-	
CORRENTES DE CURTO NO PONTO DE CONEXÃO DO CONSUMIDOR				
FASE TERRA	FASE TERRA MÍNIMO	FASE TERRA ASSIMÉTRICA	TRIFÁSICA	TRIFÁSICA ASSIMÉTRICA
923 A	185 A	1087 A	1685 A	1830 A
IMPEDÂNCIA ACUMULADA NO PONTO DE CONEXÃO				
R0	X0	R1	X1	
1,663 p.u.	8,515 p.u.	0,890 p.u.	2,318 p.u.	
IMPEDÂNCIA DE FALTA				40 ohms
<b>OBSERVAÇÕES:</b>				
CURVA DE "TEMPO X CORRENTE" DA PROTEÇÃO DA CELESC EM ANEXO				
MVA base = 100 MVA				
kV base = 13,800 kV				
I base = 4184 A				
Z base = 1,9044 ohms				

Fonte: Autor (2025).