

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

PEDRO LUCAS CAMPOS REZENDE

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS ELÉTRICOS PREDIAIS DE BAIXA
TENSÃO**

Ilha Solteira

2023

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

**DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS ELÉTRICOS PREDIAIS DE BAIXA
TENSÃO**

Pedro Lucas Campos Rezende

Orientador: Prof. Dr. Jean Marcos de Souza Ribeiro

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de
Engenharia - UNESP – Campus de Ilha Solteira, para
cumprimento de requisito para obtenção do Grau de
Engenheiro Eletricista.

Ilha Solteira - SP

Junho/2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

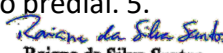
R467d Rezende, Pedro Lucas Campos.
Desenvolvimento de projetos elétricos prediais de baixa tensão / Pedro Lucas Campos Rezende. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
99 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) -
Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Jean Marcos De Souza Ribeiro

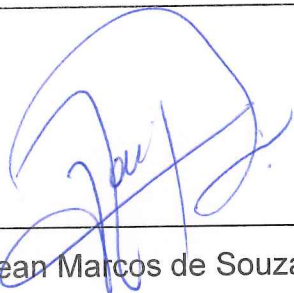
Inclui bibliografia

1. Instalações elétricas. 2. Baixa tensão. 3. Autocad. 4. Projeto predial. 5.
Dimensionamento de condutores.

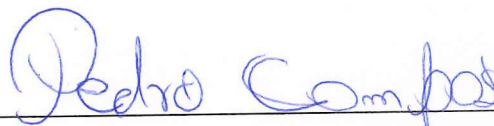

Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Segito
Setor Técnico de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aos vinte e nove dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e três, o discente **Pedro Lucas Campos Rezende**, matriculado sob o nº 152055363, tendo como banca examinadora o seu orientador, o *Prof. Dr. Jean Marcos de Souza Ribeiro*, o *Prof. Dr. Carlos Antônio Alves* e o *Doutorando Rodrigo Serra Daltin*, apresentou o Trabalho de Graduação intitulado "**Desenvolvimento de projetos elétricos prediais de baixa tensão**", obtendo a nota 8,0 (oito) e conceito Aprovado.



Prof. Dr. Jean Marcos de Souza Ribeiro
- orientador -



Pedro Lucas Campos Rezende
- discente -



Prof. Dr. Carlos Antônio Alves
- Membro da Banca -



Doutorando Rodrigo Serra Daltin
- Membro da Banca -

DEDICO

À minha mãe, **Jussara Campos**, por ser a maior responsável por me presentear com a oportunidade de cursar um curso de graduação, e me apoiar em todos os momentos difíceis durante todos os anos da minha vida .

Aos meus tios, **André Luiz Campos Acácio Campos, Marcos Augusto Campos**, por toda ajuda e conselhos, não apenas durante o período de graduação, mas sim durante toda minha vida.

À minha avó, **Terezinha Augusta Campos** (*in memoriam*), por todos os ensinamentos passados e amor disseminados, sem você nada disso seria possível.

AGRADECIMENTOS

À minha família Mãe, Pai, irmãos, Tios, avós e primos que sempre estiveram torcendo por mim, compartilhando comigo cada dificuldade e comemorando cada conquista.

Gostaria de agradecer minha namorada Mariana Mantovani por estar ao meu lado nos últimos sete anos, me apoiando em todas as etapas da minha vida, inclusive na conclusão deste trabalho.

Seu amor, carinho e incentivo foram fundamentais para que eu pudesse me dedicar a este projeto e superar todos os desafios que surgiram pelo caminho. Te amo.

À Republica Mansa e a todos integrantes e amigos que por lá passaram contribuindo enormemente para meu crescimento pessoal e fazendo com que os meus anos de faculdade fossem especiais, agradeço a vocês meus amigos pelos momentos juntos e pela amizade.

Ao BAJA que me proporcionou muito aprendizado e uma melhor preparação para o mercado de trabalho, além de me proporcionar também grandes amigos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Jean Marcos de Souza Ribeiro, por aceitar ser meu orientador e me ajudar nessa fase final do curso de graduação.

RESUMO

O tema abordado é instalações elétricas prediais de baixa tensão, o trabalho apresenta uma revisão bibliográfica que descreve os passos necessários para executar um projeto de instalação elétrica em uma edificação e esclarece e faz um estudo da teoria necessária para o desenvolvimento do projeto. A revisão bibliográfica neste trabalho abrange os principais aspectos teóricos relacionados ao tema, como normas técnicas, simbologia utilizada em projetos elétricos, cálculo de carga elétrica, dimensionamento de condutores e dispositivos de proteção. Na parte de resultados e discussões foi aplicado os estudos teóricos apresentados na revisão bibliográfica e desenvolvido um projeto de instalação elétrica predial de baixa tensão, o projeto elétrico foi executado utilizando o software AutoCAD, que permitiu criar desenhos técnicos e diagramas elétricos de forma precisa e profissional.

Palavras Chave: Instalações Elétricas, Baixa tensão, AutoCad, Projeto Predial, Dimensionamento de condutores.

ABSTRACT

The topic addressed is low-voltage electrical installations in buildings. This work presents a literature review that describes the necessary steps to execute an electrical installation project in a building and provides an understanding and study of the theory required for project development. The literature review in this work covers the main theoretical aspects related to the topic, such as technical standards, symbology used in electrical projects, calculation of electrical load, sizing of conductors, and protective devices. In the results and discussions section, the theoretical studies presented in the literature review were applied, and a low-voltage electrical installation project for a building was developed. The electrical project was executed using AutoCAD software, which allowed for the creation of precise and professional technical drawings and electrical diagrams.

Key-words: Electrical Installations, Low Voltage, AutoCAD, Building Project, Conductor Sizing.

LISTA DE SIGLAS

DR: Dispositivo Diferencial Residual.

DPS: Dispositivo de proteção contra surto.

FCT: Fator de correção de temperatura.

FCA: Fator de correção de agrupamento.

IDR: Interruptor Diferencial Residual.

TUE: Tomadas de uso específico.

TUG: Tomadas de uso geral.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percurso da Energia Elétrica	11
Figura 2- Exemplo de curva de disjuntores.....	37
Figura 3 - Interruptor simples.....	44
Figura 4 - Interruptor Paralelo	45
Figura 5 - Padrão de diagrama trifilar de quadro elétrico.....	46
Figura 6 - Posição do edifício referente a rua e a linha elétrica	48
Figura 7 - Planta da residência	49
Figura 8 - Distribuição de pontos e dimensionamento de potência	51
Figura 9 - Projeto em desenvolvimento com divisão de circuitos	54
Figura 10 - Padrão de entrada de energia do projeto	57
Figura 11 - Entrada de energia	58
Figura 12 - Quadro de cargas básico.....	59
Figura 13 - Quadro de cargas com IP.....	60
Figura 14 - Quadro de Cargas com I_p'	62
Figura 15 - Posição quadro de distribuição.....	64
Figura 16 - Trecho de eletroduto	67
Figura 17 - Representação circuitos no trecho 1 da calha.....	68
Figura 18 - Diagrama unifilar da residência	69
Figura 19 - Diagrama unifilar completo	72
Figura 20 - Quadro de Cargas completo.....	73
Figura 21 - Diagrama trifilar quadro de distribuição	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Dimensionamento ramal de entrada rede aérea concessionária CEMIG..	21
Tabela 2 - Fator de demanda para TUG e Iluminação (fd1).....	22
Tabela 3 - Fator de demanda para TUEs.....	23
Tabela 4- Temperatura características dos condutores	25
Tabela 5 - Fatores de correção de temperatura	29
Tabela 6 - Seção do condutor neutro	33
Tabela 7- Seção do condutor terra.....	33
Tabela 8 - Classificação para áreas baseado em descargas atmosféricas.....	39
Tabela 9 - Suportabilidade para cálculo de U_c	40
Tabela 10 - Simbologia de projetos elétricos parte 1	42
Tabela 11 - Simbologia de projetos elétricos parte 2	43
Tabela 12 - Dimensão dos cômodos.....	50
Tabela 13 - Procedência e soma das Cargas	53
Tabela 14 - Nome do circuito, tensão e potência	55
Tabela 15 - Circuitos e respectivos FCA	61
Tabela 16 - Método de instalação e I_p'	62
Tabela 17 - Seção dos condutores fase dos circuitos	63
Tabela 18 - Soma do produto de Potência por metro.....	65
Tabela 19 - Seção dos condutores pelo método $\sum(P(\text{watts}) \times l(\text{metros}))$	65
Tabela 20 - Dimensão dos condutores.....	66
Tabela 21 - Curva dos disjuntores dos circuitos.....	70
Tabela 22 - Corrente nominal dos disjuntores.....	71

SUMÁRIO

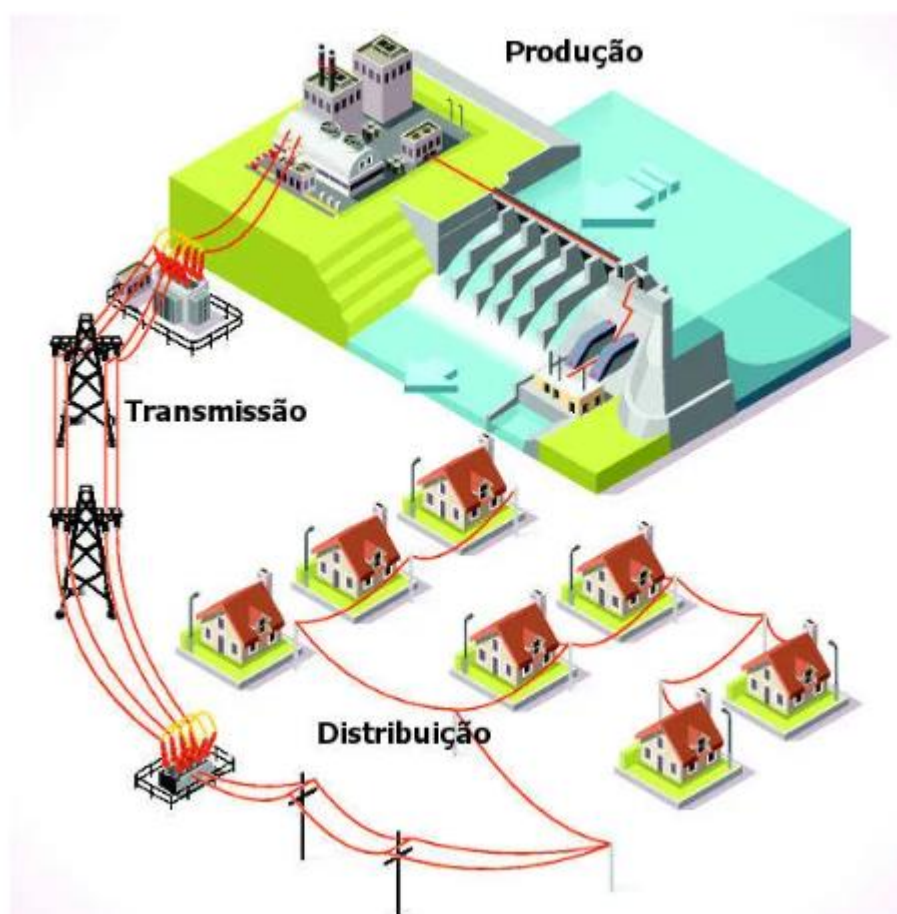
1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 NORMAS APLICADAS.....	13
2.2 ETAPAS E CONCEITOS PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO.....	13
2.2.1 Informações preliminares	14
2.2.2 Levantamento de cargas	15
2.2.3 Divisão da Instalação	19
2.2.4 Determinação do padrão de atendimento.	20
2.2.4.1 Potência de demanda.....	21
2.2.5 Dimensionamentos.....	23
2.2.5.1 Critério da capacidade de condução de corrente.	24
2.2.5.2 Método da queda de tensão.....	30
2.2.5.3 Dimensionamento dos eletrodutos.	34
2.2.5.4 Dimensionamento dos dispositivos de proteção.	35
2.2.6 Quadro de distribuição e Diagramas	40
3 METODOLOGIA	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
4.1 INFORMAÇÕES PRELIMINARES	48
4.2 LEVANTAMENTO DE CARGAS.....	50
4.3 DIVISÃO DA INSTALAÇÃO.....	54
4.4 DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DE ATENDIMENTO	56
4.5 DIMENSIONAMENTO	58
4.5.1 Dimensionamento de condutor.....	59
4.5.2 Dimensionamento de eletroduto.....	66
4.5.2 Dimensionamento de dispositivos de proteção.	70
4.6 APRESENTAÇÃO DOS DIAGRAMAS E QUADROS DE CARGAS.....	72
5 CONCLUSÃO	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77
ANEXOS	78

APÊNDICE	98
-----------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

Instalações elétricas de baixa tensão é uma área da Engenharia Elétrica que está inserida na construção civil, essa área refere-se à execução de projetos que visam garantir a segurança e eficiência das instalações elétricas dos edifícios. O projeto elétrico de baixa tensão tem um papel crucial pois engloba a distribuição de energia em residências, prédios comerciais e industriais. Até que a energia elétrica alcance o usuário final ela inicia-se na sua geração e é transmitida e distribuída até os usuários finais, no entanto, o projeto elétrico de baixa tensão engloba apenas o sistema elétrico de um edifício ou seja inicia-se no ponto de recebimento de energia desse edifício. Na Figura 1 é apresentado o percurso da energia elétrica desde a sua geração até a chegada no ponto de entrada dos edifícios.

Figura 1 - Percurso da Energia Elétrica



Fonte: (RIBEIRO, 2023)

É essencial compreender as teorias e conceitos que fundamentam o projeto elétrico de baixa tensão. Assim, é necessário realizar uma revisão bibliográfica, abrangendo obras especializadas e normas técnicas que norteiam essa área. A revisão bibliográfica proporciona um maior conhecimento teórico para que os conceitos fiquem claros e assim seja possível produzir um projeto seguro e funcional.

Para a elaboração do projeto elétrico de baixa tensão, foi utilizado o software AutoCad, o software contribui para o desenvolvimento de um projeto mais profissional e com melhor qualidade, além de ajudar o projetista com a sua vasta quantidade de ferramentas.

Este trabalho procura contribuir para o aprimoramento e a disseminação do conhecimento na área de projetos elétricos de baixa tensão. Com o intuito de fornecer uma abordagem detalhada e compreensível das diretrizes e do passo a passo do desenvolvimento de um projeto, portanto, é a intenção desse trabalho auxiliar estudantes e projetistas da área.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Capítulo revisão bibliográfica tratará dos conceitos para embasar teoricamente o desenvolvimento de um projeto elétrico de baixa tensão, haverá então o acesso a normas e conceitos relevantes para a elaboração do projeto. Será explorado nesse capítulo diversas fontes bibliográficas como livros, artigos científicos e normas técnicas com o objetivo de esclarecer conceitos e compreender diretrizes e requisitos, dentre outras fontes que serão usadas nesse capítulo a norma NBR 5410:2004 será utilizada como principal diretriz do desenvolvimento do projeto desse trabalho.

2.1 Normas Aplicadas

Para o desenvolvimento do projeto elétrico de baixa tensão foi necessário aplicar algumas normas técnicas.

- NBR 5410:2004 - Instalações elétricas de baixa tensão
- NBR 5419:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas
- NBR 5444:1989 – Símbolos Gráficos para instalações elétricas prediais
- ND-5.1- Fornecimento de Energia Elétrica em tensão secundária – Rede de Distribuição Aérea- Edificações Individuais

Segundo MAMEDE (2010) o projetista deve atentar-se a normas nacionais vigentes que se apliquem a itens específicos de cada projeto, além de também de inteira-se das normas e regulamentações em vigor do corpo do corpo de bombeiros local.

A norma base para o projeto de instalações elétricas de baixa tensão é a NBR 5410:2004, esta norma estabelece os critérios necessários que devem ser satisfeitos para que as instalações sejam seguras para animais e pessoas e tenham um funcionamento adequado.

2.2 Etapas e Conceitos Para Elaboração do Projeto.

O projeto elétrico deve ser desenvolvido com o propósito de apresentar soluções possíveis de serem implementadas.

O projetista deve prezar pela segurança das instalações e pela segurança de quem frequenta os locais em que o projeto foi aplicado. É fato que para o desenvolvimento dos projetos elétricos haverá diversas soluções possíveis e, portanto, é papel do projetista avaliá-las e escolher a mais adequada.

O desenvolvimento de um projeto elétrico de baixa tensão pode ser feito de diferentes maneiras e sendo assim a ordem das etapas e algumas etapas podem ser acrescentadas ou suprimidas (MAMEDE, 2010).

Como um projeto elétrico pode ser feito de distintas maneiras nesse trabalho a divisão das etapas baseou-se na divisão de etapas expressa por Domingos Leite Lima Filho no seu livro *Projetos de Instalações Elétricas Prediais*, 6ª edição (FILHO, 2001). Portanto baseando-se nessa informação esse trabalho usará como base para o desenvolvimento de um projeto elétrico as etapas:

1. Informações preliminares
2. Levantamento de cargas
3. Divisão da instalação
4. Determinação do padrão de atendimento
5. Dimensionamentos
6. Quadro de distribuição e diagramas

O projeto proporciona várias vantagens para quem executa a obra e para o usuário final, as vantagens são variadas, mas como exemplo é possível citar, segurança da instalação e do usuário, funcionalidade da instalação, obtenção do custo da execução com alta precisão, facilidade de possíveis ampliações. O objetivo do projeto elétrico tem por finalidade duas características estabelecer relação entre a unidade consumidora e concessionária e suprir as necessidades do consumidor com economia e segurança (CERVELIN & CAVALIN, 2008).

2.2.1 Informações preliminares

Essa é a etapa inicial do projeto, no entanto é uma das etapas mais importantes para um bom projeto. É nessa etapa que o projetista deve obter as informações e verificar a posição da rede de distribuição da concessionária em relação ao edifício, para que assim consiga planejar como será o ponto de entrega feito pela concessionária. É de extrema importância que nessa fase o projetista de instalações

elétricas se atente aos outros projetos como o projeto arquitetônico, estrutural, sanitário, de águas pluviais dentre outros. Outro ponto fundamental é que nessa fase o projetista elétrico discuta com o arquiteto ou responsável os pontos de utilização de energia para assim atender a necessidade do usuário (FILHO, 2001).

Todos os projetos para a execução de um edifício devem ser compatibilizados, portanto o projeto elétrico não deve ficar de fora dessa compatibilização, a análise para compatibilização de todos os projetos facilita e previne erros durante a execução. Essa etapa será dividida em três outras sub etapas que são: análise da localização do edifício, compreensão dos outros projetos de execução do edifício, obter informações com o responsável pela obra sobre os pontos de utilização de energia.

2.2.2 Levantamento de cargas

Todos os equipamentos elétricos utilizados em uma instalação elétrica solicitam da rede uma determinada potência. Nessa fase do projeto o objetivo é levantar todas os pontos de utilização de energia elétrica, para assim dimensionar a potência total da instalação, ao final do levantamento de cargas tem-se a quantidade e a localização de todos os pontos de consumo (FILHO, 2001).

A carga que deve ser considerar do equipamento é a potência nominal absorvida, o valor dessa potência pode ser fornecido pelo fabricante, também pode ser calculada sabendo os valores da tensão nominal, da corrente nominal e do fator de potência (CREDER, 2016).

Com base nessas informações, é possível calcular a demanda elétrica da instalação, além de dimensionar de maneira adequada os condutores, disjuntores, transformadores e outros componentes da instalação elétrica.

Os pontos de iluminação e a potência consumida por estes pontos devem ser levados em conta para o levantamento de cargas. Segundo ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004) que explicita no item 9.5.2.1.2 que é permitido como alternativa a norma NBR 5413 Iluminância de interiores, a possibilidade de adotar os critérios do item em questão.

a) em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;

b) em cômodo ou dependências com área superior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros

Será utilizado nesse trabalho este item da norma para o levantamento das cargas de Iluminação. Os valores explicitados no item 9.5.2.1.2 são valores base para o dimensionamento dos circuitos de iluminação e portanto não são a potência nominal dos aparelhos de iluminação, em casos que se tenha informação da potência do equipamento de iluminação que será utilizado é possível utilizar esta informação para o dimensionamento de cargas (CREDER, 2016). O item 9.5.2.1.2 da NBR 5410:2004 se refere a potência prevista para iluminação, no entanto as distribuições dos pontos de iluminação são de responsabilidade do projetista elétrico, do arquiteto ou responsável pelo edifício, é necessário ressaltar que a norma NBR 5410:2004 não estabelece critérios para a iluminação de áreas externas em residências sendo assim a definição é de responsabilidade do projetista levando sempre em conta a necessidade e segurança do usuário final.

As tomadas de uso geral são previstas para a utilização de equipamento portáteis ou eletrodomésticos comuns, que não necessitam de grande potência elétrica para o seu funcionamento, esses pontos são previstos no para serem utilizados por aparelhos portáteis e eletrodomésticos de baixa potência.

- Nas unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares, o número de pontos de tomada de uso geral deve ser fixado de acordo com o seguinte critério:
- Nos cômodos ou dependências da instalação, se a área for inferior a 6 m², pelo menos um ponto de tomada; Se a área for maior que 6 m², pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, espaçados tão o, uniformemente quanto possível;
- Em banheiros, pelo menos um ponto de tomada junto ao lavatório;
- Em cozinhas, copas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração de perímetro, sendo que, acima de cada bancada com largura igual ou superior a 0,30 m, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada;
- Em subsolos, garagens, sótãos, halls de escadarias e em varandas, salas de manutenção ou localização de equipamentos, tais como casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada.
- No caso de varandas, quando não for possível a instalação de ponto de tomada no próprio local, este deverá ser instalado próximo ao seu acesso. (CREDER, 2016, p. np)

Na citação acima Hélio Creder tem como base o item 9.5.2.2.1 da norma NBR 5410:2004 é importante salientar que esses critérios acima são os critérios mínimos de pontos de tomada e caso solicitado pelo cliente ou responsável pela obra esses pontos podem ser aumentados ou disponibilizados de forma diferente, além de

que os pontos de utilização que são chamados de pontos de tomada, podem ter mais de uma tomada para o caso da utilização de dois aparelhos elétricos a partir do mesmo ponto de utilização.

É importante que para o levantamento de cargas se atribua potência para os pontos de utilização. Para que seja feita essa atribuição de potência neste trabalho será seguido a norma NBR 5410:2004 que no item 9.5.2.2.2 indica.

A potência a ser atribuída a cada ponto de tomada é função dos equipamentos que ele poderá vir a alimentar e não deve ser inferior aos seguintes valores mínimos:

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.

Para o levantamento de cargas no caso das TUGs (Tomadas de uso Geral) é necessário a análise do projetista para verificar o tipo de cômodo e quantos pontos de utilização vão ser instalados, para assim, ser possível de acordo com a norma dimensionar as potências atribuídas as TUGs. Para ambientes como térreo que é utilizado como hall de um edifício residencial, ambientes comerciais, ambientes industriais e outros ambientes que não são citados nos itens de norma NBR 5410 o dimensionamento de carga e dos pontos de utilização é feito levando em conta quais os equipamentos que farão uso da energia elétrica no ambiente e a necessidade do cliente, no entanto, Domingos Leite Lima Filho em seu livro Projeto de instalações elétricas prediais 6ª edição afirmar que:

Para a previsão de tomadas de uso geral em áreas comerciais e de escritórios, podemos adotar o seguinte critério:

- Escritórios comerciais (ou análogos) com área igual ou inferior a 40 m²: 1 tomada para cada 3 m, ou fração de perímetro; ou 1 tomada para cada 4 m², ou fração de área (adotar o que conduzir o maior número).
- Escritórios comerciais (ou análogos) com área superior a 40 m²: 10 tomadas para os primeiros 40 m² e 1 tomada a cada 10 m², ou fração de área restante.
- Em lojas: 1 tomada para cada 30 m², ou fração de área, não computadas as tomadas destinadas as vitrines e à desmontarão de aparelhos.

- A potência das tomadas de uso geral em escritórios e lojas será de 200 VA.

Também é importante dimensionar a potência de pontos de tomadas de uso geral que se encontram em áreas de serviço. Em áreas como halls de serviços, salas de manutenção, casa de máquinas, casa de bombas e locais análogos é aconselhado a instalação de pelo menos 1 ponto de tomada e atribuir um circuito para esse área dimensionando uma potência de ao menos 1000 VA (COTRIM, 2009).

As tomadas de uso específico (TUEs) são as tomadas que são destinadas a alimentar equipamentos fixos e que geralmente com alta potência por exemplo pontos de energia que alimentam chuveiros, aquecedores de torneiras elétricas, máquina de lavar roupas, máquina de secar roupas, aparelho de ar condicionado ou qualquer outro equipamento que seja estacionário.

É importante ressaltar que segundo a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004) no item 9.5.2.3 determina que pontos de utilização de energia que tem como objetivo alimentar aquecedores de água devem ter a ligação com o equipamento aquecedor de forma direta sem o uso de tomadas de corrente.

Para o dimensionamento de potências das tomadas de uso específico deve ser atribuído ao ponto de tomada o valor da potência nominal do equipamento para o qual o respectivo ponto foi previsto, ou a soma das potências nominais dos equipamentos para o qual esse ponto foi previsto, no caso do projetista não conhecer precisamente os valores das potências nominais dos equipamentos propõe-se duas maneiras para o dimensionamento a primeira é considerar para o ponto a corrente nominal do aparelho ou aparelhos de maior potência que pode ser alimentado pelo ponto, a outra maneira é calcular a potência para dimensionamento baseando-se na corrente de projeto e na tensão sobre qual a TUE será submetida.

Sobre os pontos das TUEs é importante prever a sua posição para que não fique mais de 1,5 metros do equipamento que será alimentado, as TUEs destinadas a alimentar mais de um equipamento deve ter a quantidade adequada de tomadas.

Nota-se que a previsão das TUEs é importante pois é um ponto destinado a alimentar sempre o mesmo equipamento, as TUEs também são utilizadas para alimentar equipamentos que possuem corrente nominal acima de 10 A e assim sendo

são equipamentos que necessitam de circuitos específicos e individualizados (COTRIM, 2009).

Entende-se como cargas especiais as cargas de equipamentos que não serão conectadas a nenhuma TUG ou TUE. Essas cargas especiais são bombas e motores que estão relacionadas ao sistema de utilidades do edifício, como por exemplo motor de elevadores, bombas para recalque, bombas de incêndio, bombas para drenagem pluviais.

Para realizar o dimensionamento da potência desse tipo de carga é necessário entrar em contato com o fornecedor de cada tipo de sistema para assim o projetista entender como funcionará e quais equipamentos serão utilizados, sendo assim de responsabilidade do projetista prever a potência que será solicitada pelo sistema (FILHO, 2001).

2.2.3 Divisão da Instalação

Os circuitos terminais são o conjunto de pontos de utilização de energia que estão ligados pela mesma alimentação e são protegidos pelo mesmo dispositivo de proteção, sendo assim uma instalação deve ser dividida em vários circuitos. Limitar as consequências da falta de um circuito caso ele seja desligado ou esteja defeituoso, auxiliar na manutenção de um ponto de entrega de energia ou equipamento sem que seja necessário desativar grande parte da instalação, possibilitar o uso de cabos com pequena bitola, esses preceitos devem ser pensados no momento em que o projetista fará a divisão da instalação (CREDER, 2016).

A norma NBR 5410:2004 refere-se a divisão da instalação no item 4.2.5 e 9.5.3, sendo assim a norma indica alguns preceitos de segurança que devem ser seguidos, no entanto a divisão dos circuitos visando uma melhor funcionalidade dos circuitos parte do projetista.

- a) Circuitos independentes devem ser previstos para os aparelhos com corrente nominal superior a 10 A (como: aquecedores de água, fogões e fornos elétricos, máquinas de lavar, aparelhos de aquecimento ou para aparelhos de ar condicionado etc.);
- b) Circuitos de iluminação devem ser separados dos circuitos de tomadas;
- c) Em unidades residenciais, hotéis, motéis ou similares, são permitidos pontos de iluminação e tomadas em um mesmo circuito, de maneira a se evitar que os pontos de iluminação não sejam alimentados em sua

- totalidade, por um só circuito, exceto nas cozinhas, copas e áreas de serviços, que devem constituir um ou mais circuitos independentes;
- d) Proteções dos circuitos de aquecimento ou condicionamento de ar de uma residência podem ser agrupadas no quadro de distribuição elétrica geral ou num quadro separado;
 - e) Quando um mesmo alimentador abastece vários aparelhos individuais de ar condicionado, deve haver uma proteção para o alimentador geral e uma proteção junto a cada aparelho, caso este não possua proteção interna própria;
 - f) Cada circuito deverá ter o seu próprio condutor neutro;
 - g) Circuitos de tomadas deverão ter um condutor de proteção PE (terra) ligado diretamente ao terra da instalação. O condutor PE pode ser comum a mais de um circuito.
 - h) Circuitos de iluminação instalados em áreas com piso molhado ou instalados em algumas instalações industriais também deverão ter um condutor de proteção PE. (CREDER, 2016, p. np)

Tem-se algumas recomendações feitas, sendo assim para executar essa etapa do projeto será seguido as recomendações feitas na citação acima e os itens 4.2.5 e 9.5.3 da norma NB5410:2004.

2.2.4 Determinação do padrão de atendimento.

Essa etapa do projeto baseia-se em determinar qual é a categoria de atendimento de energia elétrica do edifício que está sendo desenvolvido o projeto elétrico. Baseando no levantamento de carga e na norma da concessionária que rege as normas do local da instalação, a determinação da categoria da entrada que será utilizada para o edifício é baseada na carga instalada ou na carga de demanda.

Portanto nessa fase do projeto o projetista determina qual a demanda da instalação e baseando na norma da concessionaria local determinará qual o padrão da entrada de serviço.

Na Tabela 1 são expostos os dados para determinar o dimensionamento do padrão de entrada em áreas cuja as instalações elétricas são de responsabilidade da concessionária CEMIG.

Tabela 1- Dimensionamento ramal de entrada rede aérea concessionária CEMIG

TABELA 1 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES DE DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V)

Fornecimento		Carga Instalada		Número de		Proteção	Ramal de Entrada			Aterramento		Condutor de Proteção	Poste (5)				Pontaleta (5)	
Tipo	Faixa			Fios	Fase	Disjuntor termo magnético	Condutor Cobre	Eletroduto		Condutor Cobre nu	Eletrodo		Mesmo Lado da Rede		Lado Oposto da Rede		Aço	
						IEC	PVC – 70°C	PVC	Aço				Aço	Concreto	Aço	Concreto		
							(3)	Diâmetro Nominal										
		de	até			A	mm²	mm		mm²	Quantidade	mm²	Tipo				Tipo	
A	A3	6,4	8,0	2	1	63	16	32	25	10	1	16	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1	
B	B2	10.1	16.0	3	2	63												

NOTAS:

1. As faixas A1 (Carga instalada de 0,1 até 5 kW, disjuntor monopolar de 40 A, ramal de entrada de 6 mm² e condutor de proteção de 6 mm²), A2 (Carga instalada de 5,1 até 6,3 kW, disjuntor monopolar de 50 A, ramal de entrada de 10 mm² e condutor de proteção de 10 mm²) e B1 (Carga instalada de 0,1 até 10 kW, disjuntor bipolar de 40 A, ramal de entrada de 10 mm² e condutor de proteção de 10 mm²) podem ser solicitadas para ligações novas e alteração de carga até 31/03/2023. As demais características dos padrões de entrada destas faixas são as mesmas das faixas A3 e B2.
2. As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos.
3. Para condutores com seção igual ou superior a 10 mm² é obrigatório o uso de cabo.
4. O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual à dos condutores fase.
5. Todas as faixas correspondem a ligações com medição direta (Ver Tabela 5).
6. As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas nos Desenhos 63 e 64.
7. O engastamento do poste do padrão de entrada deve ser em base concretada para fornecimento tipo B.
8. As unidades consumidoras localizadas em área rural devem apresentar padrão considerando "Lado Oposto da Rede".
9. Para ligações novas deve ser utilizado o novo padrão de medição (com disjuntor conectado pós-medidor) e disjuntores IEC curva "C" ou "D" conforme tabela acima.
10. Os disjuntores devem ser de um dos modelos homologados pela Cemig listados no PEC-11.
11. Para unidades consumidoras novas deve-se utilizar exclusivamente disjuntores IEC. Para unidades consumidoras já ligadas com disjuntor NEMA, caso o cliente solicite aumento ou redução de carga ou reposição de disjuntor, podem ser utilizados disjuntores NEMA conforme padrão de medição existente ou disjuntores IEC, conforme Tabela 20.

Fonte: (CEMIG, 2022)

2.2.4.1 Potência de demanda.

O conceito de potência de demanda é importante em projetos elétricos, pois a partir desse conceito é possível dimensionar a capacidade do sistema elétrico, garantindo o correto funcionamento e evitando problemas como sobrecargas, quedas de tensão ou danos ao sistema elétrico. Entende-se a potência de demanda como sendo a potência elétrica máxima que um sistema necessita para operar em um determinado momento (COTRIM, 2009).

O conceito de potência de demanda é importante porque a partir desse valor é possível dimensionar qual a categoria da entrada de energia do edifício.

Para o cálculo da potência de demanda é importante seguir as normas e regulamentações vigentes na região em que o projeto elétrico será executado, pois cada concessionária estabelece critérios específicos de cálculo. Segundo CERVELIN & CAVALIN (2008) apresenta-se (1) que é utilizada para o cálculo de demanda.

$$D_{inst} = (I_{lum.} + TUG).fd_1 + TUE.fd_2, \quad (1)$$

sendo que:

D_{inst} = Potência de demanda calculada

I_{lum} = Potência do circuito de Iluminação em VA.

TUG = Potência das tomadas de uso geral em VA.

TUE = Potência das tomadas de uso específico em VA.

fd_1 e fd_2 = Fator de demanda conforme as tabelas.

Como variáveis de (1) tem-se os chamados fatores de demanda que são indicados nas Tabela 2 e Tabela 3 , apresentam valores para fd_1 e para fd_2 . Na Tabela 2 é apresentado o fator de demanda que deve ser utilizado para a demanda da iluminação, enquanto que na Tabela 3 apresenta-se o fator de demanda que deve ser utilizado para as TUEs baseando-se na quantidade de circuitos.

Tabela 2 - Fator de demanda para TUG e Iluminação (fd_1)

Linha	Potência (VA)	fd_1
1	0 a 1000	86
2	1001 a 2000	75
3	2001 a 3000	66
4	3001 a 4000	59
5	4001 a 5000	52
6	5001 a 6000	45
7	6001 a 7000	40
8	7001 a 8000	35
9	8001 a 9000	31
10	9001 a 10000	27
11	Acima de 10000	24

Fonte: (CERVELIN & CAVALIN, 2008).

Tabela 3 - Fator de demanda para TUEs

Número de circuitos de TUEs	fd_2 (%)	Número de circuitos de TUEs	fd_2 (%)
1	100	11	49
2	100	12	48
3	84	13	46
4	76	14	45
5	70	15	44
6	65	16	43
7	60	17	41
8	57	18 – 19 - 20	40
9	54	21 – 22 - 23	39
10	52	24 e 25	38

Fonte: (CERVELIN & CAVALIN, 2008).

Nas Tabelas 2 e 3 é exposto os fatores de demanda para iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico respectivamente.

O fator de demanda é uma variável de suma importância para o cálculo de potência de demanda. Fator de demanda é a relação entre a demanda máxima de energia elétrica em um determinado período e a carga elétrica total da instalação (COTRIM, 2009).

No entanto é importante lembrar que para um cálculo de potência de demanda a melhor opção é utilizar a equação e as tabelas sugeridas pelas normas técnicas da concessionária que é responsável pela área onde o projeto elétrico será executado.

2.2.5 Dimensionamentos

O dimensionamento adequado dos componentes elétricos em um projeto é essencial para garantir o correto funcionamento da instalação elétrica. Isso inclui a escolha de equipamentos e dispositivos elétricos compatíveis com as cargas a serem alimentadas, além de determinar a capacidade dos condutores, disjuntores, transformadores e outros componentes necessários para suportar a demanda elétrica da instalação. Um dimensionamento inadequado pode levar a falhas na instalação elétrica, além de colocar em risco a segurança das pessoas e dos equipamentos envolvidos.

Dimensionar os condutores e eletrodutos corretamente é de extrema importância para que uma instalação elétrica funcione de forma segura e eficiente

enquanto os condutores são responsáveis por conduzir a corrente elétrica de um ponto ao outro os eletrodutos são responsáveis por acomodar e proteger os condutores. Portanto para o dimensionamento correto desses itens da instalação elétrica é necessário seguir as normas técnicas e padrões de segurança.

O dimensionamento de condutores se baseia em cumprir alguns itens de forma satisfatória e simultânea esses itens são: limite de temperatura que é determinado pela capacidade de condução de corrente, limite de queda de tensão, capacidade dos dispositivos de proteção contra sobrecargas, capacidade de condução de corrente de curto-circuito por tempo limitado.

A determinação da seção dos condutores é feita pelos critérios de capacidade de condução de corrente e limite de queda de tensão, sendo assim após realizar os cálculos por meio dos dois critérios utiliza-se o resultado que indica a maior seção do condutor (FILHO, 2001).

2.2.5.1 Critério da capacidade de condução de corrente.

O método critério da capacidade de condução de corrente é utilizado para determinar a corrente máxima que um circuito e um condutor podem suportar, sem que haja falha no funcionamento do circuito ou danos, portanto o objetivo é garantir segurança e confiabilidade dos circuitos elétricos. Para utilização desse critério é necessário seguir um roteiro para encontrar a seção dos condutores fase e a partir dessa informação é possível chegar a seção do condutor neutro (N) e Terra (PE) do circuito (FILHO, 2001).

O roteiro exposto por Domingos Leite Lima Filho é uma sequência de itens que devem ser analisados, escolhidos da melhor maneira e calculados os itens são de forma ordenada: Tipo de isolamento, maneira de instalar, calcular a corrente nominal ou corrente de projeto, número de condutores carregados, bitola do condutor para determinada temperatura, fatores de correção e calcular a corrente corrigida.

A escolha do tipo de isolamento do cabo é importante para proteger os condutores elétricos e prevenir curtos-circuitos, garantir as características elétricas, mecânicas e ambientais necessárias para a aplicação, e pode afetar o custo e a vida útil do sistema elétrico. FILHO (2001, p. 110) afirma que " O tipo de isolamento determinará a

temperatura máxima a que os condutores poderão estar submetidos em regime contínuo, em sobrecarga ou em condição de curto-circuito.”

Os tipos de isolamento mais utilizados para cabos de baixa tensão são isolamento PVC, EPR e XLPE. Na Tabela 4 relaciona-se os tipos de isolamento com as temperaturas.

Tabela 4- Temperatura características dos condutores

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 ²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm ²	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

Baseando na Tabela 4 e analisando onde o condutor será instalado e o custo do produto é feita a escolha do tipo de isolamento que será utilizada para cada circuito.

A maneira como vai ser instalado os condutores no edifício pode variar, como por exemplo pode–ser usado eletrocalhas sobre o forro, eletrodutos embutidos ou aparentes, subterrâneos ou em alvenaria, cabos multipolares ou unipolares. Portanto existem diferentes métodos de se instalar um circuito elétrico e, portanto, esses métodos são importantes para o dimensionamento da seção dos cabos do circuito, sendo assim existe uma codificação para cada tipo de método de instalação que são chamados de método de referência.

- A1: condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- A2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- B1: condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- B2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- C: cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira;
- D: cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo;
- E: cabo multipolar ao ar livre;
- F: cabos unipolares justapostos (na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre;

- G: cabos unipolares espaçados ao ar livre. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 99)

Caso um circuito apresente mais de um método de instalação ao longo do seu trecho deve-se considerar o método que apresente a condição mais desfavorável para troca térmica. No anexo 1 desse trabalho é apresentado na tabela 33 da norma 5410:2004 a relação entre o esquema ilustrativo da instalação, a descrição do método e o seu código que é o chamado método de referência. Sendo assim encontrando o método de referência da instalação do circuito parte-se para a próxima etapa que é o cálculo da corrente de projeto (FILHO, 2001).

O cálculo da corrente de projeto é uma etapa fundamental no projeto de instalações elétricas, pois permite dimensionar os condutores elétricos e os dispositivos de proteção de forma adequada. Isso é importante para garantir a segurança das pessoas e dos bens envolvidos, evitando falhas como sobrecarga e curto-circuito. Em resumo, o cálculo da corrente de projeto é essencial para que a instalação elétrica funcione de forma segura e eficiente. Para o cálculo correto da corrente de projeto do circuito é necessário levar em consideração as características do circuito calculado.

Segundo FILHO (2001) para circuitos monofásicos (2) é utilizada, circuitos monofásicos são circuitos com a utilização de fase e neutro.

$$I_p = \frac{P_n}{V \cdot \cos \phi \cdot n} , \quad (2)$$

sendo que:

I_p = Corrente de projeto, em Amperes.

P_n = Potência Nominal do circuito, em Watts.

V = Tensão entre fases ou entre fase e neutro, em Volts.

$\cos \phi$ = Fator de Potência.

n = Rendimento.

Para circuitos com duas fases que são os chamados de circuitos bifásicos é usado para o cálculo da corrente de projeto a mesma equação indicado por (2), com

a distinção que para o cálculo de corrente de um circuito bifásico em relação a um circuito monofásico, sendo ambos calculados para a instalação elétrica de um mesmo edifício a tensão (V), que na equação acima é a tensão entre fase e neutro em um circuito bifásico é a tensão entre fase e fase.

É importante ressaltar que para circuitos puramente resistivos o valor de n que é o rendimento e $\cos \phi$ que é o fator de potência é igual a um.

Existem duas formas de calcular a corrente de projeto de um circuito trifásico a equação a ser utilizada varia conforme as características do circuito, essas características são se o circuito é equilibrado ou desequilibrado, a diferença entre circuitos trifásicos equilibrados e desequilibrados está na distribuição de carga elétrica entre as fases. Em um circuito trifásico equilibrado, as cargas elétricas são distribuídas de forma uniforme entre as três fases, enquanto em um circuito trifásico desequilibrado, as cargas elétricas são distribuídas de forma desigual (FILHO, 2001).

Segundo FILHO (2001) para cálculo de corrente de projeto, (3) é utilizada para circuito trifásico desequilibrado com três fases e o neutro, tensão considerada é a tensão entre fase e neutro.

$$I_p = \frac{P_n}{3.V.\cos \phi.n} \quad (3)$$

Portanto utiliza-se (3) para o cálculo de corrente de projeto para circuitos trifásicos desequilibrados. De acordo FILHO (2001) para cálculo de corrente de projeto para circuitos equilibrados de três fases apresenta-se (4), tensão considerada é a tensão entre as fases.

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3}.V.\cos \phi.n} \quad (4)$$

Utiliza-se (4) para cálculo de corrente de projeto em casos que os circuitos são trifásicos e equilibrados.

O próximo passo para o dimensionamento de condutores seguindo critério da capacidade de condução de corrente é considerar o número de condutores carregados, são considerados condutores carregados os condutores que são

percorridos por corrente quando o circuito está em funcionamento normal, sabendo disso é considerado então condutor carregado os condutores de fase e neutro, o condutor PE não é considerado um condutor carregado, portanto assim é possível calcular a quantidade de condutores carregados de cada circuito.

Após a escolha do tipo de isolamento do condutor, o método que o circuito será instalado, o cálculo de corrente de projeto dos circuitos e o número de condutores carregados de cada circuito, será nesse passo selecionado a bitola dos condutores para cada um dos circuitos do sistema elétrico, considerando uma temperatura ambiente de 30° para condutores não enterrados no solo e 20° para condutores enterrados no solo, com as informações obtidas nos itens anteriores e fazendo consulta nas tabelas 36,37,38 e 39 da norma NBR 5410:2004, essas tabelas encontram-se em nos Anexos 2, 3, 4 e 5. Assim baseando-se no tipo de isolamento, método de instalação, quantidade de condutores carregados e corrente de projeto é selecionado a seção do condutor para cada circuito que de acordo com (FILHO, 2001, p. 113) “ encontraremos a bitola do condutor, que deverá ser aquela que, por excesso atenda o valor da corrente nas condições de instalação definidas para o circuito.”

Consultando os Anexos 2, 3, 4 e 5 e realizando o dimensionamento dos cabos é importante aplicar os fatores de correção. Os fatores de correção ajudam a considerar as condições reais em que um cabo elétrico será instalado, como temperatura e tipo de condutor. Isso é importante porque essas condições podem afetar a capacidade do cabo em conduzir corrente elétrica. Portanto, ao considerar esses fatores no dimensionamento do cabo elétrico, é possível aumentar a segurança e a eficiência da instalação elétrica. Assim é importante aplicar os fatores de correção em todos os circuitos para adequar alguns casos específicos de circuitos na instalação elétrica.

O primeiro fator de correção que será tratado é o FCT (Fator de correção de temperatura), este fator de correção é utilizado para corrigir casos em que os cabos instalados estejam em temperatura diferentes de 30 ° para cabos não enterrados e 20° para cabos enterrados, assim cabos de circuitos que estão expostos a temperaturas distintas dessas que são as temperaturas levadas em conta nas tabelas dos Anexos 2,3,4 e 5 necessitam da utilização do FCT para um melhor dimensionamento.

Como o FCT é uma variável que será utilizada para o cálculo da corrente corrigida (I_p') é necessário obter um valor para essa variável para que posteriormente seja possível calcular a corrente corrigida, utiliza-se os valores contidos na Tabela 5 que entrega valores baseado nas condições de temperatura ambiente.

Na Tabela 5 é estabelecido valores a serem seguidos para o fator de correção de temperatura (FCT).

Tabela 5 - Fatores de correção de temperatura

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	–	0,65
70	–	0,58
75	–	0,50
80	–	0,41
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

Esses valores são utilizados quando a temperatura ambiente para condutores não subterrâneos é diferente de 30° e a temperatura ambiente para condutores subterrâneos é diferente de 20 °.

Outro fator de correção que será utilizado nesse trabalho para o cálculo da corrente corrigida (I_p') é o fator de correção de agrupamento. O fator de correção de

agrupamento (FCA) é utilizado para a correção de corrente em circuitos que estejam instalados conjuntamente com outros circuitos, o que significa casos em que circuitos distintos compartilham o mesmo eletroduto, eletrocalha, perfilado, bandeja dentre outros meios (COTRIM, 2009). Como o FCA também é uma variável e é necessário obter um valor para calcular a corrente de projeto, para encontrar o valor é necessário consultar os Anexos 6,7,8 e 9 que relaciona o método e modo de instalação com o número de circuitos instalados e assim é possível obter um valor para o fator de correção de agrupamento (FCA).

Após aferir o valor de FCT e FCA calcula-se a corrente corrigida(I_p') que é a corrente elétrica máxima que um circuito pode suportar de forma segura e eficiente, levando em consideração as condições reais de operação, como temperatura ambiente e tipo de cabo. De acordo com FILHO (2001) apresenta-se (5) que deve ser utilizada para o cálculo de corrente corrigida.

$$I_p' = \frac{I_p}{FCT.FCA} . \quad (5)$$

Com o valor da corrente corrigida retorna-se as tabelas que estão no Anexo 2, 3, 4 e 5 para que com o valor de corrente corrigida dos circuitos seja possível determinar de forma definitiva a seção dos cabos dos circuitos.

Portanto finaliza-se dessa maneira o dimensionamento de condutores pelo método critério da capacidade de condução de corrente, no entanto também é prudente calcular as correntes dos circuitos com outro método para que dessa forma haja uma comparação entre os dois valores e assim selecionar a seção dos condutores de cada circuito pelo método que indicar a maior seção.

2.2.5.2 Método da queda de tensão.

O método da queda de tensão é importante no dimensionamento dos condutores elétricos porque permite avaliar a perda de tensão ao longo do circuito elétrico, garantindo que a tensão na carga seja adequada para o seu correto funcionamento. O método permite dimensionar a seção adequada do condutor elétrico para minimizar a queda de tensão e garantir uma tensão adequada na carga, o que é essencial para a segurança e eficiência da instalação elétrica.

6.2.7.1 Em qualquer ponto de utilização da instalação, a queda de tensão verificada não deve ser superior aos seguintes valores, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação:

- a) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);
- b) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;
- c) 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- d) 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 115)

A citação acima demonstra como a NBR 5410 trata sobre o assunto queda de tensão a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004, p. 115) afirmar no item 6.2.7.2 que “Em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4%.”, o cálculo da queda de tensão é importante para a determinação de seção dos cabos, e também para assegurar que a queda de tensão dos circuitos da instalação elétrica está conforme a NBR 5410:2004.

Para o cálculo pelo método da queda de tensão é necessários alguns dados que são a maneira de instalar o circuito, material do eletroduto (magnético ou não), Tipo do circuito, corrente de projeto, fator de potência médio do circuito, comprimento do circuito, tipo de isolamento do condutor, tensão do circuito e a queda de tensão admissível. A queda de tensão admissível $e(\%)$ é a perda de energia elétrica permitida em uma instalação elétrica, segundo a norma NBR 5410:2004 (FILHO, 2001).

Para o cálculo de queda de tensão de circuitos de distribuição e circuitos terminais que alimentam apenas uma carga é apresenta-se (6) que calcula o Valor de variação de tensão unitário. E segundo FILHO, (2001) é descrita como:

$$\Delta V_{unit} = \frac{e(\%).V}{I_p \cdot l}, \quad (6)$$

sendo que:

ΔV_{unit} = Valor de variação de tensão unitário.

$e(\%)$ = queda de tensão admissível.

V = Tensão do circuito.

I_p = Corrente de projeto.

l = Comprimento do circuito em km.

Após o cálculo de ΔV_{unit} recorre-se a alguns dados identificados no método anterior para que fazendo as consultas nas tabelas dos Anexos 10,11 e 12 possamos com o valor de ΔV_{unit} identificar a seção do condutor do circuito.

Existe também o método watts x metro que é um método simplificado do método da queda de tensão que é utilizado para calcular a seção dos cabos em circuitos terminais, esse critério pode ser utilizado para pequenas cargas e para instalações residenciais segundo (CREDER, 2016).

É necessário utilizar a tabela que fornece o valor de $\sum(P_{watts} \times l_{metros})$, assim em um circuito multiplica-se a potência dos pontos de carga pela distância da origem do circuito até o respectivo ponto analisado, esse processo é executado para todos os pontos do circuito, assim os valores obtidos de todas multiplicações são somados e comparados com os valores das Tabelas que estão no Anexo 13 e 14, escolhe-se a seção que tem o valor imediatamente superior ao valor calculado. É importante salientar que nesse método o valor de l para efeito de cálculo é utilizado em metros (CREDER, 2016).

Os dois métodos de cálculo apresentados acima são utilizados para calcular os condutores fase, após o cálculo dos condutores fases é necessário calcular os condutores neutro e terra (PE), no entanto com a determinação dos condutores fase é possível determinar rapidamente a seção do neutro e terra, segue na Tabela 6 que proporciona dimensionar o condutor neutro a partir dos condutores de fase.

Tabela 6 - Seção do condutor neutro

Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185
1) As condições de utilização desta tabela são dadas em 6.2.6.2.6.	

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

É possível também determinar a seção do condutor terra com o valor da seção do condutor fase da mesma maneira determina-se o condutor neutro na Tabela 7.

Tabela 7- Seção do condutor terra

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

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

Dessa maneira foi apresentado duas formas para o cálculo de seção dos condutores fase e também como é calculado o condutor neutro e terra.

Não é obrigatório a utilização de mais de um método para o cálculo da seção dos condutores, no entanto, é importante que seja utilizado pelo menos um método confiável e adequado para garantir que a seção do condutor escolhida seja suficiente para suportar a corrente elétrica e evitar problemas como queda de tensão excessiva, aquecimento e sobrecarga.

2.2.5.3 Dimensionamento dos eletrodutos.

O dimensionamento adequado dos eletrodutos é crucial para garantir a segurança e a eficiência da instalação elétrica. Os eletrodutos são responsáveis por proteger os cabos elétricos contra danos mecânicos e ambientais, além de facilitar a instalação e manutenção dos cabos.

A instalação dos eletrodutos e das suas conexões deve ser feita de forma que proteja os circuitos que por ele passa e também deve prever uma fácil manutenção, dessa forma é possível prever uma área máxima de ocupação dos condutores de forma a assegurar proteção e facilidade na manutenção. As taxas de ocupação são: 54% no caso de um condutor, 31% no caso de dois condutores e 40% no caso de três ou mais condutores.

O eletroduto também deve suportar demandas mecânicas, químicas, elétricas e térmicas com o intuito de proteger os circuitos elétricos, segundo CREDER (2016).

Para o cálculo da dimensão de um eletroduto, segundo CREDER (2016) utiliza-se (7) que permite dimensionar o diâmetro dos eletrodutos que devem ser instalados.

$$Di = \sqrt{\frac{4 \times \sum A_{cond}}{f \times \pi}}, \quad (7)$$

sendo:

$\sum A_{cond}$ = Soma das áreas externas dos condutores, em milímetros quadrados

$f = 0,53$ no caso de um condutor.

$f = 0,31$ no caso de dois condutores.

$f = 0,40$ no caso de três ou mais condutores.

Após o cálculo de Di tem-se como resultado ao valor necessário de diâmetro do eletroduto, portanto eletroduto com o diâmetro superior mais próximo a esse valor deve ser selecionado.

2.2.5.4 Dimensionamento dos dispositivos de proteção.

Os dispositivos de proteção mais comuns em instalações elétricas prediais de baixa tensão são: disjuntores, fusíveis, DRs (Dispositivos Diferenciais Residuais) e DPSs (Dispositivos de Proteção contra Surtos).

O disjuntor é responsável por interromper o circuito em caso de sobrecarga ou curto-circuito, protegendo os equipamentos e as pessoas da instalação. O fusível, assim como o disjuntor, tem a função de interromper o circuito em caso de sobrecarga ou curto-circuito, mas é uma opção mais antiga e menos versátil.

O DR é um dispositivo de segurança que detecta correntes de fuga à terra, interrompendo o circuito e evitando choques elétricos. Já o DPS é um dispositivo que protege os equipamentos da instalação contra sobre tensões, evitando danos e interrupções no fornecimento de energia elétrica.

O uso adequado e dimensionamento correto desses dispositivos de proteção é fundamental para garantir a segurança da instalação elétrica e dos seus usuários.

Um disjuntor é um dispositivo de proteção elétrica que tem como função interromper a corrente elétrica em caso de sobrecarga ou curto-circuito, evitando danos aos equipamentos e prevenindo riscos de incêndios e choques elétricos. O disjuntor pode ser dimensionado de acordo com a carga elétrica a ser protegida, levando em consideração fatores como a corrente nominal, a capacidade de interrupção e o tempo de atuação. As normas técnicas que regulamentam a utilização de disjuntores em instalações elétricas são a NBR 5410 e a NBR 60898.

O dimensionamento do disjuntor em uma instalação elétrica é feito com base na corrente de projeto do circuito e na corrente nominal do disjuntor. O valor da corrente nominal do disjuntor deve ser maior ou igual à corrente de projeto do circuito, a fim de garantir a proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos para o dimensionamento correto de um disjuntor importante é importante ser considerado no dimensionamento do disjuntor a sua curva de atuação, que define a capacidade de interrupção de corrente do dispositivo em diferentes condições de sobrecarga e curto-circuito. A escolha da curva de atuação deve ser feita de acordo com as características da carga e a necessidade de proteção da instalação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

De acordo com (FILHO, 2001) é importante ter uma coordenação entre dois itens do circuito elétrico o dispositivo de proteção , muitas vezes o disjuntor, e os condutores. De maneira que em seu livro ele sugere equações para o dimensionamento correto do dispositivo de proteção apresenta-se (8) e (9).

$$I_b \leq I_n \leq I_z. \quad (8)$$

$$I_2 \leq 1,45.I_z, \quad (9)$$

sendo:

I_b = Corrente de projeto corrigida calculada para o circuito.

I_n = Corrente Nominal do dispositivo de proteção.

I_z = Capacidade de condução de corrente dos condutores.

I_2 = Corrente que assegura a atuação do dispositivo de proteção.

Portanto utilizando (1) é dimensionado a corrente nominal do disjuntor, no entanto para o correto dimensionamento é importante atentar-se a curva do disjuntor.

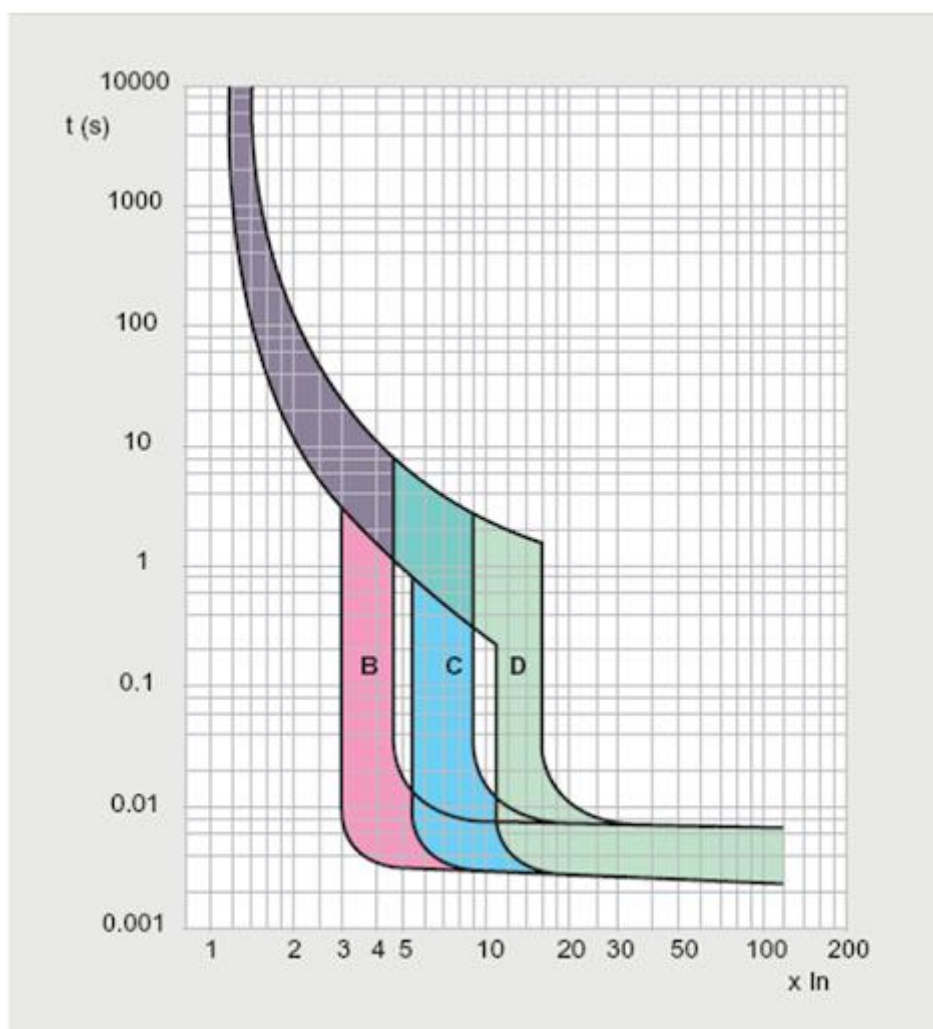
Curvas de disjuntor são representações gráficas que demonstram o comportamento do dispositivo de proteção em relação à corrente elétrica. Essas curvas permitem selecionar o tipo de disjuntor mais adequado para cada tipo de circuito que esse disjuntor será aplicado, a representação gráfica considera os valores de corrente elétrica de curto-circuito e sobrecarga do sistema.

As curvas mais comuns de disjuntores são B, C e D, que apresentam diferentes tempos de atuação em relação ao aumento da corrente elétrica, a curva B é indicada para proteção de circuitos com cargas leves e que apresentam baixa corrente de curto-circuito, curva C é indicada para circuitos com cargas mais pesadas e com corrente de curto-circuito moderada e a curva D é indicada para circuitos com cargas pesadas e corrente de curto-circuito alta.

Os disjuntores tipo B são comumente utilizados para proteger circuitos de iluminação e tomadas de uso geral, disjuntores tipo C são utilizados para proteger

circuitos de tomadas com equipamentos de maior potência, na maioria das vezes são as tomadas de uso específico como chuveiros elétricos e aparelhos de ar-condicionado, já os disjuntores tipo D são utilizados em circuitos de alimentação de motores elétricos de alta potência, como em máquinas industriais e sistemas de climatização central (FILHO, 2001). Na Figura 2 é apresentado as curvas de disjuntores.

Figura 2- Exemplo de curva de disjuntores



Fonte: (MARTIM, 2017)

É exemplificado na Figura 2 o comportamento dos disjuntores de diferentes curvas de disparo em um gráfico de corrente nominal por tempo essa figura mostra o tempo de atuação conforme a corrente de cada tipo de disjuntor.

Outros dispositivos de proteção em um sistema elétrico que possuem grande importância são os DR e IDR. Os dispositivos DR (Diferencial Residual) são

dispositivos de proteção contra choques elétricos em instalações elétricas, esses dispositivos possuem três funções importantes, os dispositivos atuam ao detectar uma diferença de corrente entre a fase e o neutro da instalação elétrica, e por isso podem detectar a presença de uma corrente residual, também podem avaliar essa corrente e desarmar caso essa corrente residual exceda o valor de referência especificado, também é uma das funções do DR a possibilidade de interromper o circuito em qual ele está instalado (COTRIM, 2009).

Segundo ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004) é obrigatório o uso de DRs com corrente diferencial-nominal abaixo de 30mA em alguns casos especificados no item 5.1.3.2.2.

Além dos casos especificados na seção 9, e qualquer que seja o esquema de aterramento, devem ser objeto de proteção adicional por dispositivos a corrente diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal $I\Delta_n$ igual ou inferior a 30 mA:

- a) os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro (ver 9.1);
- 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. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 49)

Portanto esses são os casos obrigatórios pela Norma NBR 5410:2004. Os DRs possuem tipos, são eles tipo A tipo AC e tipo B a utilização dos tipos de DR variam com a sua função e forma de onda do circuito que o dispositivo será instalado, também é importante salientar que existem DRs com correntes nominais distintas de 30mA e sendo assim com correntes nominais maiores assim os DRs com correntes nominais maiores podem ser usados também para proteção contra incêndios. No entanto é sempre importante consultar a norma NBR 5410:2004 sobre a instalação de DR baseando-se nas características do circuito em que se pretende instalar esse tipo de dispositivo (CERVELIN & CAVALIN, 2008).

O DPS é um dispositivo de proteção contra surtos elétricos que tem como objetivo proteger equipamentos eletroeletrônicos e instalações elétricas de danos

causados por sobretensões transitórias. Ele atua desviando as sobretensões elétricas para o solo, evitando que cheguem aos equipamentos e danifiquem seus componentes. O uso de DPS é recomendado em instalações elétricas onde há riscos de danos causados por descargas atmosféricas, manobras na rede elétrica ou outros eventos que possam gerar sobretensões (COTRIM, 2009).

Segundo a ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2004) que no seu item 5.4.2 apresenta as condições de obrigatoriedade de utilização do DPS. É necessário a utilização de DPS em linhas de energia quando a instalação for alimentada por uma linha total ou parcialmente aérea ou a própria instalação possuir linha aérea e a região dessa instalação estiver sobre área de influência externa AQ2. Outro caso que a norma coloca como a obrigatoriedade é caso a instalação elétrica se situe em área com influência externa AQ3, dessa maneira qual quer tipo de instalação que esteja inserida nesses dois contextos citados acima necessitam do uso de DPS. Na Tabela 8 é classificado as áreas de acordo com as descargas atmosféricas.

Tabela 8 - Classificação para áreas baseado em descargas atmosféricas

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos
AQ1	Desprezíveis	≤ 25 dias por ano	—
AQ2	Indiretas	> 25 dias por ano Riscos provenientes da rede de alimentação	Instalações alimentadas por redes aéreas
AQ3	Diretas	Riscos provenientes da exposição dos componentes da instalação	Partes da instalação situadas no exterior das edificações

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

Para o dimensionamento correto é importante a consulta das normas NBR 5410:2004, NBR 5419:2005 para que baseando-se nesse documento seja possível calcular corretamente o DPS que deve ser utilizado em cada tipo de instalação, no entanto alguns parâmetros como classe do DPS, que escolhido devido ao tipo de instalação, U_c (máxima tensão de operação contínua) que é escolhido baseando se na tensão da instalação, U_p (nível de proteção) esse dado pode ser obtido na Tabela 9, $I_{máx}$ é a corrente máxima que um DPS pode ser submetido entorno de 2 vezes, I_n é a corrente nominal do DPS corrente na qual o dispositivo pode ser submetido por

volta de 20 vezes. Com o dimensionamento desses dados e auxílio das normas NBR 5410 e NBR 5419 para analisarmos caso a caso é possível dimensionar corretamente o dispositivo de proteção contra surto. É exposto na Tabela 9 informações que permite o dimensionamento do valor correto de U_p .

Tabela 9 - Suportabilidade para cálculo de U_c

Tensão nominal da instalação V		Tensão de impulso suportável requerida kV			
		Categoria de produto			
Sistemas trifásicos	Sistemas monofásicos com neutro	Produto a ser utilizado na entrada da instalação	Produto a ser utilizado em circuitos de distribuição e circuitos terminais	Equipamentos de utilização	Produtos especialmente protegidos
		Categoria de suportabilidade a impulsos			
		IV	III	II	I
120/208 127/220	115-230 120-240 127-254	4	2,5	1,5	0,8
220/380, 230/400, 277/480	—	6	4	2,5	1,5
400/690	—	8	6	4	2,5
NOTAS 1 O anexo E traz orientação sobre esta tabela. 2 Valores válidos especificamente para seccionadores e interruptores-seccionadores são dados na tabela 50. 3 Para componentes associados a linhas de sinal utilizados na entrada da instalação (categoria IV de suportabilidade), a tensão de impulso suportável mínima é de 1 500 V (ver IEC 61663-2).					

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

2.2.6 Quadro de distribuição e diagramas

Os diagramas e quadros elétricos são elementos fundamentais em uma instalação elétrica, uma vez que são responsáveis pela organização e distribuição da energia elétrica. Os diagramas elétricos mostram a distribuição dos circuitos e a lógica de funcionamento do sistema elétrico, permitindo uma melhor compreensão do funcionamento do sistema. Já os quadros elétricos abrigam os dispositivos de proteção, como disjuntores, DR e DPS, além dos quadros de comando que abrigam dispositivos de manobra e controle, como chaves e contadores dentre outros dispositivos. Esses elementos são essenciais para garantir a segurança da instalação e dos usuários, além de permitir a manutenção e reparo em caso de falhas ou

problemas. Dessa forma, é importante que o dimensionamento e projeto dos diagramas e quadros elétricos sejam realizados de acordo com as normas e regulamentações vigentes, visando garantir a eficiência, segurança e confiabilidade da instalação elétrica.

A simbologia no desenvolvimento de um projeto elétrico é de extrema importância, pois é através que se representa de forma clara e precisa os elementos que compõem a instalação elétrica. Com a utilização de símbolos padronizados, é possível facilitar a leitura e interpretação do projeto por parte dos profissionais envolvidos na execução, manutenção e operação da instalação elétrica. Contribui também para a segurança de uma instalação elétrica pois por meio dela diminui drasticamente a possibilidade de erros de interpretação na montagem de um sistema elétrico. A Norma 5444:1989 que apesar de já ter sido cancelada é uma norma que se tem como base para a utilização da simbologia em projetos elétricos, no entanto a simbologia em um projeto elétrico fica a critério do projetista, é de grande importância as legendas em um projeto. Nas Tabelas 10 e 11 que segundo (CREDER, 2016) apresenta os símbolos mais usualmente utilizados e os símbolos da norma 5444:1989.

Tabela 10 - Simbologia de projetos elétricos parte 1

Designação	Usual	NBR 5444	Designação	Usual	NBR 5444
a) Luminárias, refletores e lâmpadas			b.8) Condutor de retorno no eletroduto		
a.1) Luz incandescente no teto			b.9) Condutor terra no eletroduto		
a.2) Luz incandescente na parede			b.10) Cordoalhinha de terra		
a.3) Luz incandescente no teto (embutido)			b.11) Leito de cabos		
a.4) Luz fluorescente no teto			b.12) Caixa de passagem no piso		
a.5) Luz fluorescente na parede			b.13) Caixa de passagem no teto		
a.6) Luz fluorescente no teto (embutido)			b.14) Caixa de passagem na parede		
a.7) Luz incandescente no teto (vigia/emergência)			b.15) Eletroduto que sobe		
a.8) Luz fluorescente no teto (vigia/emergência)			b.16) Eletroduto que desce		
a.9) Sinalização de tráfego (rampas, entradas etc.)			b.17) Eletroduto que passa descendo		
a.10) Sinalização			b.18) Eletroduto que passa subindo		
a.11) Refletor			b.19) Sistema de calhas no piso:		
a.12) Poste com duas luminárias (externa)			I - Luz e força		
a.13) Lâmpada obstáculo			II - Telefone		
a.14) Minuteria			III - Telefone (PABX, KS, ramais)		
a.15) Luz de emergência na parede (independente)			IV - Especiais (CO-MUNICAÇÕES)		
a.16) Exaustor			b.20) Condutor de 1,0 mm² fase para campainha		
b) Eletrodutos e distribuição			b.21) Condutor de 1,0 mm² neutro para campainha		
b.1) Embutido no teto ou parede			b.22) Condutor de 1,0 mm² retorno para campainha		
b.2) Embutido no piso			c) Quadros de distribuição		
b.3) Telefone no teto			c.1) Quadro parcial aparente (luz e força)		
b.4) Telefone no piso			c.2) Quadro parcial embutido (luz e força)		
b.5) Campainha, som, anunciador			c.3) Quadro geral aparente (luz e força)		
b.6) Condutor-fase no eletroduto					
b.7) Condutor neutro no eletroduto					

Fonte: (CREDER, 2016)

Tabela 11 - Simbologia de projetos elétricos parte 2

Designação	Usual	NBR 5444	Designação	Usual	NBR 5444
c.4) Quadro geral embutido (luz e força)			e.2) Ponto de tomada média (1 300 mm do piso)		
c.5) Caixa de telefone			e.3) Ponto de tomada alta (2 000 mm do piso)		
c.6) Caixa para medidor			e.4) Ponto de tomada de luz no piso		
d) Interruptores			e.5) Ponto de tomada para rádio e tv		
d.1) Uma seção	S		e.6) Relógio elétrico no teto		
d.2) Duas seções	S ₂		e.7) Idem na parede		
d.3) Três seções	S ₃		e.8) Saída de som no teto		
d.4) Paralelo ou three-way	S _w		e.9) Idem na parede		
d.5) Intermediário ou four-way	S _{4w}		e.10) Cigarra		
d.6) Botão de minuteria			e.11) Campainha		
d.7) Botão com campainha na parede			e.12) Quadro anunciador (4 chamadas)		
d.8) Botão de campainha no piso			e.13) Ponto de tomada de telefone na parede (externa)		
d.9) Fusível			e.14) Ponto de tomada de telefone na parede (interna)		
d.10) Chave seccionadora com fusível (abertura sem carga)			e.15) Ponto de tomada de telefone no piso (externa)		
d.11) Chave seccionadora com fusível (abertura em carga)			e.16) Ponto de tomada de telefone no piso (interna)		
d.12) Chave seccionadora (abertura sem carga)			f) Motores e transformadores		
d.13) Chave seccionadora (abertura em carga)			f.1) Gerador (indicar as características)		
d.14) Disjuntor a óleo			f.2) Motor		
d.15) Disjuntor a seco			f.3) Transformador de potência		
d.16) Chave reversora			f.4) Transformador de corrente		
e) Ponto de tomada			f.5) Transformador de potencial		
e.1) Ponto de tomada de luz na parede, baixa (300 mm do piso acabado)					

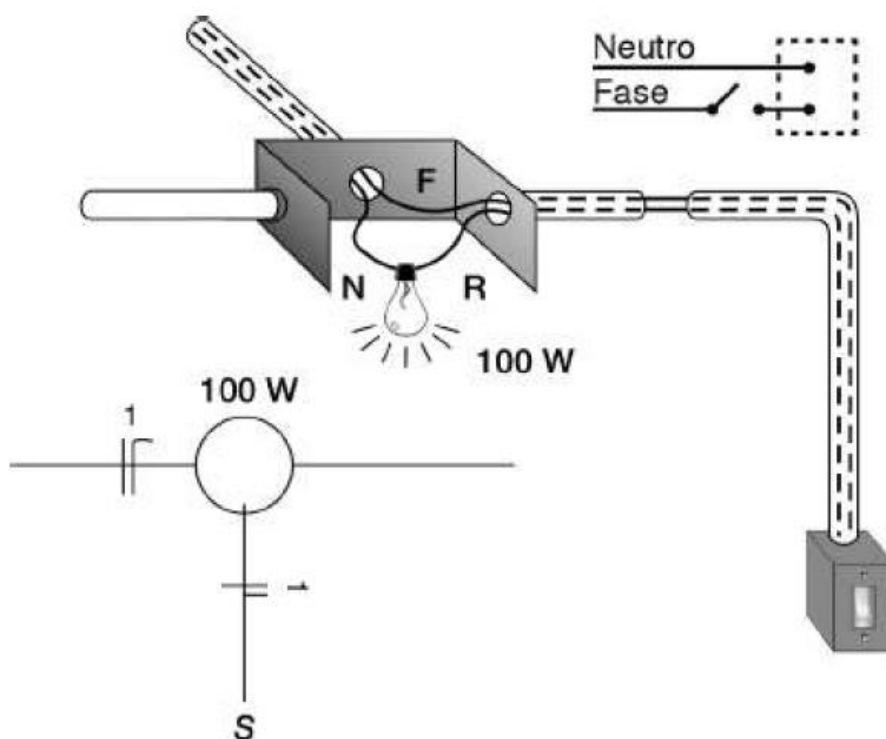
Fonte: (CREDER, 2016)

Nesse trabalho utilizou-se como base a simbologia usual e da norma 5444:1989 mostradas nas Tabelas 10 e 11, no entanto alguns símbolos distintos dos apresentados nessas tabelas foram usados e também apresentados na legenda do projeto. É importante destacar os símbolos que são utilizados pela maioria da projetista que são os símbolos que representam os cabos de fase, retorno, neutro e terra que estão contidos no item b) da Tabela 11, esses símbolos foram usado no projeto desse trabalho.

Para exemplificar a utilização da simbologia e demonstrar exemplos de diagramas unifilares será apresentado o modo de instalação dos interruptores que são dispositivos de comando.

Os interruptores são dispositivos elétricos que têm a função de interromper ou estabelecer o fluxo de corrente elétrica em um circuito elétrico. Eles são responsáveis por controlar a alimentação de energia elétrica em uma instalação, permitindo que os usuários possam ligar e desligar equipamentos e luminárias de forma segura e prática, é importante ressaltar que os interruptores devem interromper unicamente os condutores fase e nunca os condutores neutros (CREDER, 2016). É apresentado na Figura 3 o modo de instalação o diagrama trifilar e unifilar da instalação desse tipo de dispositivo.

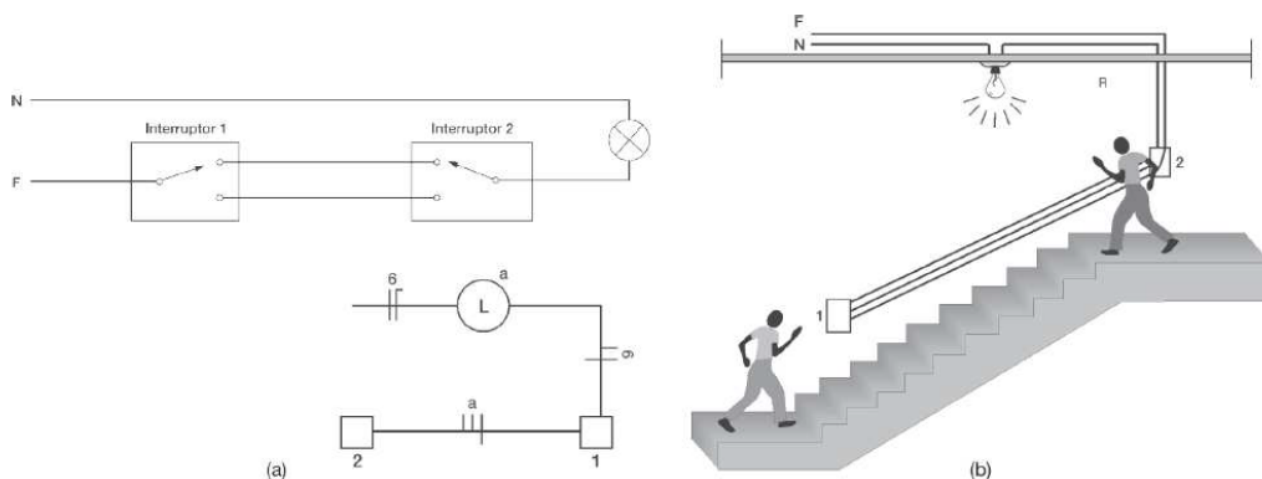
Figura 3 - Interruptor simples



Fonte: (CREDER, 2016)

Na Figura 3 mostra-se como deve ser feita a instalação de um interruptor simples, na Figura 4 mostra-se como deve ser feita a instalação de interruptores paralelos, existem outras formas de instalação de interruptores, no entanto no projeto desenvolvido nesse trabalho foi utilizado apenas esses dois métodos de instalação de interruptores .

Figura 4 - Interruptor Paralelo

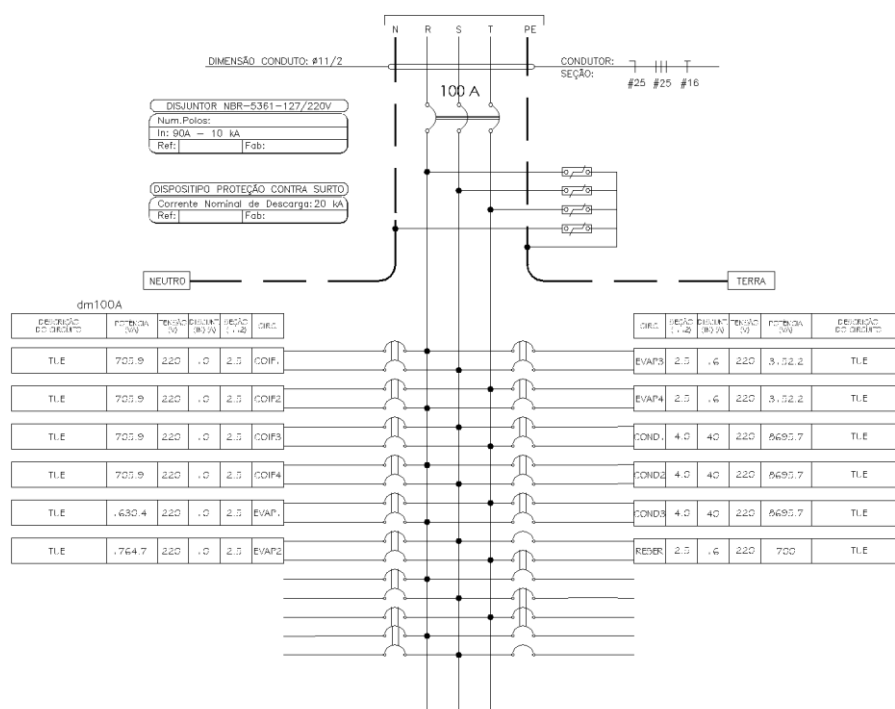


(a) Esquemas do "Three-way". (b) Exemplo do emprego do "Three-way".

Fonte: (CREDER, 2016)

O diagrama trifilar é uma representação gráfica que exhibe de forma clara e simplificada a disposição dos componentes e condutores elétricos em um quadro elétrico. É importante para facilitar a visualização e identificação dos circuitos elétricos, permitindo a análise e o diagnóstico de possíveis falhas e garantindo a segurança na operação do sistema elétrico. Além disso, o diagrama trifilar auxilia no dimensionamento correto dos condutores e na seleção adequada dos dispositivos de proteção, como disjuntores e DRs. Portanto, sua utilização é essencial na elaboração de projetos elétricos e na manutenção dos sistemas elétricos existentes. Na Figura 5 tem-se como exemplo um padrão de projeto de quadro elétrico que pode ser utilizado para o desenvolvimento de outros quadros de distribuição.

Figura 5 - Padrão de diagrama trifilar de quadro elétrico



Fonte: Próprio Autor.

Para a correta distribuição dos circuitos em um quadro elétrico é necessário aplicar-se o conceito de equilíbrio de fases, esse conceito refere à distribuição equilibrada de carga elétrica entre as fases de um sistema trifásico, de modo que a corrente elétrica seja distribuída de forma uniforme e balanceada entre as fases.

A distribuição equilibrada das cargas nas fases é essencial para garantir o correto funcionamento dos equipamentos elétricos e prevenir problemas como sobrecargas, desequilíbrios de tensão e outros problemas que podem levar a falhas ou danos no sistema elétrico. Portanto para a montagem de um quadro elétrico é necessário uma divisão das cargas entre as fases o mais igual quanto possível (NERY, 2019).

A Norma NBR 5410:2004 também afirma “4.2.5.6 As cargas devem ser distribuídas entre as fases, de modo a obter-se o maior equilíbrio possível” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 18).

3 METODOLOGIA

Após o estudo dos conceitos, a planta de uma residência básica foi utilizada para desenvolver esse projeto, e assim apresentar o passo a passo de como um projeto elétrico predial é desenvolvido.

Em seguida, para desenvolver o projeto será utilizada a ferramenta computacional AutoCAD, que possui recursos específicos para desenho técnico. Através deste software, foi possível criar o diagrama unifilar, diagrama trifilar, quadros de carga, distribuição dos circuitos elétricos, além de permitir a inserção dos símbolos. Com base nesse projeto elétrico, serão calculados os valores de demanda e cargas elétricas, definidas as características dos dispositivos de proteção, tais como disjuntores e dispositivos DR, bem como a escolha dos condutores elétricos adequados para cada circuito.

O AutoCad é um software de desenho técnico amplamente utilizado para criação de projetos em diversas áreas, incluindo engenharia e arquitetura. O software oferece ferramentas para desenho de objetos em duas e três dimensões, além de recursos para dimensionamento, anotações e visualizações em diferentes perspectivas. Por meio do AutoCad, é possível criar desenhos precisos e detalhados, possibilitando a criação de projetos elétricos de forma mais eficiente e com maior precisão. O software permite a elaboração de diagramas e esquemas elétricos de forma organizada e padronizada.

Portanto nesse trabalho aplicou-se toda a teoria apresentada na revisão bibliográfica no desenvolvimento de um projeto elétrico de uma residência molde.

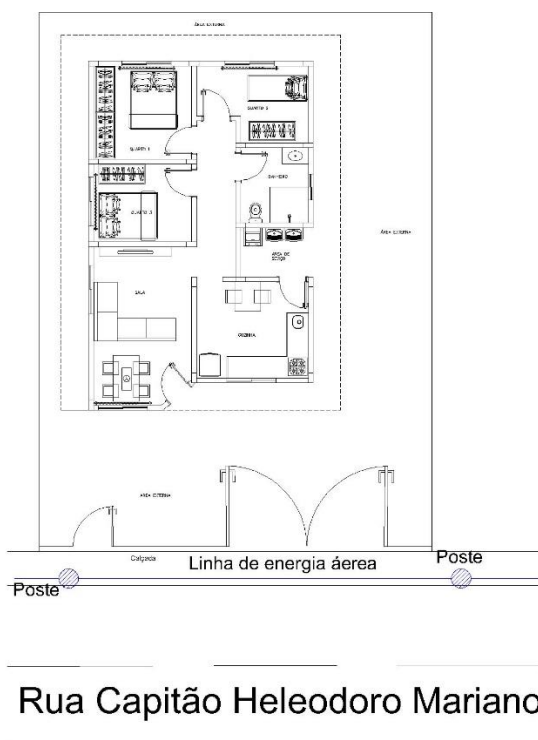
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em resultados e discussões foi desenvolvido, analisado e apresentado os passos de um projeto de instalação elétrica predial de baixa tensão. Nesta etapa, será possível demonstrar como são feitas as escolhas durante o projeto e discutir o motivo das escolhas e soluções adotadas. Com base nesses resultados, será possível fornecer conclusões e recomendações importantes para o desenvolvimento de futuros projetos elétricos. Nesta seção, serão apresentados os resultados obtidos, bem como a análise crítica desses resultados.

4.1 INFORMAÇÕES PRELIMINARES

O primeiro item necessário para o desenvolvimento de um projeto elétrico predial é a planta arquitetônica do edifício e saber onde será a localização do edifício, a planta arquitetônica do edifício é apresentada na Figura 7, e o edifício se localizará no município de Muzambinho, Minas Gerais onde a concessionária de energia responsável por essa área é a CEMIG. Na Figura 6 é apresentada a posição do edifício em relação a rua e a linha de distribuição de energia.

Figura 6 - Posição do edifício referente a rua e a linha elétrica

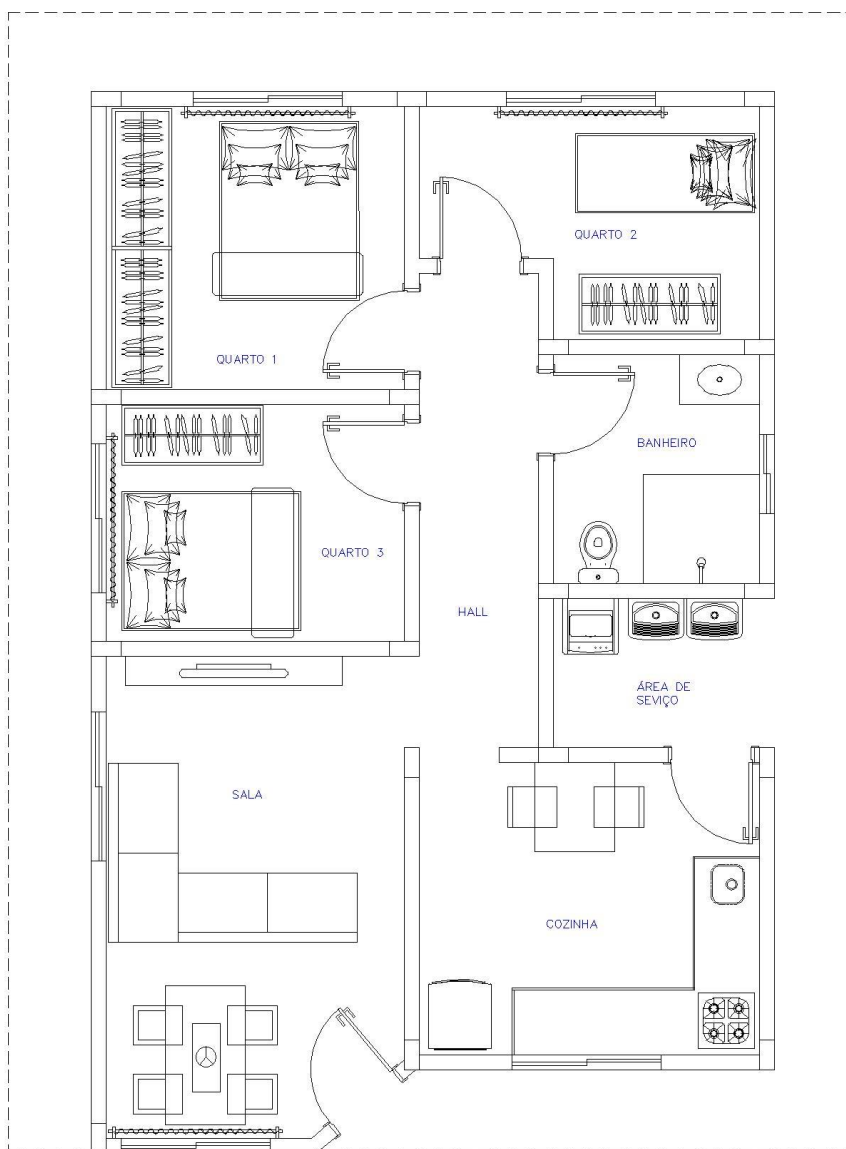


Fonte: Próprio Autor

Com o acesso a planta arquitetônica do edifício é possível distribuir os pontos de energia, com base na necessidade do usuário.

Apresenta-se na Figura 7 a parte interior da residência para que assim seja possível observar melhor a disposição, dos cômodos e dos moveis, a residência que foi utilizada como exemplo para o desenvolvimento de um projeto elétrico possui 69,96 m² de área construída.

Figura 7 - Planta da residência



Fonte: (G. MASTER ELÉTRICA E AUTOMAÇÃO, 2018)

4.2 LEVANTAMENTO DE CARGAS

Para desenvolver o projeto foi feito o levantamento de cargas, para a distribuição dos pontos de energia montou-se na Tabela 12 a relação entre o cômodo e suas dimensões, para assim, ser possível dimensionar os pontos e a potência dos pontos de cada cômodo de forma que não fique subdimensionados.

Tabela 12 - Dimensão dos cômodos

Cômodo	Área (m ²)	Perímetro(m)
Sala	14,32	15,5
Cozinha	10,08	12,95
Hall/Corredor	5,69	11,94
Área de serviço	3,33	7,44
Banheiro	4,76	8,74
Quarto 3	7,14	10,76
Quarto 2	6,93	11,54
Quarto 1	8,55	11,7

Fonte: Próprio Autor

Com a informação das dimensões dos cômodos da residência é possível iniciar os pontos de distribuição de carga. Primeiramente foi distribuído as cargas de iluminação, baseado no item 9.5.2.1.2 da NBR 5410:2004, em alguns cômodos devido a sua geometria ao invés de se dimensionar apenas um ponto de iluminação com a potência exigida pela norma optou-se por aumentar o número de pontos de iluminação no ambiente e dimensionar e distribuir a potência de iluminação exigida pela norma em mais pontos de iluminação, por exemplo nos quartos onde a norma exige um dimensionamento de 100 VA, para uma distribuição de pontos de iluminação mais condizente com a realidade optou-se por colocar dois pontos de instalação de iluminação com o dimensionamento de 50 VA cada um dos pontos. Na Figura 8 é demonstrado a distribuição e dimensionamento de potência dos pontos de iluminação e tomada.

de perímetro sendo que esses pontos devem ser espaçados uniformemente quanto possível.

No projeto desenvolvido nesse trabalho observa-se que todos os quartos possuem mais de 10 metros de perímetro e, portanto, há a necessidade de pelo menos 3 pontos de tomada em todos os quartos do edifício, no quarto 1 houve o dimensionamento de 4 tomadas devido à disposição do ambiente e prevendo alguns equipamentos que podem ser utilizados futuramente como uma televisão. Na sala segundo a norma precisaríamos de 5 pontos de utilização de energia devido ao seu perímetro que é de 15,5 metros, no entanto devido à disposição dos moveis e pensando na necessidade do usuário foi disponibilizado 9 pontos de tomada. Para o Hall a disposição de 3 pontos de tomada foi considerada suficiente.

A NBR 5410:2004 trata banheiros de forma especifica a norma exige pelo menos um ponto de tomada próximo ao lavatório, no entanto para a instalação desse ponto de tomada existem algumas restrições de onde o ponto pode ser instalado e quais cuidados devem ser tomados essas especificações estão no item 9.1 da norma NBR 5410:2004, esse item da norma também trata dos cuidados do ponto de energia para alimentação do chuveiro que também foi dimensionado na figura acima e encontra-se indicado como uma tomada alta ao lado do chuveiro.

Em cozinhas e áreas de serviço é exigido que haja pelo menos um ponto de tomada a cada 3,5 metros ou fração de perímetro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004). No projeto desenvolvido foi considerado com uma boa pratica dimensionar 4 pontos para a área de serviço para que o usuário possa utilizar uma maior quantidade de eletrodomestico, a norma NBR 5410:2004 exige para um perímetro de 7,44 metros apenas 4 pontos de tomada.

A Cozinha que tem perímetro de 12,95 metros é requerido 4 pontos, pensando em um maior conforto do usuário foram dimensionados 8 pontos de tomada para uma maior facilidade na utilização dos utensilios eletricos de cozinha, além de também ter sido dimensionado uma TUE para a futura instalação de um microondas.

Após distribuir os pontos pela residência é preciso dimensionar a potência de cada ponto, assim seguindo a norma NBR 5410:2004 para as tomadas dos quartos, sala e corredor cada ponto de tomada foi dimensionado com 100 VA, nenhuma tomada de uso especifico foi dimensionada para essas áreas.

Para o banheiro, cozinha e área de serviço, nota-se que a soma de tomadas nos ambientes banheiro, cozinha e área de serviço é de 13 tomadas dessa forma a norma no seu item 9.5.2.2.2 permite que atribua-se 600 VA para os dois primeiros pontos de tomada de cada um desses cômodos e 100 VA para os demais pontos de tomada, no banheiro foi dimensionado uma TUE para o chuveiro com potência de 6000 VA enquanto que na cozinha também foi dimensionado uma TUE para o microondas com 1000 VA. Finalizando o levantamento de todas as cargas é possível calcular a carga total da residência na Tabela 13 é separado as cargas em cargas de iluminação, TUE e TUG e assim, é possível analisar a procedência das cargas e o total de carga instalada no sistema.

Tabela 13 - Procedência e soma das Cargas

Procedência da Carga	Potência (W)
ILUMINAÇÃO	1280
TUG	7700
TUE	7000
TOTAL	15980 W

Fonte: Próprio Autor

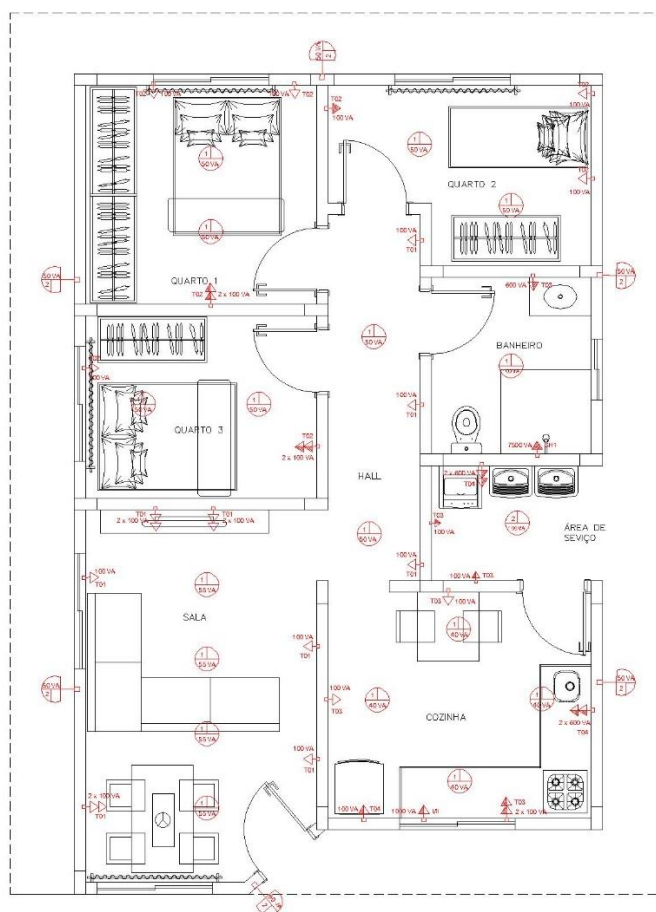
Após o passo do levantamento de cargas é possível levantar a potência total que é de 15680 W. considera-se para essa instalação residencial que os fatores de potência dos circuitos será igual a 1, portanto utilizando esse valor para o fator de potência e utilizando 1 para o rendimento de todos os circuitos podemos concluir que no caso dos circuitos dimensionados no projeto teremos um valor numérico igual para a potência ativa e para a potência aparente, assim sendo, o valor numérico da potência aparente dimensionada será igual ao valor numérico da potência ativa dimensionada, nesse caso simplificará os cálculos e já que pela potência total instalada é possível prever que não será necessário cálculo de demanda.

Em um projeto solicitado por um cliente após essa fase de levantamento de cargas e posicionamento dos pontos de utilização é requerido uma conferência do cliente para ver se o mesmo está de acordo com a distribuição dos pontos e para colher algumas informações sobre algum equipamento que será necessário o uso de uma TUE.

4.3 DIVISÃO DA INSTALAÇÃO

A divisão da instalação em circuitos é feita pelo projetista de forma a garantir segurança do usuário e bom funcionamento do sistema elétrico, é evidente que alguns preceitos para segurança devem ser seguidos e esses preceitos são indicados nos itens 4.2.5 e 9.5.3 da Norma NBR 5410:2004, parte do projetista o entendimento do sistema elétrico e como deverá ser feita essa divisão da instalação, na Figura 9 será exposto a divisão da instalação do projeto desenvolvido.

Figura 9 - Projeto em desenvolvimento com divisão de circuitos



Fonte: Próprio Autor

A instalação elétrica do projeto desenvolvido foi dividida da forma apresentada na Tabela 14 que mostra o nome do circuito a potência e a tensão prevista para cada um dos circuitos.

Tabela 14 - Nome do circuito, tensão e potência

Circuito	Tensão (V)	Potência (W)
1	127	980
2	127	300
T01	127	1200
T02	127	1000
T03	127	1200
T04	220	2500
MI	220	1000
CH1	220	6000
RES 1	220	600
RES 2	220	600
RES 3	220	600

Fonte: Próprio Autor

Na Tabela 14 é exposto que o sistema elétrico desenvolvido foi dividido em 8 circuitos os circuitos 1 e 2 são referentes aos circuitos de iluminação enquanto o circuito 1 é o circuito da iluminação interna o circuito 2 é o circuito da iluminação externa, ambos os circuitos possuem a tensão de 127 V que é uma tensão muito utilizada para alimentação de luminárias residenciais, a separação dos circuitos de iluminação e tomadas se aplica no projeto desenvolvido por isso houve essa separação que respeita os itens 4.2.5 e 9.5.3 da NBR 5410:2004.

Os circuitos de tomada T01 e T02 são circuitos de 127 V em que o T01 é o circuito de tomadas da sala e do hall/corredor enquanto que o circuito T02 é o circuito de tomadas de todos os quartos, a intenção dessa separação foi dividir o circuito de tomadas em ambientes que são mais semelhantes além de também não reunir muitas tomadas no mesmo circuito preocupando-se com o dimensionamento futuro de condutores com seção menor, devido ao aumento de custo com o aumento da seção do condutor.

Pensando em uma futura proteção por DR devido as áreas contempladas pelo circuito T03 serem áreas que podem ser áreas molhadas no momento da limpeza e até mesmo no dia a dia de sua utilização, separou-se para o circuito T03 as tomadas com tensão de 127 V dos cômodos banheiro, área de serviço e cozinha. O circuito T04 é um circuito de 220 V para as áreas de serviço e cozinha, pensando em equipamentos com tensão de 220 V que muitas vezes são utilizados nessa área.

Os circuitos CH1 e MR são circuitos de tomadas de uso específico para equipamentos que no mercado são encontrados com facilidade em 220 V, prevendo que o circuito CH1 será um circuito com corrente superior a 10 A. E de acordo com a norma NBR 5410:2004 no item 9.5.3.1 para circuitos que alimentam apenas um equipamento e esse equipamento consumirá uma corrente maior ou igual a 10 A deverá ser previsto um circuito específico para esse equipamento e, sendo assim, foi feito essa previsão para o circuito CH1.

O circuito MR é previsto para microondas ou fornos elétricos que possam ser instalados futuramente, como há a dificuldade de prever qual equipamento pode ser instalado futuramente separou-se uma tomada de uso específico para esse circuito que é alimentado por tensão 220 V, essa tomada foi dimensionada com 1000 W, é uma TUE e apesar de ter corrente inferior a 10 A ,separou-se um circuito individual a fim de garantir segurança para o usuário e para o equipamento que utilizar esse ponto de energia.

4.4 DETERMINAÇÃO DO PADRÃO DE ATENDIMENTO

Após o levantamento de cargas é possível determinar o padrão de atendimento que será utilizado para o projeto da instalação elétrica que foi desenvolvida nesse trabalho, é importante saber na área de qual concessionária de energia a residência fica localizada, como vimos anteriormente a residência se localizará na Cidade de Muzambinho, no estado de Minas Gerais, com essa informação é possível constatar que a concessionária responsável é a CEMIG. Com essa informação é necessário consultar a norma técnica da CEMIG ND-5.1 que rege o fornecimento de energia em tensão secundária para as edificações individuais.

Após a verificação da norma e sabendo que na instalação elétrica desenvolvida nesse trabalho a carga total é de 15,88 KW. Encontra-se na tabela da norma ND-5.1 todas as informações para a instalação da entrada de energia correta. Na Figura 10 foi destacado na tabela 1 da norma ND-5.1 o tipo do padrão de entrada para o desenvolvimento do projeto.

Figura 10 - Padrão de entrada de energia do projeto**TABELA 1 - DIMENSIONAMENTO PARA UNIDADES CONSUMIDORAS URBANAS OU RURAIS ATENDIDAS POR REDES DE DISTRIBUIÇÃO SECUNDÁRIAS TRIFÁSICAS (127/220V)**

Fornecimento		Carga Instalada		Número de		Proteção	Ramal de Entrada			Aterramento		Condutor de Proteção	Poste (5)				Pontalete (5)	
Tipo	Faixa			Fios	Fase	Disjuntor termo magnético	Condutor Cobre		Eletroduto		Condutor Cobre nu		Eletrodo	Mesmo Lado da Rede		Lado Oposto da Rede		Aço
						PVC – 70°C	PVC	Aço	Aço	Concreto				Aço	Concreto			
						IEC	(3)	Diâmetro Nominal								Aço	Concreto	
		de	até			A	mm²	mm		mm²	Quantidade	mm²	Tipo				Tipo	
A	A3	6,4	8,0	2	1	63	16	32	25	10	1	16	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1	
B	B2	10,1	16,0	3	2	63												

NOTAS:

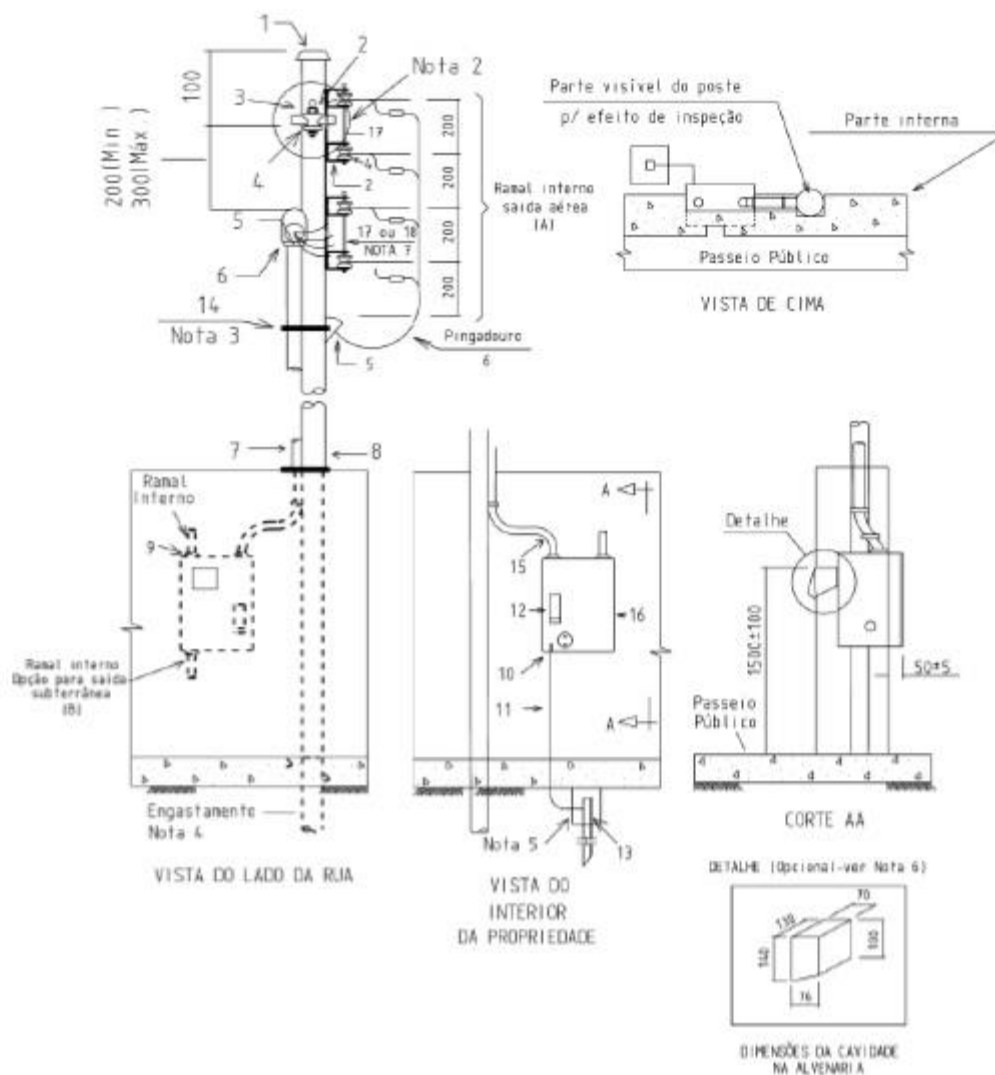
1. As faixas A1 (Carga instalada de 0,1 até 5 kW, disjuntor monopolar de 40 A, ramal de entrada de 6 mm² e condutor de proteção de 6 mm²), A2 (Carga instalada de 5,1 até 6,3 kW, disjuntor monopolar de 50 A, ramal de entrada de 10 mm² e condutor de proteção de 10 mm²) e B1 (Carga instalada de 0,1 até 10 kW, disjuntor bipolar de 40 A, ramal de entrada de 10 mm² e condutor de proteção de 10 mm²) podem ser solicitadas para ligações novas e alteração de carga até 31/03/2023. As demais características dos padrões de entrada destas faixas são as mesmas das faixas A3 e B2.
2. As seções dos condutores e os diâmetros dos eletrodutos são mínimos.
3. Para condutores com seção igual ou superior a 10 mm² é obrigatório o uso de cabo.
4. O condutor neutro do ramal de entrada deve ter seção igual à dos condutores fase.
5. Todas as faixas correspondem a ligações com medição direta (Ver Tabela 5).
6. As características técnicas dos postes e pontaletes estão indicadas nos Desenhos 63 e 64.
7. O engastamento do poste do padrão de entrada deve ser em base concretada para fornecimento tipo B.
8. As unidades consumidoras localizadas em área rural devem apresentar padrão considerando "Lado Oposto da Rede".
9. Para ligações novas deve ser utilizado o novo padrão de medição (com disjuntor conectado pós-medidor) e disjuntores IEC curva "C" ou "D" conforme tabela acima.
10. Os disjuntores devem ser de um dos modelos homologados pela Cemig listados no PEC-11.
11. Para unidades consumidoras novas deve-se utilizar exclusivamente disjuntores IEC. Para unidades consumidoras já ligadas com disjuntor NEMA, caso o cliente solicite aumento ou redução de carga ou reposição de disjuntor, podem ser utilizados disjuntores NEMA conforme padrão de medição existente ou disjuntores IEC, conforme Tabela 20.

Fonte: (CEMIG, 2022)

Consultando a norma vigente para a instalação foi possível chegar ao tipo de fornecimento de energia que será utilizado nesse projeto que é o tipo B2, foi possível concluir que a instalação será bifásica, com disjuntor de entrada de 63 A, com condutores de fase e neutro com seção de 16 mm², é possível observar também que é especificado na tabela o tipo de poste que deve ser utilizado para a entrada de energia no caso do edifício ser do mesmo lado da rede ou do lado contrário, no entanto, como é indicado na Figura 14 o projeto da instalação desenvolvida está do lado da rede. Dentre outras informações que são mostradas na tabela para uma instalação correta do padrão de entrada de energia.

O tipo de entrada permite a montagem de alguns padrões de instalação a fim de exemplificar e dimensionar apresenta-se um padrão de instalação que pode ser usado caso o tipo de entrada seja o tipo selecionado para o projeto desenvolvido nesse trabalho. Na Figura 11 é apresentado o padrão que será utilizado como base para entrada de energia no projeto desse trabalho.

Figura 11 - Entrada de energia



Fonte: (CEMIG, 2022)

Devido a carga instalada dimensionada pelo projeto não houve a necessidade de cálculo de demanda, foi possível nesse caso dimensionar o tipo de entrada de energia da edificação sem ser necessário esse cálculo.

4.5 DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento de condutores, eletrodutos e dispositivos de proteção é uma das partes mais importantes de um projeto elétrico pois o dimensionar corretamente garante segurança e bom funcionamento do sistema elétrico, inicialmente dimensionou-se a seção dos condutores dos circuitos de distribuição.

4.5.1 Dimensionamento de condutor

Primeiramente é necessário escolher a isolação do condutor que será utilizado, nesse projeto foi escolhido a isolação tipo PVC por ser uma isolação mais barata e na maioria das vezes utilizada para instalações convencionais.

Para o restante dos dimensionamentos dos condutores utilizando o critério da capacidade de condução de corrente utilizou-se uma tabela para facilitar o dimensionamento, essa tabela é chamada de quadro de cargas e apresenta-se na Figura 12 o quadro de cargas de um projeto elétrico.

Figura 12 - Quadro de cargas básico

001-QUADRO GERAL DE FORÇAS																											
CIRCUITOS	TOMADAS (W)				SEM ESPEC.	LÂMPADAS (W)					TENSÃO		CARGAS (W)	F.P.	CARGAS (VA)	M. INST.	INSTALAÇÃO	CORRENTE (A)	FCT	FCA	IP'	DISJUNTOR (A)	RAÇÃO	FASES—POT. ATIVA(W)			IDENTIFICAÇÃO
						POT. (W)																		R	S	T	
	(W)	100	150	300		800	(W)	40	50	55	100	(V)															
(Nº)	100	150	300	800	(W)	40	50	55	100	(V)	(W)	(VA)															PLACA DE ACRILIO DIN.
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	###								(A)					ILUMINAÇÃO INTERNA
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	###													ILUMINAÇÃO EXTERNA
T01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	###													TOMADAS DE USO GERAL: SALA/HALL
T02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	###													TOMADAS DE USO GERAL: QUARTO 1 / QUARTO 2 / QUARTO 3
T03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	###													TOMADAS DE USO GERAL: BANHEIRO / COZINHA / ÁREA DE SERVIÇO
T04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	###													TOMADAS DE USO GERAL: COZINHA
MI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	###													TOMADAS DE USO ESPECÍFICO: MICROONDAS
CHI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	###													TOMADAS DE USO ESPECÍFICO: CHUVEIRO
RES 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	###													CIRCUITO RESERVA 1
RES 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	###													CIRCUITO RESERVA 2
RES 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0	###													CIRCUITO RESERVA 3
TOTAL DO QUADRO											0	F.P. QUADRO= 1	0,0			CORRENTE POR FASE =	0,0						16 mm²	###	###	###	• OBSERVAÇÃO • PARA OS CIRCUITOS DE RESERVA QUANDO FORMAS USADAS MANEIRAR A ATENÇÃO EM RELAÇÃO AOS CIRCUITOS QUE UTILIZAM O DISPOSITIVO T01. PARA CONTINUAR MANEJANDO A PROTEÇÃO PROPORCIONAL PELA RESERVA • PARA ADEQUAÇÃO DE CARGA NO QUADRO, DEVERÁ SEMPRE SER OBSERVADO SE A PROTEÇÃO E O AJUSTADOR DO QUADRO ATENDEM A ESSES AUMENTOS DE CARGAS
NOTA : OS CIRCUITOS DEVEM SER DISTRIBUIDOS NAS FASE COMO INDICADO NO QUADRO ACIMA OS CABOS FORA, DIMENSIONADOS PARA PVC 70°																											

NOTA : OS CIRCUITOS DEVEM SER DISTRIBUÍDOS NAS FASES COMO INDICADO NO QUADRO ACIMA
OS CABOS FORA, DIMENSIONADOS PARA PVC 70°

Fonte: Próprio Autor.

Na Figura 12 é apresentado o quadro de cargas da instalação elétrica que está em desenvolvimento nesse trabalho, o quadro de cargas acima desenvolvido no programa AutoCad não está completo. Não está dimensionado a seções e nem os disjuntores de cada circuito. Utilizando o quadro de cargas acima será dimensionado a seção dos cabos utilizando o critério da capacidade de condução de corrente.

Preenche-se o quadro com as cargas de cada circuito e a tensão respectivamente, utiliza-se os dados expostos na Figura 9 e na Tabela 14. Para preencher a parte de potência e tensão da tabela, assim obtém-se a corrente de projeto de cada um dos circuitos, a corrente de projeto apresentada na tabela é dada por (2), na Figura 13 é apresentado a corrente de projeto de cada um dos circuitos.

Figura 13 - Quadro de cargas com IP

QD1-QUADRO GERAL DE FORÇAS																										
CIRCUITOS	TOMADAS (W)				SEM ESPEC.	LÂMPADAS (W)				TENSÃO	CARGAS (W)	F.P.	CARGAS (VA)	M. INST	INSTALAÇÃO	CORRENTE (IP)	FCT	FCA	IP'	DISJUNTOR (A)	FIAÇÃO (mm²)	FASES—POT. ATIVA(W)			IDENTIFICAÇÃO	
						POT. (W)																R	S	T		
	(N°)	100	150	300		600	(W)	40	50																	55
1	0	0	0	0	0	0	4	8	4	2	127	880	1	880,0		7,7									ILUMINAÇÃO INTERNA	
2	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	127	300	1	300,0		2,4										ILUMINAÇÃO EXTERNA
TO1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	1200	1	1200,0		8,4										TOHADAS DE USO GERAL: SALA/HALL
TO2	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	1000	1	1000,0		7,9										TOHADAS DE USO GERAL : QUARTO 1 /QUARTO 2/QUARTO 3
TO3	6	0	0	0	1	0	0	0	0	0	127	1200	1	1200,0		8,4										TOHADAS DE USO GERAL : BANHEIRO/COZINHA/ÁREA DE SERVIÇO
TO4	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	220	2500	1	2500,0		11,4										TOHADAS DE USO GERAL : COZINHA
MI	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	220	1000	1	1000,0		4,8										TOHADAS DE USO ESPECÍFICO: MICROONDAS
CH1	0	0	0	0	8000	0	0	0	0	0	220	8000	1	8000,0		27,3										TOHADAS DE USO ESPECÍFICO: CHUVEIRO
RES 1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	220	600	1	600,0		2,7										CIRCUITO RESERVA 1
RES 2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	220	600	1	600,0		2,7										CIRCUITO RESERVA 2
RES 3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	220	600	1	600,0		2,7										CIRCUITO RESERVA 3
TOTAL DO QUADRO												15880	F.P. QUADRO= 1	15880,0		CORRENTE POR FASE =	72,6					16 mm²	##	##	##	Observação: - PARA OS CIRCUITOS DE RESERVA QUANDO FOREM USADOS MANEIRAR A ATENÇÃO EM RELAÇÃO AOS CIRCUITOS QUE UTILIZAM O DISPOSITIVO "DOP", PARA CONTINUAR MANTENDO A PROTEÇÃO PROPORCIONADA PELO DISPOSITIVO. - PARA ACRESCIMO DE CARGA NO QUADRO, DEVERÁ SEMPRE SER OBSERVADO SE A PROTEÇÃO E O ALIMENTADOR DO QUADRO ATENDEM A ESSES AUMENTOS DE CARGAS.
NOTA : OS CIRCUITOS DEVEM SER DISTRIBUIDOS NAS FASE COMO INDICADO NO QUADRO ACIMA OS CABOS FORA, DIMENSIONADOS PARA PVC 70°																										

NOTA : OS CIRCUITOS DEVEM SER DISTRIBUIDOS NAS FASE COMO INDICADO NO QUADRO ACIMA
OS CABOS FORA, DIMENSIONADOS PARA PVC 70°

Fonte: Próprio Autor.

Após o cálculo da corrente de projeto (IP) o próximo passo é preencher a coluna de método de instalação e em seguida as colunas dos fatores de correção para assim obter a corrente de projeto corrigida (IP'), e em seguida dimensionar a seção dos cabos de cada circuito.

Todos os circuitos terão um trecho instalado em bandeja perfurada, e consultando o Anexo 1 é possível concluir que é o método de instalação número 13, e método de referência F. No entanto, parte de todos os circuitos também serão instalados em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria, e consultado o Anexo 1, tem-se o método de instalação número 7 e método de referência B1.

Dessa forma como no trecho dos circuitos tem-se dois métodos de instalação é selecionado o método que exige uma maior seção dos cabos, que é o método de referência B1.

Após esse passo é necessário completar as colunas do quadro de cargas que relaciona os valores dos fatores de correção. Primeiro é dimensionado o FCT que é o fator de correção para temperaturas ambientes, fazendo consulta na Tabela 5 e tomando como base que a temperatura ambiente da região onde a instalação elétrica se localizará é de 25 ° Celsius, e nesse projeto nenhum dos circuitos terminais utilizará um método de instalação que o eletroduto estará enterrado no solo, e sendo a isolação

dos cabos utilizados serem PVC observa-se na Tabela 5 que o FCT de todos os circuitos terminais desse projeto é de 1,06.

Analisando o Anexo 6 e levando em consideração o pior dos casos em que os circuitos se submeterão em relação ao fator de agrupamento, foi possível dimensionar o FCA de cada um dos circuitos, esses valores são apresentados na Tabela 15 que apresenta o valor do FCA de cada um dos circuitos.

Tabela 15 - Circuitos e respectivos FCA

Circuito	FCA
1	0,7
2	0,7
T01	0,7
T02	0,7
T03	0,7
T04	0,7
MI	0,7
CH1	0,7

Fonte: Próprio Autor.

É possível observar que todos os circuitos, o valor do FCA é 0,70 que baseado no Anexo 6 tem-se que esse valor provém de uma instalação em eletrodutos embutidos com três circuitos, ou seja referência 1 para 3 circuitos, baseando na tabela apresentada no Anexo 6.

Essa análise foi feita antes do diagrama unifilar do circuito, o cálculo da corrente corrigida de projeto pode ser feito após a finalização do diagrama unifilar facilitando assim a análise para obter o valor de FCA, no caso desse projeto a análise foi feita antes dimensionando previamente como os circuitos serão instalados após o diagrama unifilar, FCA será reanalisado para a confirmação do valor e por consequência o valor da corrente de projeto corrigida.

Na Figura 14 apresenta-se o fator de correção de agrupamento e a corrente de projeto corrigida inseridos no quadro de cargas do projeto desenvolvido.

Figura 14 - Quadro de Cargas com Ip'

QD1-QUADRO GERAL DE FORÇAS																									
CIRCUITOS	TOMADAS (W)				SEM ESPEC. (W)	LÂMPADAS (W)				TENSÃO (V)	CARGAS (W)	F.P.	CARGAS (VA)	M. INST.	INSTALAÇÃO	CORRENTE (A)	FCT	FCA	IP ³	DISJUNTOR (A)	FIAÇÃO (mm²)	FASES-POT. ATIVA(W)			IDENTIFICAÇÃO
						POT./CARG.																R	S	T	
	(W)	100	150	360		600	40	50	55													100	(V)	(W)	
(Nº)	100	150	360	600		40	50	55	100															PLACA DE ACRILICO DIM.	
1	0	0	0	0	0	4	8	4	2	127	980	1	980,0	B1	1F+1N+1T	7,7	1,06	0,70	10,4						ILUMINAÇÃO INTERNA
2	0	0	0	0	0	0	8	0	0	127	300	1	300,0	B1	1F+1N+1T	2,4	1,06	0,70	3,2						ILUMINAÇÃO EXTERNA
T01	12	0	0	0	0	0	0	0	0	127	1200	1	1200,0	B1	1F+1N+1T	8,4	1,06	0,70	12,7						TOMADAS DE USO GERAL: SALA / HALL
T02	10	0	0	0	0	0	0	0	0	127	1000	1	1000,0	B1	1F+1N+1T	7,9	1,06	0,70	10,6						TOMADAS DE USO GERAL: QUARTO 1 / QUARTO 2 / QUARTO 3
T03	6	0	0	1	0	0	0	0	0	127	1200	1	1200,0	B1	1F+1N+1T	8,4	1,06	0,70	12,7						TOMADAS DE USO GERAL: BANHEIRO/ COZINHA/ AREA DE SERVIÇO
T04	1	0	0	4	0	0	0	0	0	220	2500	1	2500,0	B1	2F+1T	11,4	1,06	0,70	15,3						TOMADAS DE USO GERAL : COZINHA
MI	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	220	1000	1	1000,0	B1	2F+1T	4,5	1,06	0,70	6,1						TOMADAS DE USO ESPECÍFICO : MICROONDAS
CH1	0	0	0	0	6000	0	0	0	0	220	8000	1	8000,0	B1	2F+1T	27,3	1,06	0,70	36,8						TOMADAS DE USO ESPECÍFICO : CHUVEIRO
RES 1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	220	800	1	800,0			2,7									CIRCUITO RESERVA 1
RES 2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	220	600	1	600,0			2,7									CIRCUITO RESERVA 2
RES 3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	220	600	1	600,0			2,7									CIRCUITO RESERVA 3
TOTAL DO QUADRO											15880	F.P. QUADRO=1	15880,0	CORRENTE POR FASE =	72,6					16 mm²	###	###	###	###	OBSERVAÇÃO • PARA OS CIRCUITOS DE RESERVA QUANDO FOREM USADOS MANTER A ATENÇÃO EM RELAÇÃO AOS CIRCUITOS QUE UTILIZAM O DISPOSITIVO "T01", PARA CONTINUAR MANTENDO A PROTEÇÃO PROPORCIONALMENTE PELO DISPOSITIVO • PARA ACRESCIMO DE CARGA NO QUADRO, DEVERÁ SEMPRE SER OBSERVADO SE A PROTEÇÃO E O ALIMENTADOR DO QUADRO ATENDEM A ESSAS AJUSTES DE CARGAS
NOTA : OS CIRCUITOS DEVEM SER DISTRIBUIDOS NAS FASES COMO INDICADO NO QUADRO ACIMA OS CABOS FORA, DIMENSIONADOS PARA PVC 70°																									

Fonte: Próprio Autor.

Após preencher o quadro de cargas do projeto com os valores dos fatores de correção e com a corrente de projeto corrigida é possível consultando o Anexo 2 dimensionar a seção dos condutores de cada um dos circuitos para uma melhor visualização dos dados de cada circuito montou-se na Tabela 16 colunas com o nome do circuito, o método de instalação e a sua corrente de projeto corrigida.

Tabela 16 - Metodo de instalação e Ip'

Circuito	Método de Instalação	Corrente de Projeto (Ip')
1	B1	10,4
2	B1	3,2
T01	B1	12,7
T02	B1	10,6
T03	B1	12,7
T04	B1	15,3
MI	B1	6,1
CH1	B1	36,8

Fonte: Próprio Autor.

Com a corrente corrigida em mãos, o método de instalação e a corrente de projeto de cada um dos circuitos conclui-se a seção dos condutores de cada um dos circuitos, segue abaixo na Tabela 17 a seção dos condutores fase de cada um dos circuitos.

Tabela 17 - Seção dos condutores fase dos circuitos

Circuito	Seção (mm ²)
1	1,5
2	1,5
T01	2,5
T02	2,5
T03	2,5
T04	2,5
MI	2,5
CH1	6

Fonte: Próprio Autor.

Após o cálculo utilizando o critério da capacidade de corrente o cálculo será feito utilizando método de queda de tensão, assim compara-se as seções de cabos dimensionadas pelos dois métodos e então é selecionado a maior seção. Para esse cálculo utilizou-se o método da soma de Watts x Metro. Foi multiplicado cada ponto de potência do circuito pela sua distância em metros em relação ao quadro de distribuição, é importante antes do cálculo que o quadro de distribuição dos circuitos terminais seja posicionado.

Procurando posicionar o quadro em um local onde ele possa ficar o mais próximo possível de todas as cargas o quadro foi posicionado no Hall como na Figura 15 é possível observar a posição do quadro de distribuição em relação a planta da residência.

Tabela 18 - Soma do produto de Potência por metro

Circuito	$\sum(P_{Watts} \times L_{metros})$
1	6004,5
2	2535,5
T01	7987
T02	8150
T03	9038
T04	19220
MI	9340
CH1	40680

Fonte: Próprio Autor.

Com os valores apresentados na Tabela 18 em mãos e nesse projeto é admissível que a queda de tensão admissível entre quadro de distribuição e circuitos terminais seja de 1%, consulta-se o Anexo 13 para o caso dos circuitos 1,2, T01, T02 e T03 que são os circuitos que serão instalados com tensão de 127 volts. Para o caso dos circuitos que serão instalados em 220 Volts a consulta é no Anexo 14, dessa maneira compara-se os valores da Tabela 18 com os valores da primeira coluna do Anexo 13 e 14, após essa comparação define-se a seção dos cabos de alimentação dos circuitos pelo método da soma do produto de potência por distância, a seção dos condutores é apresentada na Tabela 19.

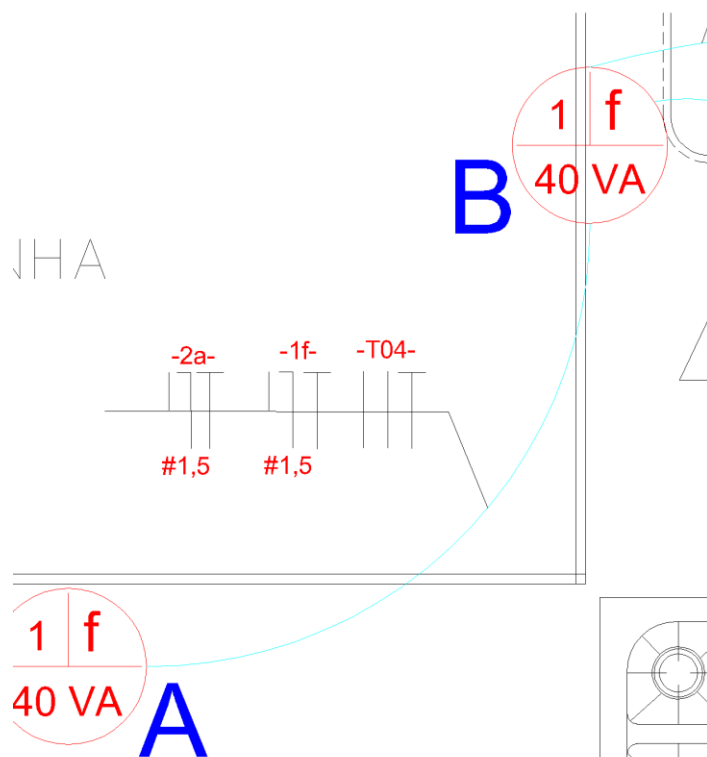
Tabela 19 - Seção dos condutores pelo método $\sum(P(watts) \times l(metros))$.

Circuito	Seção (mm ²)
1	1,5
2	1,5
T01	2,5
T02	2,5
T03	2,5
T04	1,5
MI	1,5
CH1	4

Fonte: Próprio Autor.

Após a utilização de dois métodos distintos para o dimensionamento de condutores, há comparação entre Tabela 17 e Tabela 19, com isso é possível concluir que deve ser instalado como seção dos condutores de fase os valores apresentados na Tabela 17, que é construída utilizando o critério da capacidade de condução de corrente, pois este é o critério que apresenta maiores seção para os cabos. Definindo

Figura 16 - Trecho de eletroduto



Fonte: Próprio Autor.

sendo assim:

$$Di = \sqrt{\frac{4 \times \sum A_{cond}}{f \times \pi}}$$

$$\sum A_{cond} = 27,4 \text{ mm}^2$$

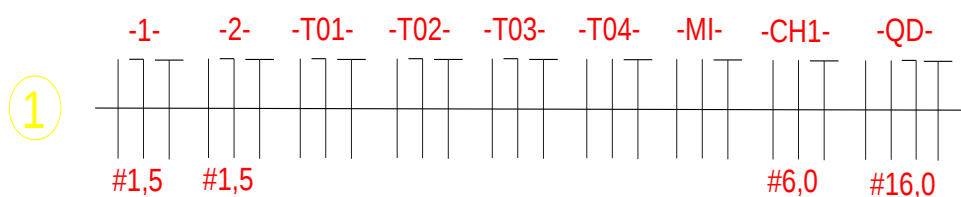
$$f = 0,4$$

$$Di = \sqrt{\frac{4 \times 27,4}{0,4 \times \pi}} \text{ mm}^2$$

$$Di = 9,338 \text{ mm}.$$

Sendo que utilizando (7) chega-se que para o exemplo utilizado o valor de $Di = 9,338 \text{ mm}$ dessa forma é possível utilizar um eletroduto de $\frac{1}{2}$ ", no entanto, no projeto a fim de padronizar a instalação, todos os eletrodutos utilizados serão de $\frac{3}{4}$ ", o eletroduto de $\frac{3}{4}$ " será suficiente para todos os trechos onde eletrodutos serão utilizados. O próximo passo é calcular a dimensão da calha utilizada e para isso será utilizado o trecho onde há a maior quantidade de cabos, na Figura 17 é representado o diagrama unifilar no trecho que é mais ocupado por circuitos na calha.

Figura 17 - Representação circuitos no trecho 1 da calha



Fonte: Próprio Autor.

Calcula-se a área total dos cabos que estão instalados, inicialmente a área de cada cabo é calculada.

$$Area_{1,5} = 4,52 \text{ mm}^2$$

$$Area_{2,5} = 9,07 \text{ mm}^2$$

$$Area_{6,0} = 12,56 \text{ mm}^2$$

$$Area_{16,0} = 38,48 \text{ mm}^2$$

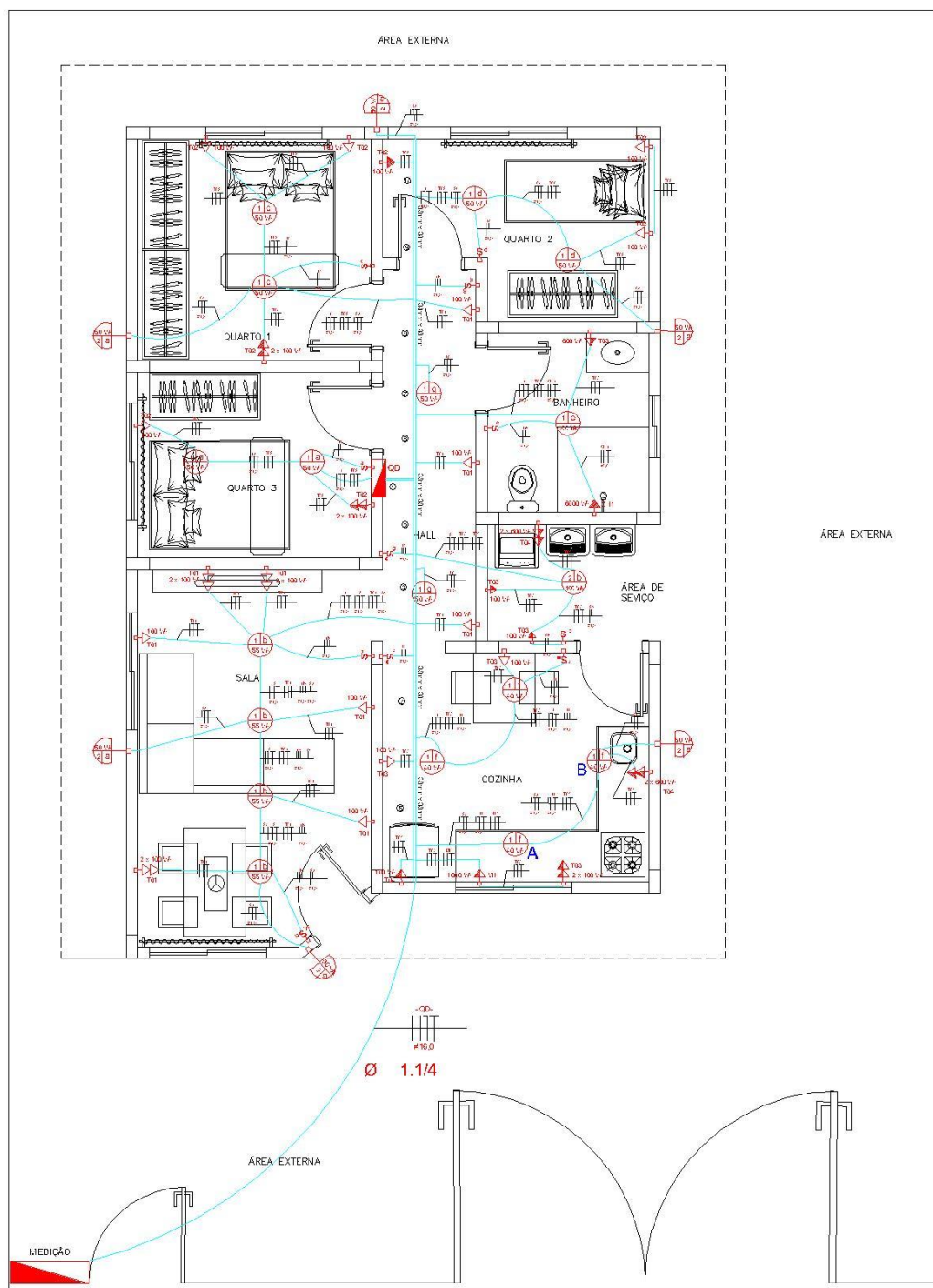
Após saber o valor das áreas de cada um dos cabos a soma-se as áreas de todos os cabos que estão instalados na calha.

$$Area_{Total} = 354,77 \text{ mm}^2$$

Portanto essa área total deve ocupar no máximo 40 % da calha instalada instalando um perfilado perfurado de 38 mm x 38 mm tem-se 1444 mm^2 de área e, é o suficiente para ser utilizado na instalação já que, 40% desse valor é $577,6 \text{ mm}^2$, o que é um valor maior que a soma das áreas dos cabos. Portanto, será utilizado o perfilado perfurado 38mm x 38mm.

Na Figura 26 apresenta-se o diagrama unifilar da residência.

Figura 18 - Diagrama unifilar da residência



Fonte: Próprio Autor.

No diagrama unifilar não é indicado os eletrodutos $\frac{3}{4}$ ", pois são os eletrodutos padrão que são utilizados no projeto, apenas os eletrodutos diferentes dos eletrodutos $\frac{3}{4}$ " são indicados.

4.5.2 Dimensionamento de dispositivos de proteção.

Para o dimensionar dos dispositivos de proteção inicia-se com o dimensionamento dos disjuntores dos circuitos terminais, primeiramente determina-se a curva dos disjuntores de cada um dos circuitos terminais, fundamentando a determinação da curva dos disjuntores na teoria apresentada na revisão bibliográfica determinou-se as curvas apresentadas na Tabela 21 apresentada abaixo.

Tabela 21 - Curva dos disjuntores dos circuitos

Circuito	CURVA
1	B
2	B
T01	B
T02	B
T03	B
T04	B
CH1	C
MR	B

Fonte: Próprio Autor.

Realizando uma análise na Tabela 21 nota-se que com exceção do circuito CH1 que é curva C, todos os outros circuitos serão instalados utilizando disjuntores curva B. O disjuntor de curva C oferece uma resposta equilibrada entre a sensibilidade às sobrecargas e a capacidade de suportar correntes de curto-circuito moderadas. Ele é projetado para proteger eficientemente esses circuitos contra sobrecargas e curtos-circuitos, garantindo a segurança e o correto funcionamento do sistema elétrico.

Em seguida utilizando (8) como base foi dimensionado os disjuntores dos circuitos, a intenção é trabalhar para que a corrente máxima do circuito seja abaixo da corrente suportada do disjuntor, enquanto que a corrente suportada pelo disjuntor seja menor que a corrente suportada pelo condutor, assim o disjuntor exerceria sua função, no entanto, o mais importante é que o disjuntor proteja o condutor, a corrente do disjuntor deve ser menor que a corrente que o condutor suporta. Na Tabela 22 o dimensionamento da corrente nominal dos disjuntores é apresentado.

Tabela 22 - Corrente nominal dos disjuntores

Circuito	Corrente nominal
1	10 B
2	10 B
T01	16 B
T02	16 B
T03	16 B
T04	16 B
CH1	32 C
MR	16 B

Fonte: Próprio Autor.

Realizando uma análise na Tabela 22 é possível observar que no caso dos circuitos 1 e CH1 o valor da corrente de projeto é maior que a corrente nominal do disjuntor, considerando a corrente nominal dos disjuntores comerciais foi definido disjuntores de corrente nominal menor que a corrente de projeto pois caso fosse escolhido um disjuntor comercial de corrente nominal maior o disjuntor não exerceria sua função que é de proteção do condutor.

Em seguida é necessário encontrar a corrente nominal e as características corretas do DR, nesse projeto de instalação utiliza-se um IDR de corrente nominal de 63 A que será instalado após o disjuntor geral e antes dos disjuntores dos circuitos terminais, essa decisão foi tomada pensando em uma maior proteção dos usuários já que o IDR será proteção de todos circuitos terminais, como o disjuntor geral é de 63 A também foi um fator que possibilita a instalação desse IDR já um IDR de corrente nominal de 63 A de três polos é comercial. Portanto o IDR utilizado será de corrente nominal de 63 A tripolar, classe AC e corrente de fuga de 30 mA que é para proteção dos usuários contra choques elétricos por contato direto.

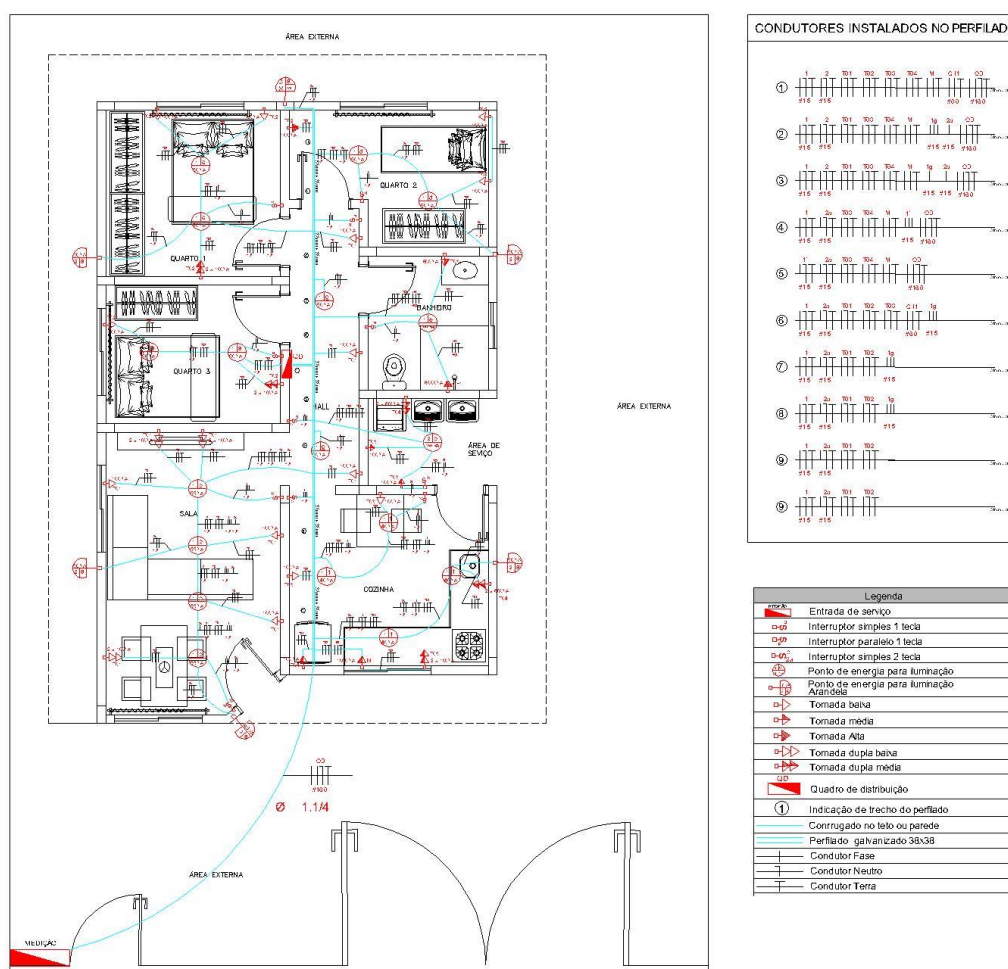
Para finalizar o dimensionamento dos dispositivos de proteção do sistema elétrico, é necessário dimensionar o DPS do sistema elétrico, para que fique claro o método de instalação que será utilizado no para o DPS é importante esclarecer que o tipo de aterramento utilizado nessa instalação será o TN-S, assim será instalado o DPS apenas nos condutores fase, o DPS instalado será classe 2, $U_c = 175 V$, $I_{m\acute{a}x} = 45 KA$, $I_n = 45 KA$, $U_p < 1,5 KV$. Sendo assim, foi feito esse dimensionamento pois o DPS será instalado no quadro de distribuição, a tensão entre fase e neutro é de 127 V, a edificação fica no centro da cidade, no entanto longe de edifícios que contenha

para-raios. Portanto após o dimensionamento do DPS todos os dispositivos de proteção foram dimensionados.

4.6 APRESENTAÇÃO DOS DIAGRAMAS E QUADROS DE CARGAS.

Após dimensionar os itens de uma instalação elétrica é necessário apresentá-los de forma clara, para que a execução do projeto seja facilitada. A apresentação do diagrama unifilar foi feita na Figura 18. Na Figura 19 apresenta-se o diagrama unifilar completo apresentando também os condutores que estão instalados dentro do perfilado.

Figura 19 - Diagrama unifilar completo



Fonte: Próprio Autor

O diagrama unifilar é importante pois apresenta todos os condutores que serão instalados e onde percorrem. O diagrama unifilar também apresenta a posição dos pontos de energia da instalação elétrica além de apresentar a potência de cada ponto,

o circuito em que cada ponto de energia está inserido e as seções dos condutores e eletrodutos, na Figura 19 também é apresentada a legenda utilizada, a legenda é de extrema importância para um completo entendimento do projeto.

Em seguida será apresentado o quadro de cargas na Figura 20 preenchido e com o equilíbrio de fases feito, no caso desse projeto o quadro de distribuição é bifásico, portanto o equilíbrio de fases é feito apenas para duas fases. Na Figura 20 é apresentado o quadro de cargas do projeto desenvolvido.

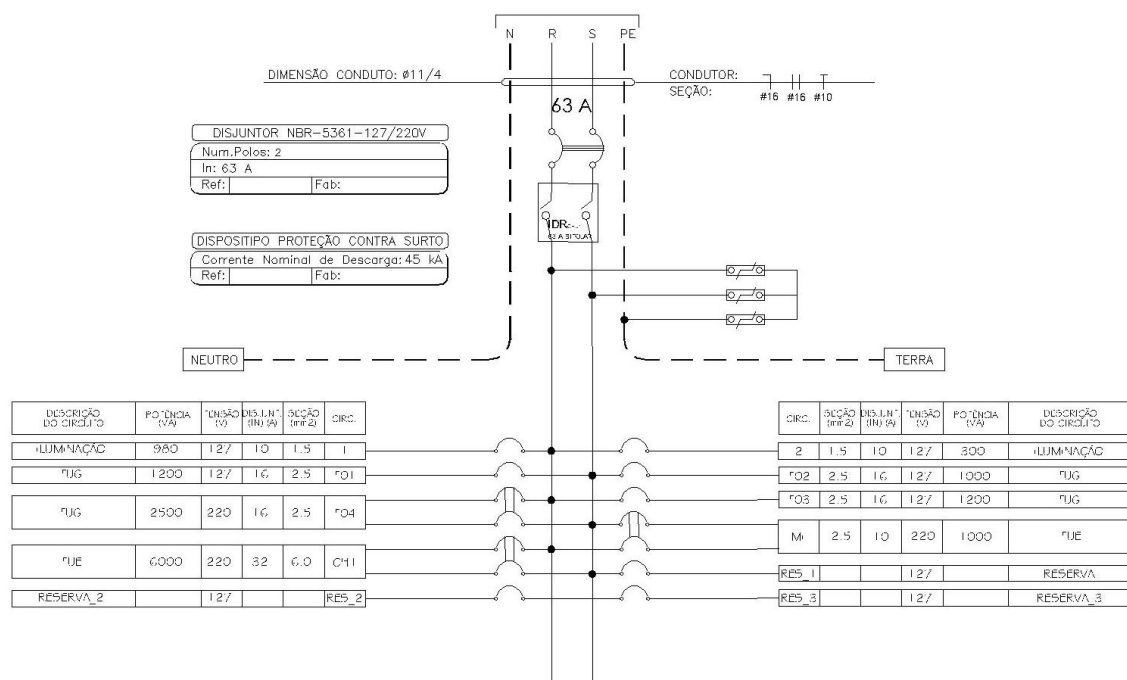
Figura 20 - Quadro de Cargas completo

QD-AR (COZINHA)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
CIRCUITOS	TOMADAS (W)				BAL ESPEC	LÂMPADAS (W)				TENSÃO	CARGAS (W)	F.P.	CARGAS (VA)	M. INST	INSTALAÇÃO	CORRENTE (P)	FCT.	FCA	IP	DESCARTOR (V)	RAIO	FASES-POT. ATIVA(W)			IDENTIFICAÇÃO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
						TENSÃO																R	S	T																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	(V)	100	150	380		600	(W)	40	50																	55	100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
(N°)	100	150	380	600	(W)	40	50	55	100	(V)	(W)										(mm²)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
1	0	0	0	0	0	0	4	8	4	2	127	880	1	880.0	B1	IF+TN+IT	7.7	1.06	0.70	10.4	10 B	1.5	980.0			LUMINACAO INTERNA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	127	300	1	300.0	B1	IF+TN+IT	2.4	1.06	0.70	3.2	10 B	1.5		300.0		LUMINACAO EXTERNA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T01	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	1200	1	1200.0	B1	IF+TN+IT	9.4	1.06	0.70	12.7	16 B	2.5	1200.0			TOMADA DE USO GERAL-SALA...																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T02	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127	1000	1	1000.0	B1	IF+TN+IT	7.9	1.06	0.70	10.6	16 B	2.5		1000.0		TOMADA DE USO GERAL- QUANTO QUANTO QUANTO 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T03	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	127	1200	1	1200.0	B1	IF+TN+IT	9.4	1.06	0.70	12.7	16 B	2.5	1200.0			TOMADA DE USO GERAL- BANHEIRO COZINHA/AREA DE SERVIÇO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
T04	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	220	2500	1	2500.0	B1	IF+IT	11.4	1.06	0.70	15.3	16 B	2.5	1250.0			TOMADA DE USO GERAL-COZINHA																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
M1	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	220	1000	1	1000.0	B1	IF+IT	4.5	1.06	0.70	6.1	10 B	2.5	500.0	500.0		TOMADA DE USO GERAL-MICROONDAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
CH1	0	0	0	0	6000	0	0	0	0	0	220	8000	1	8000.0	B1	IF+IT	27.3	1.06	0.70	36.8	32 C	6.0	3000.0	3000.0		TOMADA DE USO GERAL-CHUVEIRO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
RES1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	220	800	1	800.0			2.7									CIRCUITO RESERVA1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
RES2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	220	800	1	800.0			2.7									CIRCUITO RESERVA2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
RES3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	220	800	1	800.0			2.7									CIRCUITO RESERVA3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
TOTAL DO QUADRO																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Fonte: Próprio Autor

Portanto o quadro de cargas apresentado acima mostra todos os dados dos circuitos terminais, além de apresentar também o balanceamento de cargas feito, com esse balanceamento de cargas e outros dados apresentados como corrente nominal de disjuntores e tensão dos circuitos é possível montar o diagrama trifilar do quadro de distribuição que é apresentado na Figura 21.

Figura 21 - Diagrama trifilar quadro de distribuição



Fonte: Próprio Autor

O diagrama trifilar apresentado acima mostra como deve ser a instalação dos disjuntores dos circuitos terminais, além de mostrar a corrente nominal desses disjuntores, dentre outras informações sobre o circuito. Também é possível observar como é instalado e a dimensão dos outros dispositivos de proteção, nota-se também que o quadro é um quadro com duas fases.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foi realizado um estudo aprofundado sobre projeto elétrico de baixa tensão, abordando os principais conceitos, normas e metodologias envolvidas. Com base nesse conhecimento teórico tratado, foi desenvolvido um projeto elétrico de uma instalação predial, contemplando a distribuição de circuitos, seleção de dispositivos de proteção e dimensionamento dos condutores.

Ao longo do desenvolvimento do projeto, foi possível observar a importância de um planejamento adequado, levando em consideração aspectos como demanda de carga, distribuição dos circuitos, dimensionamento dos condutores e seleção dos dispositivos de proteção. Esses elementos são fundamentais para garantir a segurança, eficiência e confiabilidade do sistema elétrico.

Durante a etapa de revisão bibliográfica, foram analisadas as normas técnicas vigentes, em especial a NBR 5410, que estabelece os requisitos para projetos elétricos em baixa tensão, além de utilizar como base teórica os livros de autores que tratam sobre o tema desse trabalho. Essas normas forneceram diretrizes importantes para a elaboração do projeto, garantindo a conformidade com as regulamentações e padrões de segurança.

O uso do software AutoCAD foi essencial para a elaboração do projeto, permitindo uma representação gráfica precisa e facilitando a visualização dos elementos do sistema elétrico.

Com o desenvolvimento do projeto é possível chegar ao disjuntor geral de 63 A que baseando nas normas da concessionária CEMIG, que é a concessionária vigente na área em que a residência simulada para o desenvolvimento desse trabalho se localiza, utilizando a norma da concessionária é possível dimensionar os condutores, eletrodutos e o tipo de entrada de energia.

Ao finalizar o projeto, foi possível constatar a importância de considerar todos os aspectos envolvidos, desde a demanda de carga até a seleção dos dispositivos de proteção. O dimensionamento adequado dos condutores, a distribuição equilibrada dos circuitos e a escolha correta dos dispositivos de proteção são fundamentais para garantir a eficiência energética, a segurança das instalações e a conformidade com as normas técnicas. O Anexo 15 apresenta o projeto completo com todos os

diagramas que são o unifilar e trifilar do quadro além de apresentar o quadro de cargas.

Em suma, este trabalho proporcionou uma visão abrangente sobre o projeto elétrico de baixa tensão, apresentando os principais conceitos e etapas envolvidas. O desenvolvimento do projeto prático possibilitou aplicar os conhecimentos teóricos adquiridos e compreender a importância de um projeto bem elaborado. Por meio desse estudo, espera-se contribuir para a disseminação de boas práticas na área de projetos elétricos de baixa tensão, visando sempre a eficiência, segurança e confiabilidade das instalações elétricas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, C. K.; SADIKU, M. N. O. **Circuitos Elétricos**. 5. ed. São Paulo - SP: AMGH, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO**. RIO DE JANEIRO-RJ. 2004.

CEMIG. **Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária : Edificações Individuais**. Belo Horizonte-MG. 2022.

CERVELIN, S; CAVALIN. C. **Instalações Elétricas Prediais: Teoria e Prática**. Coritiba-PR: Base Livros Didáticos Ltda., 2008.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações Elétricas**. 5. ed. São Paulo - SP: ERJ Composição Editorial, 2009.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 16. ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2016.

DARIDO, S. C.; SOUZA JÚNIOR, O. M. D. **Para Ensinar Educação Física: possibilidades de intervenção na escola**. Campinas: Papirus, 2007.

ELETROPAULO, AES. **Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária de distribuição LIG BT**. [S.l.]. 2014.

FILHO, D. L. L. **Projetos de Instalações Elétricas**. 6. ed. São Paulo- SP: Editora Érica, 2001.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. Rio de Janeiro - RJ: LTC, v. 3, 2016.

MAMEDE, J. F. **Instalações Elétricas Industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro-RJ: LTC, 2010.

MARTIM, M. M. M. Eletrônica e Automação. **matheusmartim.blogspot**, 2017. Disponível em: <http://matheusmartim.blogspot.com/2017/03/disjuntores-conceitos-004.html>. Acesso em: 28 Maio 2023.

NERY, N. **Instalações elétricas principios e aplicações**. 3. ed. São Paulo-SP: Érica, 2019.

RIBEIRO, A. Distribuição de energia elétrica no Brasil; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/distribuicao-energia-eletrica-no-brasil.htm>.

Acesso em: 11 de junho de 2023.

OKA, M. M. História da Eletricidade. **LSI USP**, Novembro 2000. 6.

POMILIO, J. A; PAREDES, H. K. M.; OTA, J. I. Y.; DECKMANN S. M. Eletrônica de Potência para Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica, Campinas-SP, 1 Março 2021. 20.

SANTOS, K. V. D. **Fundamentos de eletricidade**. Manaus-AM: Centro de Educação Tecnológica do Amazonas, 2011.

SIL FIOS. CABOS FLEXIVEL 750 V. **SIL**, 2022. Disponível em: <https://www.sil.com.br/pt/produtos/cabos-flex%C3%ADveis/cabo-flexsil-750-v.aspx>.

Acesso em: 31 Maio 2023.

ANEXOS

ANEXO 1 – Tipo de instalação das linhas elétricas

Tabela 33 — Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espigado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espigado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espigado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C

Tabela 33 (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilada ou prateleira ³⁾	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical ⁴⁾	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletroduto armado ou tela	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	E (multipolar) F (unipolares)
16		Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito	E (multipolar) F (unipolares)
17		Cabos unipolares ou cabo multipolar suspensos por cabos de suporte, incorporado ou não	E (multipolar) F (unipolares)
18		Condutores nus ou isolados sobre isoladores	G
21		Cabos unipolares ou cabos multipolares em espaço de construção ⁵⁾ , sejam eles lançados diretamente sobre a superfície do espaço de construção, sejam instalados em suportes ou condutos abertos (bandeja, prateleira, tela ou leito) dispostos no espaço de construção ^{5) 6)}	$1,5 D_c \leq V < 5 D_c$ B2 $5 D_c \leq V < 50 D_c$ B1

Tabela 33 (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
22		Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção ^{3) 7)}	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
23		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de construção ^{3) 7)}	B2
24		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção ³⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
25		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção ³⁾	B2
26		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria ²⁾	$1,5 \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1
27		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria	B2
31 32		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B1
31* 32*		Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B2

Tabela 33 (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
33		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada embutida no piso	B1
34		Cabo multipolar em canaleta fechada embutida no piso	B2
35		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)	B1
36		Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)	B2
41		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical ³⁾	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
42		Condutores isolados em eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada embutida no piso	B1
43		Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada embutida no piso	B1
51		Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante ²⁾	A1

Tabela 33 (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
52		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional	C
53		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional	C
61		Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)	D
61A		Cabos unipolares em eletroduto (de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)	D
63		Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional	D
71		Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura	A1
72 72A		72 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta provida de separações sobre parede 72A - Cabo multipolar em canaleta provida de separações sobre parede	B1 B2
73		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de porta	A1

Tabela 33 (continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
74		Condutor isolado em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de janela	A1
75 75A		75 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta embutida em parede 75A - Cabo multipolar em canaleta embutida em parede	B1 B2

¹⁾ Método de referência a ser utilizado na determinação da capacidade de condução de corrente. Ver 6.2.5.1.2.

²⁾ Assume-se que a face interna da parede apresenta uma condutividade térmica não inferior a 10 W/m².K.

³⁾ Admite-se também condutores isolados em perfilado, desde que nas condições definidas na nota de 6.2.11.4.1.

⁴⁾ A capacidade de condução de corrente para bandeja perfurada foi determinada considerando-se que os furos ocupassem no mínimo 30% da área de bandeja. Se os furos ocuparem menos de 30% da área da bandeja, ela deve ser considerada como "não-perfurada".

⁵⁾ Conforme a ABNT NBR IEC 60050 (826), os poços, as galerias, os pisos técnicos, os condutos formados por blocos alveolados, os forros lisos, os pisos elevados e os sapatos internos existentes em certos tipos de divisórias (como, por exemplo, as paredes de gesso acartonado) são considerados sapatos de construção.

⁶⁾ De 4 o diâmetro externo do cabo, no caso de cabo multipolar. No caso de cabos unipolares ou condutores isolados, distinguem-se duas situações:

- três cabos unipolares (ou condutores isolados) dispostos em triângulo. De deve ser tomado igual a 2,2 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado;
- três cabos unipolares (ou condutores isolados) agrupados num mesmo plano. De deve ser tomado igual a 3 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado.

⁷⁾ De 4 o diâmetro externo do eletroduto, quando de seção circular, ou altura/profundidade do eletroduto de seção não-circular ou de eletrocaixa.

⁸⁾ Admite-se também o uso de condutores isolados, desde que nas condições definidas na nota de 6.2.11.6.1.

⁹⁾ Admite-se cabos diretamente enterrados sem proteção mecânica adicional, desde que esses cabos sejam providos de armação (ver 6.2.11.6). Deve-se notar, porém, que esta Norma não fornece valores da capacidade de condução de corrente para cabos armados. Tais capacidades devem ser determinadas como indicado na ABNT NBR 11301.

NOTA Em linhas ou trechos verticais, quando a ventilação for natural, deve-se atentar para risco de aumento considerável de temperatura ambiente no topo do trecho vertical.

**ANEXO 2 – Tabela 36 da norma NBR 5410:2004 para capacidade de
condução de corrente dos condutores**

Tabela 36 — Capacidades de condução de corrente, em amperes, 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 ²	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	109
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	229	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	208
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	408	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	508
800	660	588	609	540	881	788	723	645	978	866	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	262	227	229	207	324	288	274	243	352	306	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: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

ANEXO 3 – Tabela 37 da norma NBR 5410:2004 para capacidade de condução de corrente dos condutores

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 ²	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	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	48
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	148	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	262	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	334	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	383	304
240	434	380	386	346	546	481	462	407	599	500	449	351
300	496	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	1020	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
Alumínio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	88	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	240	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	634	529
1 000	812	712	739	648	1 061	955	870	780	1 108	950	706	596

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

ANEXO 4 – Tabela 38 da norma NBR 5410:2004 para capacidade de condução de corrente dos condutores

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

Condutores: cobre e alumínio

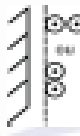
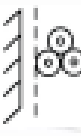
Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

Temperatura ambiente de referência: 30°C

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifásico	Três condutores carregados, no mesmo plano		
						Espaçados	
						Horizontal Método G	Vertical Método G
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G
							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
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	148	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	198	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	458	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	598	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
1000	1292	1073	1346	1079	1206	1528	1448
Alumínio							
16	73	61	73	62	65	84	73
25	89	76	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	318	274	287	358	327
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447

Tabela 38 (conclusão)

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em triângulo	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Horizontal Método G	Vertical Método G
							
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alumínio							
300	439	381	497	434	455	557	519
400	528	458	600	526	552	671	629
500	608	528	694	610	640	775	730
630	705	613	808	711	640	775	730
800	822	714	944	832	875	1050	1000
1 000	948	823	1 092	965	1 015	1 213	1 161

¹⁾ Ou, ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

ANEXO 5 – Tabela 39 da norma NBR 5410:2004 para capacidade de condução de corrente dos condutores

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

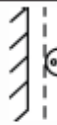
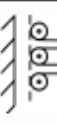
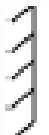
Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trífilo	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Horizontal	Vertical
							
(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

Tabela 39 (continuação)

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em triângulo	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Horizontal Método G	Vertical 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	458	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	1 262	1 338	1 696	1 595
1 000	1 613	1 336	1 683	1 420	1 511	1 958	1 840
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	866	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	1 108	1 351	1 266
1 000	1 186	1 012	1 347	1 226	1 285	1 565	1 472

¹⁾ Ou, ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

ANEXO 6 – Tabela 42 da norma NBR 5410:2004 Fator de correção de agrupamento

Tabela 42 — 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												Tabelas dos métodos de referência
		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	36 a 39 (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				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
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				
NOTAS														
1 Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.														
2 Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.														
3 O número de circuitos ou de cabos com o qual se consulta a tabela refere-se – à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo-se um só condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou – à quantidade de cabos multipolares que compõe o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos unipolares, só cabos multipolares ou qualquer combinação).														
4 Se o agrupamento for constituído, ao mesmo tempo, de cabos bipolares e tripolares, deve-se considerar o número total de cabos como sendo o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 36 a 39, deve ser então efetuada: – na coluna de dois condutores carregados, para os cabos bipolares; e – na coluna de três condutores carregados, para os cabos tripolares.														
5 Um agrupamento com N condutores isolados, ou N cabos unipolares, pode ser considerado composto tanto de N/2 circuitos com dois condutores carregados quanto de N/3 circuitos com três condutores carregados.														
6 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.														

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

ANEXO 7 – Tabela 43 da norma NBR 5410:2004 Fator de correção de agrupamento

Tabela 43 — Fatores de correção aplicáveis a agrupamentos consistindo em mais de uma camada de condutores – Métodos de referência C (tabelas 36 e 37), E e F (tabelas 38 e 39)

		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
NOTAS						
1 Os fatores são válidos independentemente da disposição da camada, se horizontal ou vertical.						
2 Sobre condutores agrupados em uma única camada, ver tabela 42 (linhas 2 a 5 da tabela).						
3 Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.						

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

ANEXO 8 – Tabela 44 da norma NBR 5410:2004 Fator de correção de agrupamento

Tabela 44 — Fatores de agrupamento para linhas com cabos diretamente enterrados

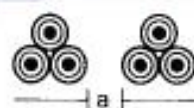
Número de circuitos	Distâncias entre cabos ¹⁾ (a)				
	Nula	Um diâmetro de cabo	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

¹⁾

Cabos multipolares



Cabos unipolares

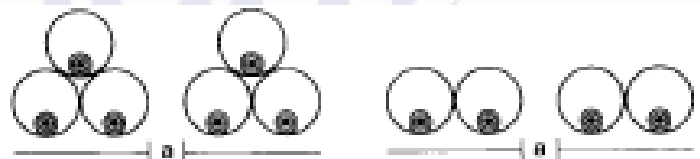


NOTA Os valores indicados são aplicáveis para uma profundidade de 0,7 m e uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W. São valores médios para as dimensões de cabos abrangidas nas tabelas 36 e 37. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de até $\pm 10\%$ em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

ANEXO 9 – Tabela 45 da norma NBR 5410:2004 Fator de correção de agrupamento

Tabela 45 — Fatores de agrupamento para linhas em eletrodutos enterrados¹⁾

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 ²⁾ – 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 				
¹⁾ Os valores indicados são aplicáveis para uma profundidade de 0,7 m e uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W. São valores médios para as seções de condutores constantes nas tabelas 36 e 37. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de até ±10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301. ²⁾ Deve-se atentar para as restrições e problemas que envolvem o uso de condutores isolados ou cabos unipolares em eletrodutos metálicos quando se tem um único condutor por eletroduto.				

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

**ANEXO 11 – Tabela de queda de tensão unitária para cálculo de seção
utilizando o método queda de tensão**

Seção Nominal (mm ²)	Cabos unipolares				Cabos Tripolares Cabos Quadripolares	
						
	FP = 0,80	FP = 0,90	FP = 0,80	FP=0,90	FP = 0,80	FP = 0,90
1,5	21,54	24,16	21,52	24,15	21,49	24,12
2,5	13,25	14,84	13,23	14,82	13,20	14,80
4	8,30	9,27	8,28	9,26	8,26	9,23
6	5,59	6,22	5,57	6,21	5,55	6,20
10	3,38	3,74	3,36	3,72	3,33	3,71
16	2,17	2,38	2,15	2,37	2,13	2,35
25	1,42	1,54	1,40	1,53	1,38	1,51
35	1,06	1,14	1,04	1,12	1,02	1,11
50	0,81	0,86	0,80	0,85	0,78	0,84
70	0,60	0,62	0,58	0,61	0,57	0,60
95	0,46	0,47	0,45	0,46	0,43	0,45
120	0,39	0,39	0,38	0,38	0,36	0,37
150	0,34	0,33	0,32	0,32	0,31	0,32
185	0,30	0,29	0,28	0,27	0,27	0,27
240	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22
300	0,22	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
400	0,20	0,18	0,19	0,17	-	-
500	0,18	0,16	0,17	0,16	-	-

Fonte: (FILHO, 2001)

**ANEXO 12 – Tabela de queda de tensão unitária para cálculo de seção
utilizando o método queda de tensão**

Seção Nominal (mm ²)	Cabos unipolares				Cabos Tripolares Cabos Quadripolares	
						
	FP = 0,80	FP = 0,90	FP = 0,80	FP=0,90	FP = 0,80	FP = 0,90
1,5	21,53	24,15	21,52	24,14	21,48	24,11
2,5	13,24	14,83	13,23	14,82	13,19	14,80
4	8,29	9,27	8,28	9,25	8,24	9,23
6	5,59	6,22	5,57	6,21	5,54	6,19
10	3,37	3,73	3,35	3,72	3,33	3,70
16	2,16	2,38	2,15	2,37	2,12	2,35
25	1,42	1,54	1,40	1,53	1,38	1,51
35	1,05	1,13	1,03	1,12	1,02	1,11
50	0,81	0,86	0,79	0,85	0,77	0,83
70	0,60	0,62	0,58	0,61	0,56	0,60
95	0,46	0,47	0,44	0,46	0,43	0,45
120	0,39	0,39	0,37	0,38	0,36	0,37
150	0,34	0,33	0,32	0,32	0,31	0,31
185	0,29	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
240	0,25	0,24	0,24	0,22	0,23	0,22
300	0,22	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
400	0,20	0,18	0,19	0,17	-	-
500	0,18	0,16	0,17	0,15	-	-

Fonte: (FILHO, 2001)

ANEXO 13 – Tabela de soma dos Produtos de watts x distância para circuitos 127 V.

Tabela 3.18 Soma das potências em watts x distância em metros V = 127 volts

mm ²	Queda de tensão e (%)				
	1%	2%	3%	4%	5%
1,5	7 016	14 032	21 048	28 064	35 081
2,5	11 694	23 387	35 081	46 774	58 468
4	18 710	37 419	56 129	74 839	93 548
6	28 064	56 129	84 193	112 258	140 322
10	46 774	93 548	140 322	187 096	233 871
16	74 839	149 677	224 516	299 354	374 193
25	116 935	233 871	350 806	467 741	584 676
35	163 709	327 419	491 128	654 837	818 547
50	233 871	467 741	701 612	935 482	1 169 353
70	327 419	654 837	982 256	1 309 675	1 637 094
95	444 354	888 708	1 333 062	1 777 416	2 221 770

Fonte: (CREDER, 2016)

ANEXO 14 – Tabela de soma dos Produtos de watts x distância para circuitos 220 V.

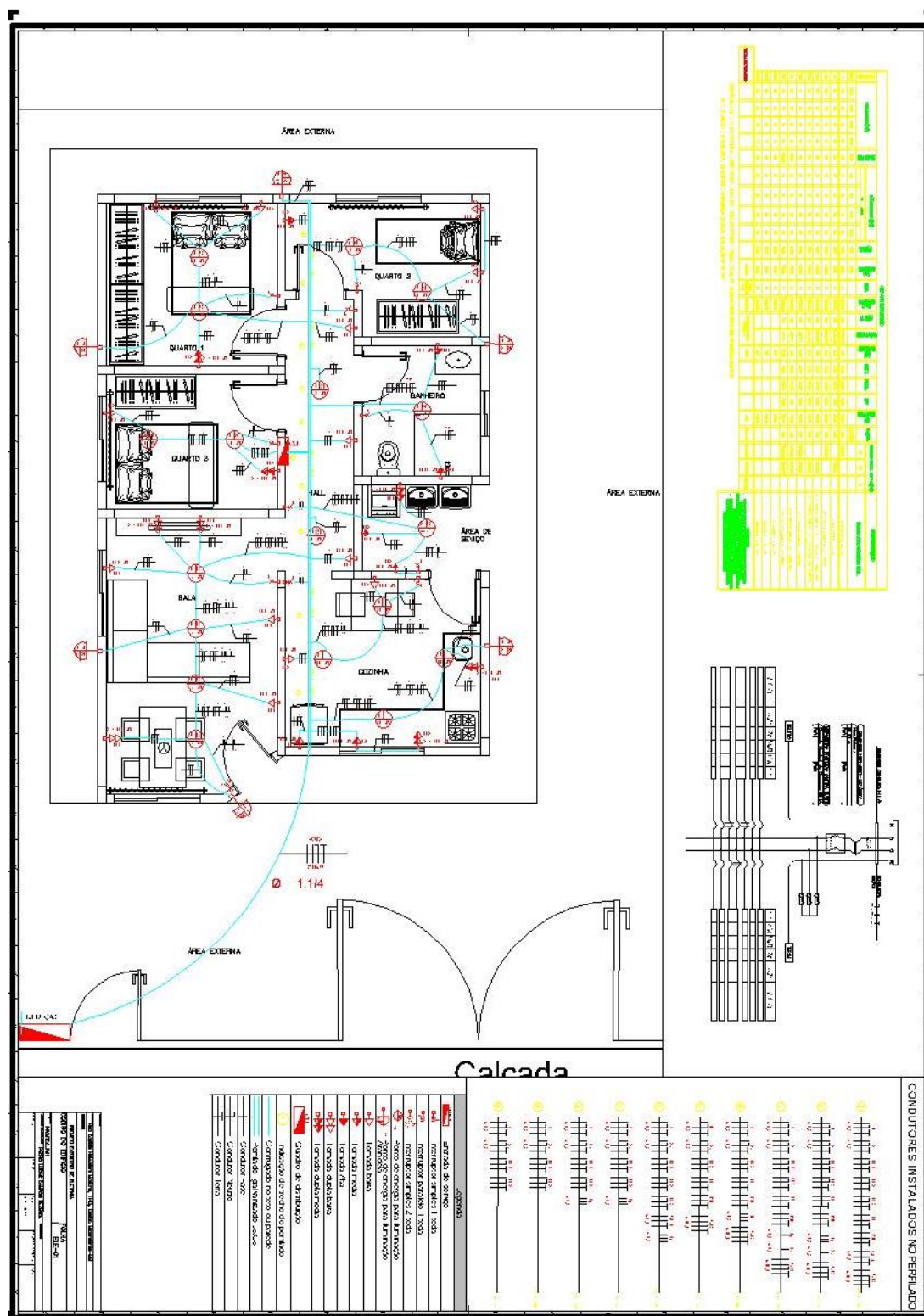
Tabela 3.19 Soma das potências em watts x distância em metros V = 220 volts (2 condutores)

Condutor (mm ²)	Queda de tensão e (%)				
	1%	2%	3%	4%	5%
1,5	21 054	42 108	63 162	84 216	105 270
2,5	35 090	70 180	105 270	140 360	175 450
4	56 144	112 288	168 432	224 576	280 720
6	84 216	168 432	252 648	336 864	421 080
10	140 360	280 720	421 080	561 440	701 800
16	224 576	449 152	673 728	898 304	1 122 880
25	350 900	701 800	1 052 700	1 403 600	1 754 500
35	491 260	982 520	1 473 780	1 965 040	2 456 300
50	701 800	1 403 600	2 105 400	2 807 200	3 509 000
70	982 520	1 965 040	2 947 560	3 930 080	4 912 600

Fonte: (CREDER, 2016)

APÊNDICE

APÊNDICE 1– Prancha projeto elétrico de baixa tensão desenvolvido



Fonte: Próprio Autor