



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



CAIQUE SANTIAGO SALHEB OLIVEIRA DE LIMA
DAVI DE SOUZA BEZERRA

**MODERNIZAÇÃO E ADEQUAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA
RESIDENCIAL UNIFAMILIAR**

Belém - PA
2024

CAIQUE SALHEB SANTIAGO DE OLIVEIRA LIMA
DAVI DE SOUZA BEZERRA

**MODERNIZAÇÃO E ADEQUAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA
RESIDENCIAL UNIFAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Faculdade de Engenharia
Civil do Instituto de Tecnologia da
Universidade Federal do Pará, como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Edson Ortiz de Matos

Belém - PA
2024

CAIQUE SALHEB SANTIAGO DE OLIVEIRA LIMA
DAVI DE SOUZA BEZERRA

**MODERNIZAÇÃO E ADEQUAÇÃO DE UMA INSTALAÇÃO ELÉTRICA
RESIDENCIAL UNIFAMILIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Faculdade de Engenharia
Civil do Instituto de Tecnologia da
Universidade Federal do Pará, como parte
dos requisitos para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Examinadores

Professor Dr. Edson Ortiz de Matos
Universidade Federal do Pará | UFPA
Orientador

Professor Esp. Paulo Sérgio de Jesus Gama
Universidade Federal do Pará | UFPA
Membro da banca

Professor Dr. Allan Rodrigo Arrifano Manito
Universidade Federal do Pará | UFPA
Membro da banca

DEDICATÓRIA

À minha mãe, por confiar em mim e me dar todo espaço que preciso; ao meu pai, por todo carinho e compreensão; à minha vó, por segurar as pontas e viabilizar a minha educação; e a mim mesmo, por não ter desistido nas diversas vezes em que parecia não dar mais: obrigado.

Caique Santiago.

À minha mãe, Márcia Oliveira, que nunca mediu esforços para que eu sempre tivesse uma educação de qualidade, muitas vezes abdicando as coisas para si em prol do objetivo de me ver formado; aos meus familiares, que sempre me apoiaram em todas as decisões e, em especial, à minha avó Maria Alice e meu tio Arão Bezerra (*in memoriam*) que tinham o sonho de me ver formado, mas não estarão presentes fisicamente nesse momento; e, por último, à minha namorada Amanda Santos, que sempre foi meu porto seguro, dando-me forças para não desistir nos momentos mais difíceis. Muito obrigado!

Davi Bezerra.

RESUMO

O estudo de caso apresentado a seguir evidenciará as condições em que se encontram a rede elétrica de um apartamento unifamiliar do Condomínio Residencial Olimpus em Belém-Pará. Apesar de estar em funcionamento há cerca de 40 anos, encontra-se defasada, carecendo de diversos elementos preconizados por norma. O único dispositivo de segurança presente são os disjuntores térmicos (padrão NEMA), os quais não possuem a seletividade esperada, bem como o aterramento é praticamente inexistente, trazendo riscos às integridades física e material dos usuários. Somado a isso, toda a instalação está repleta de emendas oriundas de serviços amadores e sem padronização de cor. Diante deste cenário, este trabalho tem como objetivo elaborar um projeto de instalações elétricas para o apartamento em questão, mediante aplicação do que é previsto em normas, manuais e literaturas em geral. A partir desse estudo, foram locados os pontos de utilização elétricos, dimensionada a seção dos condutores que fazem parte dos circuitos que alimentam esses pontos, os dispositivos que os protegem, e os eletrodutos que abrigam estes circuitos, resultando nos desenhos técnicos que serão a base para a execução do projeto.

Palavras-Chave: Instalações elétricas. Adequação às normas. Levantamento de carga elétrica. Divisão de circuitos. Capacidade de condução de corrente. Dispositivos de proteção. Segurança do usuário. Dimensionamento de eletrodutos.

ABSTRACT

The following case study highlights the conditions of the electrical network of a single-family apartment in the Residencial Olympus condominium in Belém-Pará. Despite being in operation for around 40 years, the network is outdated and lacks several elements recommended by standards. The only safety devices present are thermal circuit breakers (NEMA standard), which do not have the expected selectivity, and the grounding is practically nonexistent, posing risks to the physical and material integrity of the users. Additionally, the entire installation is filled with splices from amateur services and lacks color standardization. Given this scenario, the objective of this work is to develop an electrical installation project for the mentioned apartment, according to what is provided in standards, manuals, and general literature. From this study, the electricity usage points were located, the section of the conductors that make up the circuits feeding these points were sized, the protective devices were determined, and the conduits housing these circuits were specified, resulting in the technical drawings and electrical load chart that will form the basis for the project execution.

Key-Words: Electrical installations. Compliance with standards. Electrical load assessment. Circuit division. Current carrying capacity. Protection devices. User safety. Conduit sizing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tomadas que alimentam ferro de passar e máquina de lavar	14
Figura 2 – Circuitos da tomada do ferro de passar	14
Figura 3 – Circuito da tomada da máquina de lavar.....	14
Figura 4 – Tomada aterrada no Quarto 3.....	15
Figura 5 – Circuito da tomada aterrada no Quarto 3.....	15
Figura 6 – Quadro de distribuição dos circuitos	16
Figura 7 – Croqui da residência	17
Figura 8 – Diagrama do esquema TN-S.....	24
Figura 9 – Diagrama do esquema TN-C-S.....	25
Figura 10 – Diagrama do esquema TN-C	25
Figura 11 – Diagramas do esquema TT.....	25
Figura 12 – Diagramas do esquema IT	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação entre a quantidade de circuitos e o espaço mínimo necessário.	31
Tabela 2 – Fornecimento de energia do Grupo Equatorial Pará.	32
Tabela 3 – Seção do condutor de proteção.	35
Tabela 4 – Valores de capacidades de condução.....	36
Tabela 5 – Número de condutores.....	38
Tabela 6 – Tipo de isolamento	38
Tabela 7 – Temperatura ambiente.	39
Tabela 8 – Fatores de agrupamentos para métodos de instalação.	40
Tabela 9 – Tabela para dimensionamento dos eletrodutos.....	45
Tabela 10 – Potência mínima de iluminação.....	46
Tabela 11 – Quantidade e potência mínima TUG e TUE.....	47
Tabela 12 – Quantidade e potência de iluminação e tomadas final	49
Tabela 13 – Cálculo da carga instalada	50
Tabela 14 – Cálculo de demanda provável.....	51
Tabela 15 – Divisão dos circuitos terminais	52
Tabela 16 – Dimensionamento dos condutores e proteções dos circuitos.....	55
Tabela 17 – Verificação da queda de tensão	57
Tabela 18 – Dimensionamento dos eletrodutos.	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Valores mínimos para a área da seção dos condutores de acordo com o tipo de linha	34
Quadro 2 – Método de instalação dos condutores.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	ESTRUTURA DO TRABALHO	12
1.2	CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.3	CASO ESTUDADO.....	13
1.4	OBJETIVO	17
1.4.1	Objetivos específicos.....	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	NORMATIZAÇÃO	18
2.1.1	ABNT NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão	18
2.1.2	Norma técnica da concessionária regional.....	19
2.1.3	ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 - Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior	19
2.1.4	ABNT NBR 5444:1989 – Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais	19
2.1.5	NR 10:1978 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade	20
2.2	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	20
2.2.1	Elementos da instalação elétrica	20
2.2.1.1	Luminárias	21
2.2.1.2	Interruptores	21
2.2.1.3	Tomadas.....	21
2.2.1.4	Caixas de passagem	22
2.2.1.5	Eletrodutos	22
2.2.1.6	Circuitos terminais.....	22
2.2.1.7	Conexões elétricas	23
2.2.1.8	Dispositivos de proteção contra sobrecorrente e curto-circuito	23
2.2.1.9	Aterramento.....	24
2.2.1.10	Dispositivo diferencial residual	26
2.2.1.11	Dispositivo de proteção contra surtos	27
2.2.1.12	Quadro de distribuição de circuitos	27
2.2.1.13	Circuito de distribuição	28
2.2.1.14	Medidor	28

2.2.1.15	<i>Ramal de ligação</i>	28
3	METODOLOGIA	29
3.1	PROJETO ELÉTRICO	29
3.2	DIVISÃO DOS CIRCUITOS.....	29
3.2.1.1	<i>Iluminação</i>	30
3.2.1.2	<i>Tomadas</i>	30
3.2.1.2.1	Tomadas de uso geral (TUG).....	30
3.2.1.2.2	Tomadas de uso específico (TUE)	30
3.2.1.3	<i>Espaços reserva</i>	31
3.2.2	Padrão de entrada e circuito de distribuição	31
3.2.2.1	<i>Carga instalada</i>	32
3.2.2.2	<i>Demanda provável</i>	33
3.2.3	Dimensionamento dos condutores	34
3.2.3.1	<i>Seção mínima</i>	34
3.2.3.2	<i>Capacidade de condução de corrente</i>	35
3.2.3.3	<i>Fatores de correção</i>	38
3.2.3.3.1	Corrente corrigida.....	40
3.2.3.3.2	Capacidade de condução real.....	41
3.2.3.4	<i>Queda de tensão</i>	41
3.2.3.5	<i>Dimensionamento dos dispositivos de proteção</i>	42
3.2.3.5.1	Disjuntor termomagnético.....	43
3.2.3.5.2	Aterramento.....	43
3.2.3.5.3	Interruptor diferencial residual	43
3.2.3.5.4	Dispositivo de proteção contra surtos	44
3.2.4	Dimensionamento dos eletrodutos	44
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
4.1	PREVISÃO DE CARGA E PADRÃO DE ENTRADA	46
4.1.1	<i>Iluminação mínima</i>	46
4.1.2	<i>Força mínima</i>	47
4.1.3	<i>Potência total</i>	48
4.1.4	<i>Carga instalada</i>	50
4.1.5	<i>Demanda provável</i>	51

4.2	DIVISÃO DOS CIRCUITOS TERMINAIS	51
4.3	DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES E PROTEÇÕES DOS CIRCUITOS	53
4.3.1	Verificação da queda de tensão	56
4.4	DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS.....	58
4.5	PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	61
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
5.1	SUGESTÕES PARA MELHORIAS E CONTINUIDADE	63
	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICE A – ESQUEMA ELÉTRICO UNIFILAR	68
	APÊNDICE B – QUADRO DE CARGAS.....	69
	APÊNDICE C – DIAGRAMA UNIFILAR.....	70

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta a estrutura e a organização das etapas desenvolvidas neste trabalho, bem como os motivos que justificam a necessidade de modernização e adequação das instalações. Esses motivos são apresentados através de uma breve análise do contexto em que a residência foi construída, do histórico de intervenções realizadas ao longo do tempo e do estado atual da infraestrutura elétrica da residência, objeto deste estudo de caso. Além disso, apresenta os ambientes que constituem a residência através de um desenho técnico.

1.1 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho apresentado está dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo, introdutório, contextualiza o problema vivido pelo usuário e apresenta os objetivos a serem alcançados no decorrer do trabalho, buscando a solução desses problemas.

O segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica utilizada para evidenciar os componentes elétricos envolvidos na instalação elétrica da residência, e dimensionar esses elementos.

No terceiro capítulo, é apresentada a metodologia, descrevendo passo a passo a realização do dimensionamento do projeto de acordo com as normas pertinentes.

O quarto capítulo apresenta os resultados dos dimensionamentos e o projeto elétrico final da residência.

Por fim, o quinto capítulo expõe as considerações realizadas acerca do que foi desenvolvido durante a elaboração do projeto e dos resultados obtidos.

1.2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Em meados dos anos 80, no bairro do Umarizal, na divisa com o Telégrafo pela Rua Municipalidade, foram construídos os sete edifícios que compõem o Residencial Olimpus. Naquela época, a ABNT NBR 5410, que estabelece os requisitos para instalações elétricas de baixa tensão, havia sido recentemente lançada e ainda exercia pouca influência sobre as práticas dos instaladores, que seguiam principalmente a Norma Brasileira para Execução de Instalações Elétricas de 1941, a

qual, por sua vez, era baseada no Código de Instalações Elétricas de 1914, complementadas com normas americanas e europeias (Cunha, 2010).

Embora tenha funcionado por décadas, a instalação elétrica dos apartamentos foi se tornando obsoleta, não atendendo mais aos padrões de segurança e eficiência que evoluíram ao longo do tempo. A própria norma foi atualizada três vezes: em 1990, 1997 e, por fim, em 2004, refletindo a modernização dos equipamentos eletroeletrônicos e as demandas do cotidiano na era da informação (Cunha, 2010).

Entre os 480 apartamentos do condomínio, há desde unidades que foram completamente reformadas, incluindo a parte elétrica, até aquelas que passaram por intervenções mínimas, como a adição ou troca de uma ou mais tomadas. O que pode ter sido um grande incentivo para essas intervenções foi a Lei nº 11.337, de 26 de julho de 2006, posteriormente alterada pela Lei nº 12.119, de 2009, que tornou obrigatória, em edificações no Brasil, a instalação de sistemas de aterramento e o uso da famosa tomada de três pinos, a tomada tipo J.

1.3 CASO ESTUDADO

O objeto de estudo deste trabalho é uma residência unifamiliar com cerca de 40 anos de idade, e com área total de aproximadamente 72 metros quadrados, localizado no condomínio Residencial Olympus, mencionado anteriormente, situado no bairro do Umarizal em Belém-Pará. Com 15 andares, um dos prédios possui 8 apartamentos por andar, e o restante 4.

Diversas intervenções pontuais foram realizadas no apartamento ao longo do tempo, como a realocação de interruptores, o acréscimo de tomadas e a substituição gradual para o padrão de tomada atualmente exigido por lei.

No entanto, a adequação do padrão de tomadas foi realizada de forma superficial, tendo sido realizado aterramento em apenas duas tomadas em um dos quartos, deixando de contemplar aparelhos essenciais, como máquina de lavar, ferro de passar, geladeira, fogão etc. (Figuras 1 a 5).

Figura 1 – Tomadas que alimentam ferro de passar e máquina de lavar



Fonte: Autor (2024).

Figura 2 – Circuitos da tomada do ferro de passar



Fonte: Autor (2024).

Figura 3 – Circuito da tomada da máquina de lavar



Fonte: Autor (2024).

Figura 4 – Tomada aterrada no Quarto 3



Fonte: Autor (2024).

Figura 5 – Circuito da tomada aterrada no Quarto 3



Fonte: Autor (2024).

O quadro de distribuição, ainda no padrão NEMA, não possui dispositivos de proteção contra surtos, dispositivo diferencial residual, e nem barramentos para aterramento e para neutro, que são todos unidos em contato direto isolado com fita isolante (Figura 6). Além da evidente desordem visual, não há qualquer seletividade nos dispositivos, o que resulta no desligamento de quase toda a residência em caso de acionamento de apenas um disjuntor. Em alguns casos, dois disjuntores protegem o mesmo circuito, enquanto um outro se destina a proteger apenas uma única lâmpada.

Figura 6 – Quadro de distribuição dos circuitos

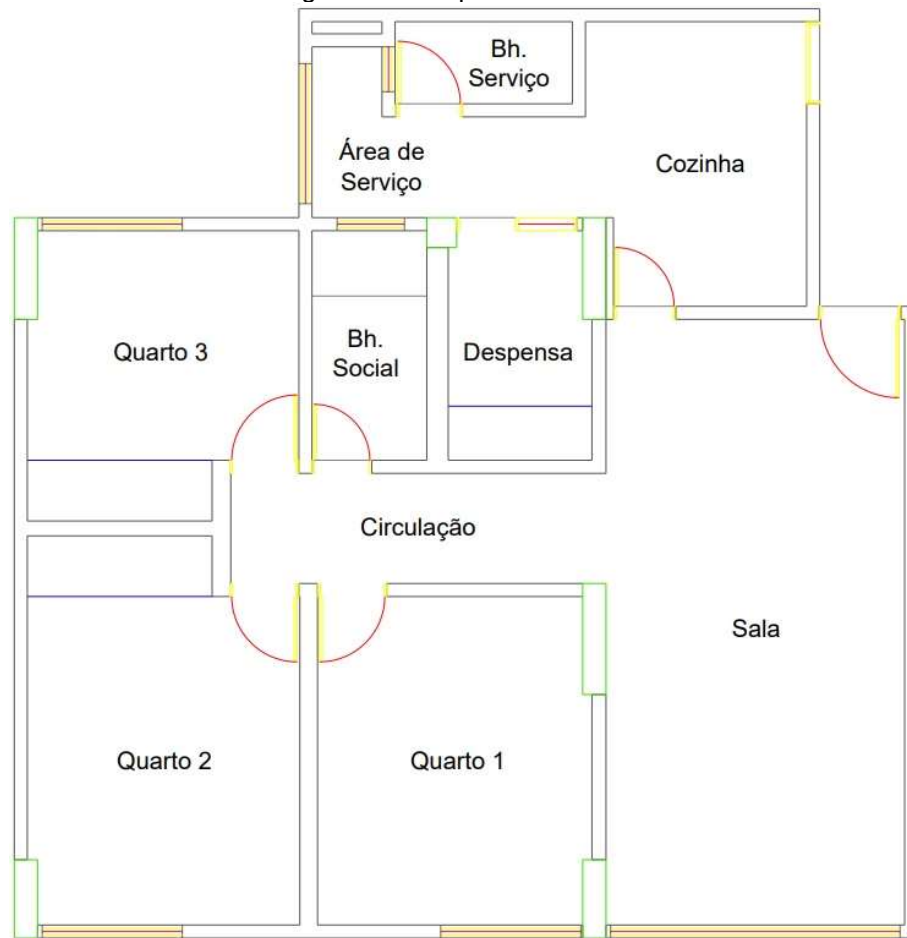


Fonte: Autor (2024).

Em resumo, trata-se de uma instalação totalmente sem padrão, composta por cabos de cobre rígidos antigos, oxidados e quebradiços, e por cabos flexíveis de diversas épocas, que saem de uma caixa de passagem com uma cor e chegam à próxima com outra. Essa configuração dificulta imensamente eventuais manutenções, tanto pela dificuldade de identificação e manipulação dos elementos, quanto pela necessidade de interromper a energia de quase toda a casa para realizar a maioria dos reparos. Além disso, a ausência dos sistemas de proteção exigidos pela NBR 5410 compromete seriamente a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado das instalações e a preservação dos bens conectados a ela (ABNT NBR 5410, 2004).

No apartamento em questão, encontramos a seguinte divisão de ambientes (Figura 7):

Figura 7 – Croqui da residência



Fonte: Autor (2024).

1.4 OBJETIVO

A presente monografia tem como objetivo elaborar um projeto de instalações elétricas para um apartamento do condomínio Residencial Olympus, em Belém-Pará, mediante aplicação do que é previsto em normas, manuais e literaturas em geral, visando a eficiência e segurança do sistema, atendendo às necessidades e especificidades do usuário.

1.4.1 Objetivos específicos

- Localização dos pontos iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico no projeto, e determinação de suas cargas mínimas;
- Cálculo da carga instalada e demanda provável da instalação;
- Dimensionamento do ramal de entrada;
- Dimensionamento dos condutores e dispositivos de proteção;
- Dimensionamento dos eletrodutos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Antes de prosseguir para a parte técnica, é importante lembrar alguns conceitos da física e conhecer as normas e diretrizes que norteiam a elaboração e dimensionamento de um projeto elétrico de baixa tensão, bem como conhecer os elementos e o funcionamento de uma instalação elétrica residencial.

Este capítulo faz uma revisão teórica acerca deste conteúdo, destacando a importância de atender, bem como os riscos de se negligenciar os requisitos das normas pertinentes, além de apresentar os elementos de uma instalação elétrica residencial.

2.1 NORMATIZAÇÃO

Atender às recomendações normativas é fundamental em todas as fases de um projeto, desde a elaboração, execução, vistoria de entrega, até a operação e manutenção. Negligenciar as normas técnicas pode resultar em acidentes e incêndios, como aqueles frequentemente registrados pelo Corpo de Bombeiros. Esses acidentes não apenas causam danos materiais, mas também representam riscos consideráveis à vida humana. Portanto, a observância das normas técnicas é essencial para prevenir tais incidentes e promover um ambiente seguro e confiável em diversas áreas da engenharia e construção (Beta Educação, 2024).

As principais Normas que se aplicam durante a execução de um projeto elétrico de baixa tensão são: ABNT NBR 5410:2004 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão, ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 - Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior, ABNT NBR 5444:1989 – Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais e a NR 10:1978 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade, além das normas técnicas das concessionárias de energia de cada região.

2.1.1 ABNT NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão

A NBR 5410 (2004) estabelece os requisitos que as instalações elétricas de baixa tensão devem atender para garantir seu funcionamento adequado e eficiente, visando a segurança de pessoas e animais domésticos e a conservação de bens. Deve ser guia para todo profissional da área de instalações residenciais, pois se aplica tanto a novas instalações quanto a qualquer alteração ou ampliação em uma

instalação existente, como adição de novas tomadas ou pontos de luz (Souza; Moreno, 2001).

2.1.2 Norma técnica da concessionária regional

As concessionárias de energia elétrica desempenham um papel crucial na distribuição e manutenção do fornecimento de energia elétrica. Elas são responsáveis por garantir que a energia seja distribuída de maneira eficiente e segura, seguindo regras e normas estabelecidas por órgãos reguladores como a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (Nery, 2012).

No Pará, o Grupo Equatorial Energia, através de sua norma técnica, complementa a NBR 5410 apresentando uma tabela, como será visto no capítulo 3.1 deste trabalho, onde se determina o tipo de fornecimento, capacidade do disjuntor de entrada e especificações do ramal de ligação de uma instalação, de acordo com a carga instalada.

2.1.3 ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 - Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior

Esta norma especifica os requisitos de iluminação para os locais de trabalhos internos e os requisitos para que essas pessoas desempenhem suas tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança. A finalidade desta norma não é especificar como os sistemas ou técnicas de iluminação devam ser projetadas, com objetivo de aperfeiçoar as soluções para locais específicos de trabalho (ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, 2013).

Entretanto, para este estudo, será utilizada a alternativa apresentada pela própria NBR 5410 (2004) em seu item 9.5.2.1, que atrela quantidade e potência de pontos de iluminação à área do ambiente, como será visto no capítulo 3.1.1.1 deste trabalho.

2.1.4 ABNT NBR 5444:1989 – Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais

Esta norma estabelece a simbologia utilizadas para os elementos de uma instalação representados em um desenho técnico, que é baseada em figuras

geométricas simples, como traço, círculo, triângulo e quadrado, e apresenta informações acerca da escolha destes elementos e sua aplicação e variações (ABNT NBR 5444, 1989).

2.1.5 NR 10:1978 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade

A NR 10 define os requisitos e condições mínimas necessários para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem com a rede elétrica, estabelecendo medidas de controle e sistemas preventivos, proteção individual e coletiva, além de fazer diversas exigências de segurança em projeto.

2.2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Denomina-se instalação elétrica toda estrutura física composta por elementos terminais, condutores, de proteção, seccionamento e comando, ligando equipamentos elétricos de uma unidade consumidora à fornecedora de energia elétrica (D'Ávila, 2007).

De acordo com a NBR 5410 (2004), a classificação das instalações elétricas se dá pela sua tensão nominal (V), podendo ser de baixa tensão, com a tensão nominal menor ou igual a 1 KV para corrente contínua e 1,5 KV para corrente alternada, de média tensão, com a tensão nominal operando entre 1 KV e 36 KV e, por último, de alta tensão, quando a tensão nominal é superior a 36 KV.

Já a distribuição desta energia elétrica é realizada em todo o território nacional através das concessionárias de energia elétrica, em três fases distintas a 60hz, saindo das subestações e chegando aos transformadores, onde há a redução da tensão para 127 V ou 220 V, chegando ao consumidor final (Borges; Gomes, 2007).

2.2.1 Elementos da instalação elétrica

A seguir serão apresentados os elementos que compõem uma instalação elétrica de baixa tensão residencial.

2.2.1.1 *Luminárias*

Com função de distribuir, filtrar ou transformar a luz, existem diversos tamanhos e modelos. Os tipos de luminárias mais comuns no Brasil são os lustres, spots, arandelas, painéis e plafons. Atualmente, o LED é o tipo de lâmpada mais utilizado para compor as luminárias devido à sua durabilidade e eficiência (Alves, 2020).

2.2.1.2 *Interruptores*

É um dispositivo que tem a função de ligar ou desligar um circuito, mais comumente no acionamento de lâmpadas. Podem ser de embutir ou sobrepor, e existem modelos que vêm conjugados com tomadas ou outros interruptores.

Eles podem ser do tipo simples, que possui apenas dois bornes, que serão ligados a fase e a um elemento chamado retorno, que conecta o interruptor até a luminária, onde estará conectado o neutro; do tipo paralelo, utilizado quando é necessário acionar uma lâmpada por dois pontos distintos, pois eles têm um terceiro borne que possibilita a comunicação entre dois interruptores paralelos; ou do tipo intermediário, que é utilizado em entre interruptores paralelos quando estes estão muito distantes um do outro (Creder, 2017).

2.2.1.3 *Tomadas*

Atualmente no Brasil, as tomadas são fabricadas com 3 terminais, a fim de atender à legislação brasileira mencionada na introdução, sendo os das extremidades para a fase e o neutro em circuitos monofásicos, ou para as duas fases em um circuito bifásico, e o terminal central é reservado para o aterramento.

Têm a função de conectar um aparelho eletrônico ao fornecimento de energia, podendo suportar correntes de até 10A ou 20A, de acordo com o modelo, e assim como os interruptores, existem modelos de embutir sobrepor, e podem ser conjugados com outras tomadas ou interruptores.

Quanto a sua utilização, existem dois tipos de tomada: as tomadas de uso geral (TUG), que são pontos de alimentação para equipamentos gerais, que podem ou não ficar conectados o tempo todo; e as tomadas de uso específico (TUE), que são

destinadas a equipamentos específicos, tendo a sua potência igual à do aparelho a ser alimentado, ou a maior possível (Creder, 2017).

2.2.1.4 *Caixas de passagem*

Também conhecida como caixa de luz, este componente tem função crucial numa instalação elétrica, funcionando como uma central para as conexões, unindo-se os fios para a instalação dos dispositivos elétricos, como tomadas, interruptores e luminárias. Estas caixas podem ser encontradas em diferentes tipos no mercado, sendo as mais comuns as de embutir, de sobrepor, para *drywall*, octogonal e de piso, dentre outras (CATEL, 2023).

2.2.1.5 *Eletrodutos*

Denomina-se eletroduto o elemento de linha elétrica fechada, podendo ter seção transversal circular ou não, que tem a função de abrigar condutores elétricos providos de isolamento, possibilitando a enfição ou mesmo a retirada deles. Os eletrodutos podem ser metálicos (aço, alumínio) ou de material isolante (PVC, polietileno, fibrocimento etc.), sendo utilizados em linhas elétricas embutidas, subterrâneas ou aparentes (Cotrim, 2009).

Existem modelos flexíveis que permitem realizar curvas sem necessidade de caixas de passagem, sendo mais utilizados em ambientes internos embutidos em alvenaria, e modelos rígidos, que são recomendados para instalações aparentes e em áreas externas, pois requerem proteção extra contra colisões e choques mecânicos em geral.

2.2.1.6 *Circuitos terminais*

Segundo Creder (2007), circuito terminal é o circuito elétrico que parte do quadro de distribuição para realizar a alimentação de lâmpadas e tomadas de uso geral e uso específico. Com o intuito de facilitar a identificação e manuseio dos condutores, seja na execução da instalação ou em eventuais manutenções, a NBR 5410 (2004) estabeleceu um padrão de cores para a isolamento dos condutores em uma instalação elétrica de acordo com a sua função.

O condutor neutro, que retorna a corrente ao painel elétrico e fecha o circuito, é identificado pela cor azul claro. O condutor terra, é identificado pela cor verde ou verde com uma faixa amarela. Este condutor tem a função de direcionar as correntes de falha para a terra, protegendo as pessoas e os equipamentos de possíveis choques elétricos. Os condutores fase podem ter qualquer cor, exceto as utilizadas para o neutro e terra, e cada fase de um sistema deve ter uma cor diferentes entre si (ABNT NBR 5410, 2004).

O cabo de retorno, que não é mencionado na norma, é um cabo de fase que foi seccionado em um interruptor para proporcionar o controle de acionamento de uma lâmpada, portando, a sua regra de cor é a mesma que a regra de fase, sendo mais usual a preta, para se diferenciar das fases que costumam ter cor mais viva (Mattede, 2024b).

2.2.1.7 Conexões elétricas

Realizar conexões ao longo do circuito, seja para alcançar distâncias maiores, realizar derivações no circuito ou conectar o cabo a algum componente elétrico, pode ser feito de forma direta, entrelaçando as partes expostas dos condutores entre si, ou utilizando componentes chamados conectores elétricos. No mercado, existem diversos tipos de conectores, como o tipo guilhotina, de alavanca e as luvas, além dos conectores terminais, que possuem vários modelos, um para cada tipo de borne no componente a ser conectado o condutor (Engehall, 2024).

2.2.1.8 Dispositivos de proteção contra sobrecorrente e curto-circuito

São dispositivos capazes de suportar corrente elétrica de um circuito sob condições normais, e suportar, por um determinado período, e interromper a corrente sob condições anormais do circuito.

No contexto das instalações elétricas de baixa tensão residenciais, os mais comuns são os disjuntores tipo NEMA e os mini disjuntores tipo DIN. Os disjuntores do tipo NEMA, geralmente encontrado em instalações antigas, são, tecnicamente, disjuntores térmicos, ou seja, atuam somente com a elevação da temperatura do circuito, que dilata um componente interno bimetálico do dispositivo, disparando-o. Já

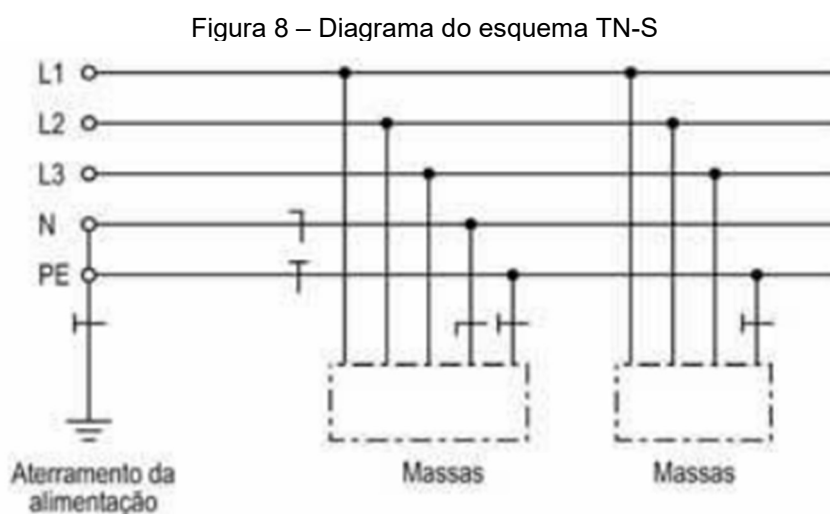
o tipo DIN, além de possuir o método de atuação similar ao do NEMA, possui também uma bobina que aciona o mecanismo de desarme do dispositivo ao detectar uma corrente superior ao suportado, através do campo magnético gerado por essa corrente, e por isso é chamado de disjuntor termomagnético (Mattede, 2024c).

2.2.1.9 Aterramento

O aterramento é um sistema projetado para colocar os equipamentos no mesmo potencial elétrico que a terra, evitando assim, em casos de falta, a passagem de corrente elétrica pelo corpo humano ao tocar nas partes condutoras deste equipamento (Tavares, 2021).

A NBR 5410 (2004) apresenta alguns esquemas de aterramento, descritos a seguir:

- Esquema TN: possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, sendo os equipamentos ligados a esse ponto através dos condutores de proteção. Esse esquema possui três variações, sendo:
- TN-S, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são separados. A Figura 8 apresenta o diagrama referente ao esquema TN-S.

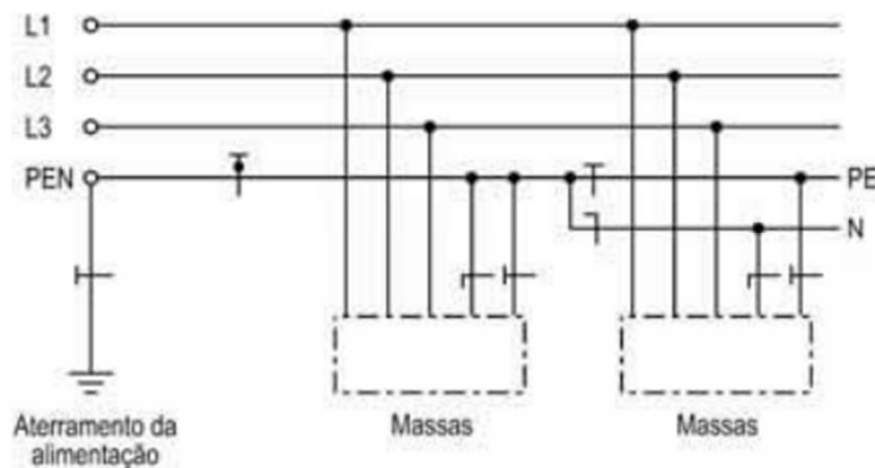


Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

- TN-C-S, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são combinados em parte do sistema, se separando em algum ponto,

gerando um condutor neutro e um condutor de proteção distintos um do outro. A Figura 9 apresenta o diagrama referente ao esquema TN-C-S.

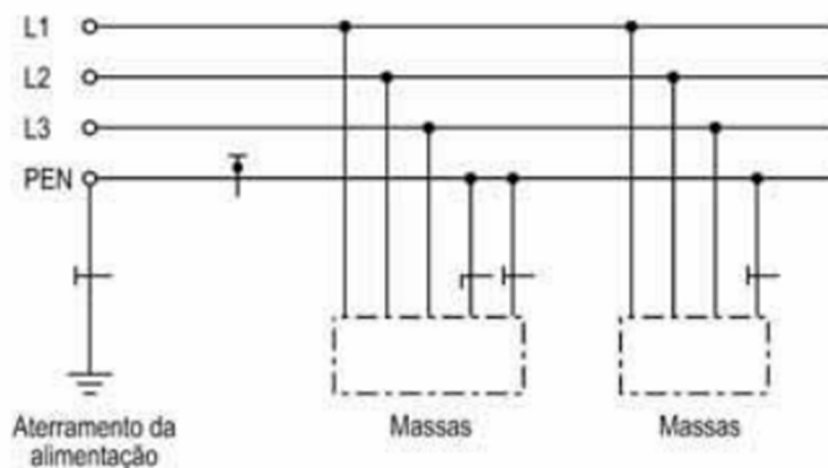
Figura 9 – Diagrama do esquema TN-C-S



Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

- TN-C, no qual o condutor neutro e o condutor de proteção são combinados em um único condutor em todo o sistema. A Figura 10 apresenta o diagrama referente ao esquema TN-C.

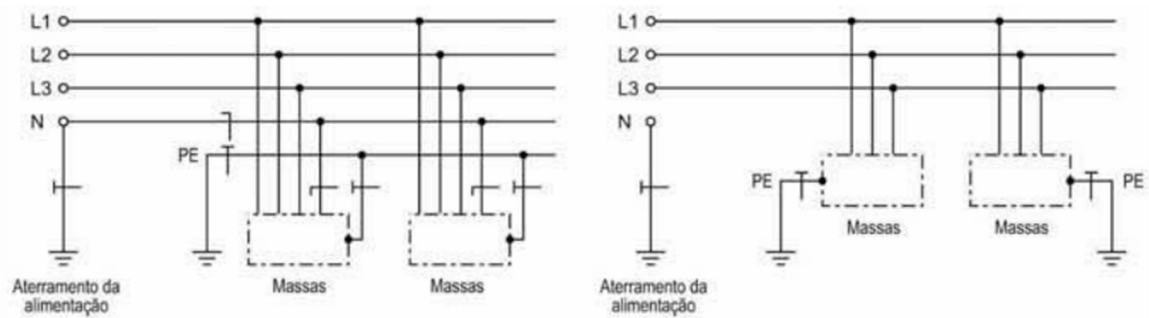
Figura 10 – Diagrama do esquema TN-C



Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

- Esquema TT: possui um ponto da alimentação diretamente aterrado, porém os equipamentos possuem aterramentos eletricamente distintos. A Figura 11 apresenta os diagramas referentes ao esquema TT.

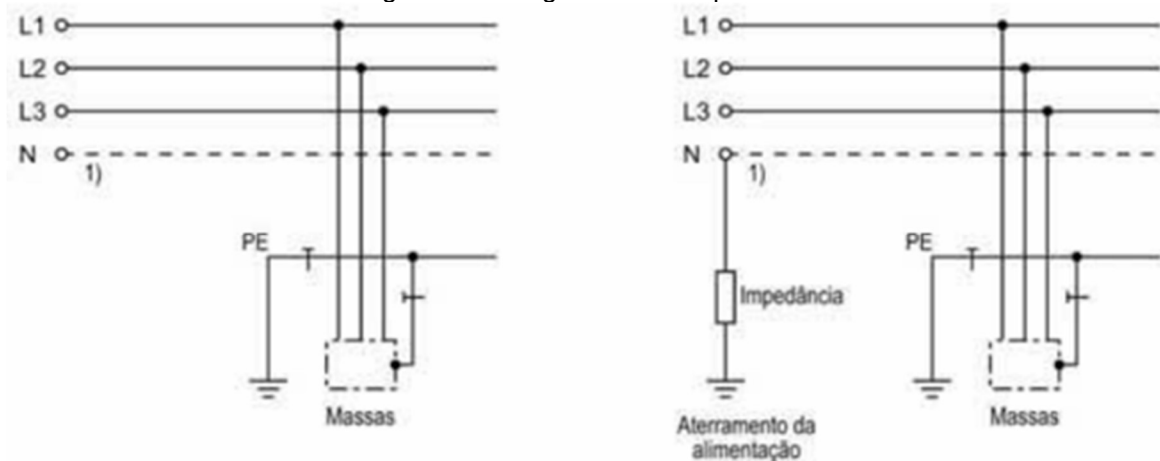
Figura 11 – Diagramas do esquema TT



Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

- Esquema IT: todas as partes vivas são isoladas da terra, ou um ponto da alimentação é aterrado através de impedância. A Figura 12 apresenta os diagramas referentes ao esquema IT.

Figura 12 – Diagramas do esquema IT



Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

2.2.1.10 Dispositivo diferencial residual

É um dispositivo de proteção que detecta a existência de corrente diferencial, em um circuito. Ele provoca a abertura do circuito quando o valor da corrente ultrapassa o valor suportado pelo dispositivo, evitando eventuais choques elétricos ou incêndios (Cotrim, 2008).

Os dispositivos diferenciais residuais instalados para proteger pessoas contra contatos diretos e indiretos possuem alta sensibilidade, na faixa de 30mA. Já os de baixa sensibilidade atuam geralmente na faixa de 300mA e são utilizados principalmente para proteger equipamentos e instalações com alto risco de incêndio, como depósitos de produtos inflamáveis (Uesugui, 2018).

Conforme a NBR 5410 (2004), o uso deste dispositivo é considerado adicional, não sendo reconhecido como uma proteção completa, e não dispensa a realização de equipotencialização da rede. Ainda segundo a norma, o termo “dispositivo” não se refere a um produto específico, mas sim a qualquer forma de implementar essa proteção, podendo este dispositivo ser interruptores, disjuntores ou tomadas com a proteção diferencial residual integrada, módulos de proteção que podem ser associados a disjuntores, entre outros.

O interruptor diferencial residual, dispositivo que será utilizado neste estudo de caso, são produtos desenvolvidos para proteção somente contra fugas de corrente e não é indicado para proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos, devendo ser associado a um dispositivo para tal (WEG, 2024).

2.2.1.11 Dispositivo de proteção contra surtos

Tem a função de desviar correntes de surtos geradas por sobretensões transitórias na rede elétrica, como a de um raio ou de partida de motores, por exemplo, para o aterramento da instalação, protegendo assim os aparelhos eletrônicos ligados nesta rede (Schneider Eletric, 2024).

2.2.1.12 Quadro de distribuição de circuitos

O quadro de distribuição de circuitos, também conhecido como quadro elétrico ou painel de distribuição, é um componente da instalação elétrica que serve como ponto central a partir do qual os circuitos são distribuídos, abrigando também os dispositivos de proteção, controle e monitoramento. De maneira geral, o funcionamento deste componente se dá a partir da chegada da energia elétrica da concessionária, através do circuito de distribuição, passando pelo disjuntor geral, para então a energia ser distribuída para os demais circuitos, através de disjuntores secundários. A classificação desses quadros de distribuição de energia se dá como residencial, comercial e industrial, variando de acordo com a demanda de energia que é solicitada. Outra maneira de classificar os quadros de distribuição é quanto à sua forma de instalação, podendo ser de sobrepor ou embutir (Blog Enerbras, 2024).

2.2.1.13 Circuito de distribuição

Segundo Cotrim (2009), o circuito que alimenta um ou mais quadros de distribuição é denominado circuito de distribuição, levando a energia do medidor para o quadro de distribuição ou quadro de luz.

2.2.1.14 Medidor

Um medidor de energia é um dispositivo utilizado para medir a quantidade de energia elétrica consumida por um aparelho ou sistema elétrico, sendo essencial para o controle e gestão do consumo de energia. No Brasil, existem dois tipos de medidores de energia: o eletromecânico e o eletrônico (ABB, 2022).

O medidor de energia eletromecânico possui um disco de metal que se movimenta em decorrência do campo magnético gerado pela passagem de corrente elétrica pelas bobinas. Já no medidor eletrônico, o funcionamento se dá pela utilização de sensores associados a transdutores, que registram a corrente e o potencial, obtendo-se a quantidade de energia consumida (ABB, 2022).

2.2.1.15 Ramal de ligação

Segundo Cotrim (2009), o ramal de ligação de uma instalação elétrica é um conjunto de condutores e acessórios que conectam o ponto de derivação da rede da concessionária ao ponto de entrega.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada neste trabalho para as diversas etapas do desenvolvimento do projeto elétrico, de acordo com as diretrizes das normas pertinentes.

3.1 PROJETO ELÉTRICO

Perante a ausência dos projetos originais, foi realizado levantamento com trena eletrônica e convencional para elaboração do croqui realizado pelo autor, apresentado na Figura 7, que será base para o projeto de instalações elétricas.

Para este trabalho, visando a elaboração de um projeto de instalações elétricas completamente novo para a unidade, foram desconsiderados todos os componentes do sistema elétrico atual, que deverão ser completamente removidos na ocasião da execução deste projeto.

O memorial de cálculo foi realizado em planilhas do *Microsoft Excel* que, elaboradas pelo autor, foram formuladas seguindo as diretrizes apresentadas na norma vigente.

3.2 DIVISÃO DOS CIRCUITOS

As cargas devem ser divididas entre as fases de modo a atingir o maior equilíbrio possível, prevenindo efeitos danosos ou indesejados. A NBR 5410 (2004) exige que a divisão dos circuitos atenda parâmetros de segurança, de conservação de energia, funcionais, de produção e de manutenção.

Para tal, a instalação deve ser realizada de maneira seccionada podendo ter quantos circuitos se façam necessários, de forma que viabilize a manutenção do sistema, a verificação e localização de defeitos e seus reparos. Em particular, a NBR 5410 (2004) dita que circuitos de iluminação e tomadas sejam distintos, individualizando suas funções.

A NBR 5410 (2004) fixa critérios mínimos para determinação de pontos de iluminação e tomadas, abordados a seguir. Vale frisar que estes critérios estabelecem quantidades mínimas, podendo o projetista incluir pontos a mais de acordo com as necessidades do usuário.

3.2.1.1 Iluminação

A NBR 5410 (2004) informa que as cargas de iluminação devem ser calculadas de acordo com as diretrizes estabelecidas na NBR 5413. Entretanto, em seu item 9.5.2.1, apresenta critérios mínimos para pontos de iluminação em locais de habitação, que é o caso deste estudo.

É determinado que em cada ambiente tenha pelo menos um ponto de luz fixo no teto que seja comandado por interruptor. Em cômodos com área igual ou inferior a 6m^2 a potência deve ser de, no mínimo, 100VA, e se tiverem área superior a 6m^2 , acrescentar 60VA para cada 4m^2 inteiros.

3.2.1.2 Tomadas

Podem ser tomadas de uso geral, que são as tomadas projetadas para suportar até 10A utilizadas no dia a dia para eletrodomésticos gerais, e podem ser tomadas de uso específico, que são utilizadas para aqueles equipamentos com corrente superior a 10A (ABNT NBR 5410, 2004).

3.2.1.2.1 Tomadas de uso geral (TUG)

A NBR 5410 (2004) determina que: em banheiros, tenha-se pelo menos um ponto de tomada próximo ao lavatório; em cozinhas, áreas de serviço e locais análogos, seja previsto no mínimo um ponto de tomada a cada 3,5m ou fração, do perímetro; em salas e dormitórios, pelo menos um ponto a cada 5m ou fração, do perímetro; e para demais cômodos, se área superior a $2,25\text{m}^2$ e igual ou inferior a 6m^2 , um ponto de tomada no mínimo.

Quanto às potências atribuíveis para cada ponto, não devem ser inferiores a 600VA nos três primeiros e 100VA nos pontos seguintes em banheiros, cozinhas, áreas de serviço e ambientes análogos, e, nos demais cômodos, deve-se ter no mínimo 100VA por ponto de tomada.

3.2.1.2.2 Tomadas de uso específico (TUE)

Segundo a NBR 5410 (2004), a quantidade e potência de tomadas de uso específico será função dos aparelhos que serão utilizados no ambiente, de acordo com as necessidades do usuário. Caso não seja conhecido com precisão a potência

dos aparelhos, a potência atribuída ao ponto deverá ser igual a potência dos equipamentos mais potentes que possa vir a ser alimentado pelo ponto.

3.2.1.3 Espaços reserva

De acordo com a NBR 5410 (2004), devem ser previstos espaços de reserva nos quadros de distribuição, para possibilitar ampliações futuras sem a necessidade de serviços mais trabalhosos, como a redimensionamento de circuitos, troca de disjuntores, ou mesmo troca do quadro de distribuição completo por outro maior.

Através da Tabela 1, adaptada da NBR 5410 (2004), é possível definir a quantidade mínima de espaços reserva em função da quantidade de circuitos ativos existentes. Vale ressaltar que o valor definido não é a quantidade de circuitos, podendo esses serem bifásicos ocupando dois espaços reserva, por exemplo.

Tabela 1 – Relação entre a quantidade de circuitos e o espaço mínimo necessário.

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

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

3.2.2 Padrão de entrada e circuito de distribuição

Para definir o tipo de fornecimento de energia e as características do padrão de entrada e circuito de distribuição, será utilizada a Tabela 2, adaptada da Norma Técnica – NT 001/2023 (EQUATORIAL, 2023) da concessionária local, retificada em sua nota técnica 0001/2024, que é válida para instalações em 127/220V.

Tabela 2 – Fornecimento de energia do Grupo Equatorial Pará.

Método de Cálculo	Tipos de Fornecimento	Carga (kW)	Disjuntor termomagnético	Ramal de conexão					Diâmetro nominal eletroduto de aço galvanizado (pol.)	Condutor cobre isolado mínimo do cliente fase (neutro) (mm²)	Condutor de aterramento ø (aço cobreado) (mm²)	Diâmetro nominal ø eletroduto aterramento (pol.)
				Cabo de cobre concêntrico (mm²)	Cabo de cobre multiplexado (mm²)	Duplex	Cabo de alumínio multiplexado (mm²)	Distância a partir de 2 km da orla marítima				
Carga Instalada	Monofásico	Até 4	30 ou 32 (MONO)	6	6	10	-	-	3/4	6(6)	6	1/2
		4,1 até 8	60 ou 63 (MONO)	10	6	10	-	-	3/4	10(10)	10	1/2
		8,1 até 10	70 (MONO)	-	10	16	-	-	3/4	10(10)	10	1/2
	Bifásico	Até 10	50 (BI)	-	6	-	10	-	1	10(10)	10	1/2
		10,1 até 13	60 ou 63 (BI)	-	10	-	16	-	1	10(10)	10	1/2
		13, 1 até 15	70 (BI)	-	10	-	16	-	1	10(10)	10	1/2
Demanda	Trifásico	Até 15	40 (TRI)	-	6	-	-	10	1.1/2	6(6)	6	1/2
		15,1 até 19	50 (TRI)	-	10	-	-	16	1.1/2	10(10)	6	1/2
		19,1 até 27	70 (TRI)	-	16	-	-	25	2	16(26)	16	1
		27,1 até 38	100 (TRI)	-	25	-	-	35	2	25(25)	25	1
		38,1 até 47	125 (TRI)	-	35	-	-	50	2.1/2	35(25)	25	1

Fonte: Equatorial (2023).

Ela põe em função da carga instalada ou demanda provável o tipo de fornecimento, corrente nominal do disjuntor no medidor, características do ramal de conexão e características do circuito de distribuição. Portanto, deve-se realizar um estudo para determinar a carga total desta instalação.

3.2.2.1 Carga instalada

Segundo a norma do grupo Equatorial (2023), a definição de carga instalada pode ser dada como a “Soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW)”. Com base no projeto da residência e na divisão dos pontos de utilização realizada nos itens 3.2.1.1 e 3.2.1.2, e aplicando a Equação 1

para transformar potência aparente em potência ativa, é possível obter a carga instalada do projeto.

Segundo Mattede (2024a), a potência ativa pode ser calculada pela Equação 1:

$$P = S \times FP \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo:

P = Potência ativa (W);

S = Potência aparente (VA);

FP = Fator de potência.

3.2.2.2 Demanda provável

A Equatorial (2023) exige, conforme a Tabela 2, que seja feito o cálculo da demanda provável no caso de cargas instaladas acima de 15kW. Para tal, ela fornece uma equação empírica (Equação 2), a qual foi adaptada para este estudo de caso, cujo projeto não possui motores, bombas, máquinas de solda, aparelhos de raios-X e nem outras cargas além das de iluminação, tomadas de uso geral, aparelhos de aquecimento, aparelhos eletrodomésticos gerais e aparelhos de ar-condicionado:

$$D = \frac{a}{FP} + b + \frac{c}{0,85} + \frac{d}{FP_c} \quad (\text{Equação 2})$$

Sendo:

D = Demanda total da instalação em kVa;

a = Demanda das potências em kW, para iluminação e tomadas de uso geral, com fator de demanda conforme tabela 5 da norma da concessionária;

FP = Fator de potência da instalação de iluminação e tomadas de uso geral, que deve ser igual a 0,92 para o caso de iluminação em lâmpadas LED;

b = Demanda de todos os equipamentos de aquecimento em kVa, considerando fator de potência igual a 1 e fator de demanda conforme tabela 4 da norma da concessionária;

c = Demanda em kW de todos os aparelhos eletrodomésticos em geral;

d = Demanda de todos os aparelhos de ar-condicionado em kW, considerando fator de demanda conforme tabela 10 da norma da concessionária;

FP_c = Fator de potência dos aparelhos de ar-condicionado, que será igual a 0,85 como o fator de potência dos aparelhos eletrodomésticos em geral.

3.2.3 Dimensionamento dos condutores

Para atender condições de eficiência energética e segurança da instalação elétrica de uma edificação, a NBR 5410 (2004) dispõe dos critérios apresentados a seguir.

3.2.3.1 Seção mínima

É a menor seção permitida para um circuito de acordo com sua finalidade. A NBR 5410 (2004) estabelece um limite para os condutores fase e os critérios para dimensionamento dos condutores neutro e de proteção de um circuito, conforme o disposto nas alíneas a seguir.

a) CONDUTORES FASE

A NBR 5410 (2004) estabelece, conforme Quadro 1, valores mínimos para a área da seção dos condutores de acordo com o tipo de linha, utilização do circuito e material do condutor. Sendo estes valores os mínimos, nem sempre irão atender às necessidades do projeto, sendo necessário a realização do dimensionamento pelo método de capacidade de condução.

Quadro 1 – Valores mínimos para a área da seção dos condutores de acordo com o tipo de linha

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm² material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu³
	Condutores nus	Circuitos de força	10 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu⁴
		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

b) CONDUTORES NEUTRO

Somente para circuitos trifásicos com neutro é aceitável, atendendo algumas condições, a redução de seção do condutor neutro. Para circuitos monofásicos e bifásicos, caso deste estudo, a seção do condutor neutro deve ser a mesma do condutor fase (ABNT NBR 5410, 2004).

c) CONDUTORES DE PROTEÇÃO

A seção do condutor de proteção, se este for constituído do mesmo material que o condutor de fase, pode ser determinada utilizando a Tabela 3, adaptada da NBR 5410 (2004), que põe a seção em função da seção dos condutores fase do circuito.

Tabela 3 – Seção do condutor de proteção.

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

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

A NBR 5410 (2004) permite, que um condutor de proteção possa ser comum a mais de um circuito, desde que instalado no mesmo eletroduto dos condutores de fase e sua seção dimensionada de acordo com a Tabela 3, com base no condutor fase de maior seção dos circuitos envolvidos.

3.2.3.2 Capacidade de condução de corrente

A capacidade de condução de corrente de um condutor nada mais é do que a corrente máxima que ele pode conduzir continuamente, em determinadas condições, sem elevar a sua temperatura de modo a comprometer a isolação deste, e a segurança da instalação; portanto, deve ser igual ou superior a corrente que um circuito demanda (Cunha, 2017).

A NBR 5410 (2004) dispõe de quadros e tabelas para dimensionar a seção adequada para suportar determinada corrente, amarrando-se fatores como material do condutor, sua isolação, a temperatura do ambiente, considerando-se métodos de instalação e número de condutores carregados em um circuito.

Para este estudo de caso, será utilizada a Tabela 4, retirada da NBR 5410 (2004), que abrange condutores com isolamento em PVC, material usual para instalações em residências, instalados pelo método de referência B1, conforme alínea a) deste item.

Tabela 4 – Valores de capacidades de condução.

Seções nominais mm²	Métodos de referência indicados no Quadro 2											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de Carregadores											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
	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	26	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	36	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	11	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	251	313	461	403	361	197
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652

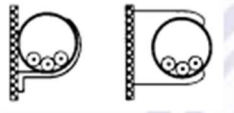
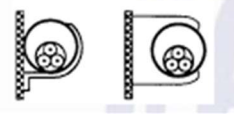
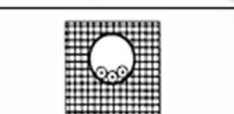
Fonte: Adaptado da ABNT NBR 5410 (2004).

Para utilizar a Tabela 4, deve-se encontrar o valor de capacidade de condução de corrente imediatamente superior à corrente de projeto para o circuito, na coluna condizente com o método de instalação e número de condutores carregados neste circuito, e projetar em sua linha para encontrar a área da seção correspondente na primeira coluna da tabela.

a) MÉTODO DE INSTALAÇÃO

No Quadro 2, adaptado da NBR 5410 (2004), é apresentado diversos métodos de instalação dos condutores.

Quadro 2 – Método de instalação dos condutores.

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 espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado 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

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 5410 (2004).

O método mais comum em residências, e caso deste estudo, é o método 7, que considera condutores isolados em eletroduto circular embutido em alvenaria.

b) NÚMERO DE CONDUTORES CARREGADOS

O número de condutores carregados em um circuito varia de acordo com o modo de distribuição, podendo ser monofásico, bifásico ou trifásico. A Tabela 5,

retirada da NBR 5410 (2004) apresenta este número, referente a cada modo de distribuição.

Tabela 5 – Número de condutores

Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado
Monofásico a dois condutores	2
Monofásico a três condutores	2
Duas fases sem neutro	2
Duas fases com neutro	3
Trifásico sem neutro	3
Trifásico com neutro	3 ou 4

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

c) ISOLAÇÃO E TEMPERATURA DOS CABOS

A Tabela 6, retirada da NBR 5410 (2004) apresenta os tipos de isolamento e suas respectivas temperaturas limite, que serão considerados na escolha da tabela para determinação da seção do condutor, apresentada no item 3.2.3.2.

Tabela 6 – Tipo de isolamento

Tipo de isolamento	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm 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: ABNT NBR 5410 (2004).

3.2.3.3 Fatores de correção

A capacidade de condução de um condutor é diretamente afetada pela temperatura no meio em que está inserido, portanto, fatores de correção, expostos nas alíneas a) e b) deste item, devem ser considerados no dimensionamento.

a) FATOR DE TEMPERATURA

A temperatura ambiente considerada pela Tabela 7, retirada da NBR 5410 (2004), é de 30°C, o que não condiz com a realidade da região norte do país, já tendo

sido registradas temperaturas acima 37°C em Belém-Pará (Instituto Nacional de Meteorologia, 2023).

Para considerar esta variação, a NBR 5410 (2004) apresenta os fatores de temperaturas a serem aplicado no dimensionamento da seção, levando em conta a temperatura do ambiente e o tipo de isolamento do condutor, conforme Tabela 7.

Tabela 7 – Temperatura ambiente.

Temperatura °C Ambiente	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
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	0,5	0,71
65		0,65
70		0,58
75		0,5
80		0,41

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

b) FATOR DE AGRUPAMENTO

A circulação de corrente gera calor, devido ao efeito Joule, que lentamente atravessa todos os componentes dos cabos, elevando a temperatura no interior do eletroduto. No caso de diversos circuitos em um mesmo eletroduto, os condutores carregados de cada um deles irão gerar calor em seu entorno, afetando os demais cabos adjacentes (Cunha, 2017).

A NBR 5410 (2004) dispõe de tabelas com fatores de agrupamento para diversos métodos de instalação, sendo a Tabela 8, a que contempla o método utilizado no projeto do caso estudado.

Tabela 8 – Fatores de agrupamentos para métodos de instalação.

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referências
		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 do 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			

Fonte: ABNT NBR 5410 (2004).

3.2.3.3.1 Corrente corrigida

Com a corrente de projeto em mãos e identificados os fatores de correção, estes são aplicados na corrente de projeto, gerando uma corrente virtual, chamada de corrente corrigida, que terá a única função de determinar a seção do condutor de um circuito, não sendo mais usada em nenhuma outra etapa do dimensionamento.

A corrente corrigida será aplicada no lugar da corrente de projeto na Tabela 7 da norma, como descrito no item 3.2.3.2, para encontrar a seção, de forma direta, para os condutores de um circuito.

A fórmula da corrente corrigida é apresentada na Equação 3:

$$I'_b = \frac{I_b}{FCT \times FCA} \quad (\text{Equação 3})$$

Sendo:

I'_b = Corrente corrigida (A);

I_b = Corrente de projeto (A);

FCT = Fator de correção de temperatura;

FCA = Fator de correção de agrupamento.

3.2.3.3.2 Capacidade de condução real

Na prática, com a elevação da temperatura no ambiente em que está inserido, o que altera é a capacidade de condução de um condutor, e não a corrente demandada pelos aparelhos no circuito, que permanece a mesma.

Aplicando os fatores de correção, de acordo com a Equação 4, sobre a capacidade de condução de um condutor, obtém-se a capacidade de condução real deste condutor.

$$I'_z = I_z \times FCT \times FCA \quad (\text{Equação 4})$$

Sendo:

I'_z = Capacidade de condução real do condutor (A);

I_z = Capacidade de condução do condutor (A);

FCT = Fator de correção de temperatura;

FCA = Fator de correção de agrupamento.

Utilizando a Tabela 7, também é possível determinar a seção dos condutores de um circuito verificando se a capacidade de condução real encontrada é maior que a corrente de projeto, devendo ser repetido o processo para a seção imediatamente superior quantas vezes forem necessárias até que a capacidade de condução real seja maior que a corrente de projeto.

Esse método pode requerer diversas tentativas até encontrar a seção adequada, por isso é preferível utilizar a corrente corrigida para determinação de seção. Entretanto, a capacidade de condução real será utilizada no dimensionamento dos disjuntores termomagnético, conforme 3.2.3.5.1.

3.2.3.4 Queda de tensão

Segundo Quevedo (2023), a queda de tensão é um fenômeno indesejado nas instalações e devem ser levadas em consideração no dimensionamento, pois pode causar redução na eficiência do sistema e comprometer o bom funcionamento e vida útil dos aparelhos eletrônicos, e ocorrem por conta da resistência inerente aos materiais condutores em um circuito. Isso significa que, para circuitos elétricos com condutores de cobre, o comprimento e seção serão os principais fatores que influenciam a queda de tensão.

A NBR 5410 (2004), determina que a queda de tensão não deve ser superior a 4% em circuitos terminais. Caso o valor calculado for superior a 4%, deve-se aumentar a seção do condutor para a seção comercial imediatamente superior, e refazer a verificação até atingir o limite máximo.

Segundo Quevedo (2023), de modo simplificado, desconsiderando efeitos magnéticos, a queda de tensão pode ser calculada com base nas leis de Ohm, que relacionam a resistência com a tensão e corrente, e com o comprimento, que em determinado ponto de um projeto é constante, e espessura do condutor, que é o objeto de verificação na prática. Para determinação da queda de tensão de um circuito monofásico ou bifásico, em Volts, aplica-se a Equação 5:

$$\Delta E = 2 \times R \times I \times \cos\theta \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

2 = Quantidade de condutores carregados em circuito monofásico/bifásico;

ΔE = Queda de tensão (V);

R = Resistência (Ω);

I = Corrente (A);

$\cos\theta$ = Fator de potência.

Para determinação da queda de tensão de um circuito em porcentagem, basta dividir a queda de tensão em Volts pela tensão do circuito, e multiplicar por 100, conforme a Equação 6:

$$\Delta E\% = \frac{\Delta E}{E} \times 100 \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

ΔE = Queda de tensão (%);

E = Tensão do circuito (V);

3.2.3.5 Dimensionamento dos dispositivos de proteção

A NBR 5410 (2004) exige que critérios de proteção contra sobrecargas, solicitações térmicas, curtos-circuitos e choques elétricos sejam atendidos no

dimensionamento dos circuitos de uma instalação. Para tal, existem no mercado diversos dispositivos a serem utilizados de acordo com suas especificidades.

3.2.3.5.1 Disjuntor termomagnético

Para garantir a proteção dos condutores de um circuito contra sobrecargas, as características do dispositivo instalado devem ser tais que: a sua corrente nominal não seja nem inferior a corrente de projeto do circuito, nem superior a capacidade de condução de corrente real destes condutores, conforme a inequação da NBR 5410 (2004), apresentada na Equação 7; e, que a corrente convencional de atuação do disjuntor, que, segundo a NBR 5410 (2004), é igual a 1,45 da corrente nominal deste, não seja superior a uma corrente de sobrecarga de 45% acima da capacidade de condução real do condutor, conforme inequação apresentada na Equação 8.

$$I_B \leq I_n \leq I'_z \quad (\text{Equação 7})$$

$$I_2 \leq 1,45 \times I'_z \quad (\text{Equação 8})$$

Sendo:

I_B = Corrente de projeto (A);

I_n = Corrente nominal do disjuntor (A);

I_2 = Corrente nominal do disjuntor multiplicado por 1,45;

I'_z = Capacidade de condução real do condutor.

3.2.3.5.2 Aterramento

Para este projeto, será adotado o esquema TN-C-S, devido ao fato de se tratar de um edifício antigo, onde o aterramento é feito no condutor neutro dentro do medidor, assumindo este a função de PEN (proteção + neutro), que chega até o quadro de distribuição de circuitos da residência, onde será realizada a separação em dois condutores.

3.2.3.5.3 Interruptor diferencial residual

A NBR 5410 (2004) determina a obrigatoriedade da instalação de um dispositivo diferencial residual de alta sensibilidade, ou seja, com sensibilidade até

30mA, nos circuitos de áreas internas com possível contato com água em abundância, e ambientes externos ou que tenham tomadas internas que são utilizadas por equipamentos em ambientes externos (banheiro, cozinha, copa, área de serviço, lavanderia, garagem, piscinas etc.).

Segundo Mattede (2024a), a sua corrente nominal deve ser sempre igual ou superior a corrente nominal do disjuntor que protege o mesmo circuito.

3.2.3.5.4 Dispositivo de proteção contra surtos

Segundo a NBR 5410 (2004), não são obrigatórios em território nacional. Caso contemplados em um projeto, devem ser selecionados com base nas seguintes características: nível de proteção, máxima tensão de operação contínua, suportabilidade a sobretensões temporárias, corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso e suportabilidade à corrente de curto-circuito.

3.2.4 Dimensionamento dos eletrodutos

Segundo a NBR 5410 (2004), o eletroduto deve ser dimensionado de forma que os condutores passem com facilidade por eles após instalados. Para tal, ela estabelece taxas de ocupação, que são calculadas dividindo a soma da área da seção dos condutores previstos e a área útil da seção transversal do eletroduto, que não pode ser superior a 40% no caso de três ou mais condutores.

A Prysmian (2022), baseada nas exigências da norma, dispõe de uma tabela que fornece, de forma direta, o diâmetro do eletroduto, relacionando a quantidade e seção dos condutores de um trecho, apresentada na Tabela 9:

Tabela 9 – Tabela para dimensionamento dos eletrodutos

Para dimensionar os eletrodutos de um projeto, basta saber o número de condutores no eletroduto e a maior seção deles.

Exemplo:

 n° de condutores no trecho do eletroduto = 6

 maior seção dos condutores = 4mm²

 **O tamanho nominal do eletroduto será 20mm.**

Seção nominal (mm ²)	Número de condutores no eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Tamanho nominal do eletroduto (mm)								
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	75
70	40	40	50	60	60	60	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85
120	50	50	60	75	75	75	85	85	-
150	50	60	75	75	85	85	-	-	-
185	50	75	75	85	85	-	-	-	-
240	60	75	85	-	-	-	-	-	-

Fonte: Prysmian (2022).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos a partir do dimensionamento dos elementos de um projeto elétrico para a residência unifamiliar, conforme preconizado pelas normas. Utiliza-se um dos cômodos da casa para a apresentação do memorial de cálculo e são apresentados os resultados gerais do dimensionamento e do projeto.

4.1 PREVISÃO DE CARGA E PADRÃO DE ENTRADA

Para o dimensionamento dos elementos do padrão de entrada, circuito de distribuição e aterramento de acordo com a norma técnica da Equatorial (2023), foi realizado a previsão de cargas, que consiste no levantamento das cargas de iluminação e tomadas de acordo com os mínimos recomendados pela NBR 5410 e exigências do cliente.

4.1.1 Iluminação mínima

A Tabela 10 fornece a potência de iluminação mínima para cada ambiente da residência.

Tabela 10 – Potência mínima de iluminação			
Ambiente	Área (m²)	Condição NBR 5410	Potência Mínima (VA)
Cozinha	8,06	6 + 2,06	100
Banheiro de Serviço	1,67	> 6	100
Área de Serviço	2,61	> 6	100
Despensa	3,68	> 6	100
Banheiro Social	3,02	> 6	100
Sala	20,99	6 + 4 + 4 + 4 + 2,99	280
Circulação	4,74	> 6	100
Quarto 1	10,17	6 + 4 + 0,17	160
Quarto 2	10,2	6 + 4 + 0,20	160
Quarto 3	7,05	6 + 1,05	100
TOTAL	-	-	1.300

Fonte: Autor (2024).

A potência da sala, por exemplo, determinada conforme recomendações da NBR 5410 (2004) apresentadas no capítulo 3.2.1.1 deste trabalho, considera os 100VA para os primeiros 6m² da área do ambiente e 60 VA para cada fração de 4m² inteiros, e desconsidera os 2,99m² restantes que completam a área total do ambiente.

$$100VA + 60VA + 60VA + 60VA = 280VA \quad (\text{Equação 9})$$

4.1.2 Força mínima

A Tabela 11 fornece a quantidade e potência mínima para as tomadas de uso geral de cada ambiente da residência, além da quantidade de tomadas de uso específico de acordo com a necessidade do usuário.

Tabela 11 – Quantidade e potência mínima TUG e TUE

Ambiente	Área (m ²)	Perímetro (m)	Mínimo TUGs	Carga Mínima TUGs (VA)	TUEs	Carga TUEs (VA)
Cozinha	8,06	13,05	4	1.900	1 micro-ondas 1 geladeira	1.500 1.000
Banheiro de Serviço	1,67	< 2,25m ²	1	600	-	0
Área de Serviço	2,61	< 6m ²	1	600	1 ferro de passar 1 máquina de lavar	1.500 1.500
Despensa	3,68	< 6m ²	1	600	-	0
Banheiro Social	3,02	< 6m ²	1	600	1 chuveiro elétrico	7.500
Sala	20,99	19,52	4	400	1 AC split 24.000 BTU	4.400
Circulação	4,74	< 6m ²	1	100	-	0
Quarto 1	10,17	12,92	3	300	1 AC split 12.000 BTU	2.200
Quarto 2	10,2	12,88	3	300	1 AC split 12.000 BTU	2.200
Quarto 3	7,05	10,74	2	200	1 AC split 12.000 BTU	2.200
TOTAL	-	-	-	5.600	-	24.000

Fonte: Autor (2024).

Novamente usando a sala como exemplo, temos uma tomada de uso geral para cada 5 metros ou fração do perímetro de 19,52 metros desse ambiente, totalizando 4 pontos no total, com potência aparente de 100VA cada.

$$100VA + 100VA + 100VA + 100VA = 400VA \quad (\text{Equação 10})$$

Além disso, o usuário deseja instalar um ar-condicionado de 24.000BTUs na sala, adicionando um ponto de uso específico de 4400VA no ambiente, suportando diversos modelos com a potência de refrigeração especificada.

4.1.3 Potência total

Como mencionado em 3.2, os valores encontrados na Tabela 10 e Tabela 11 não são definitivos, sendo possível adicionar pontos de iluminação ou tomada no projeto de acordo com as necessidades do usuário. Dessa forma, a quantidade e potência total final para iluminação e tomadas está apresentado na Tabela 12.

Tabela 12 – Quantidade e potência de iluminação e tomadas final

Ambiente	Pontos Iluminação	Potência Iluminação (VA)	Potência Iluminação Total (VA)	TUGs	Potência TUGs (VA)	Potência TUG's Total (VA)	TUEs	Potência TUEs (VA)	Potência TUEs Total (VA)
					600				
Cozinha	1	100	100	4	600 600 100	1.900	1 micro-ondas 1 geladeira	1.500 1.000	2.500
Banheiro de Serviço	1	100	100	1	600	600	-	-	-
Área de Serviço	1	100	100	1	600	600	1 ferro de passar 1 máquina de lavar	1.500 1.500	3.000
Despensa	1	100	100	2	600 600	1.200	-	-	-
Banheiro Social	2	100 60	160	1	600	600	1 chuveiro elétrico	7.500	7.500
Sala	3	280	280	5	100 600 100 100 100	1.100	1 AC split 24.000 BTU	4.400	4.400
Circulação	1	100	100	1	600	600	-	-	-
Quarto 1	1	160	160	3	600 100	1.300	1 AC split 12.000 BTU	2.200	2.200
Quarto 2	1	160	160	3	600 100	800	1 AC split 12.000 BTU	2.200	2.200
Quarto 3	1	100	100	2	600 100	700	1 AC split 12.000 BTU	2.200	2.200
Total (VA)	13		1.360	23		9.400	-		24.000

Fonte: Autor (2024).

Ainda no exemplo da sala, foram admitidos mais dois pontos de tomada de uso geral além do mínimo recomendado por norma, sendo um com potência aparente de 600VA, conjugada estrategicamente no ponto onde será utilizada a maioria dos aparelhos eletrônicos deste ambiente, e outro com potência aparente de 100VA na parede oposta, a fim de ter um ponto em cada extremidade do sofá.

$$100VA + 600VA + 100VA + 100VA + 100VA + 100VA = 1,100VA \text{ (Equação 11)}$$

4.1.4 Carga instalada

Definido os pontos de iluminação e tomadas e suas respectivas potências aparentes, a Tabela 13 apresenta a potência ativa de iluminação, TUG e TUE, a carga total instalada na residência, e o tipo de fornecimento de energia para a instalação, conforme 3.2.2.1.

Tabela 13 – Cálculo da carga instalada			
Descrição	FP	Potência Aparente (VA)	Potência Ativa (W)
Iluminação	0,92	1.360	1.251
TUG	0,92	9.400	8.648
TUE	0,88	24.000	21.120
Carga Instalada (W):		31.019	
Tipo de Fornecimento:		Trifásico	

Fonte: Autor (2024).

Para transformar a potência aparente (VA) para potência ativa (W), unidade considerada pela concessionária local na Tabela 2, foi multiplicado o fator de potência pela potência aparente para cada tipo de circuito (iluminação, TUG e TUE). O valor da potência ativa total encontrado fica na faixa de 27,1kW até 38kW, sendo o tipo de fornecimento de energia trifásico.

$$0,92 \times 1.360VA = 1.251W \qquad \qquad \qquad \text{(Equação 12)}$$

Como fator de potência para iluminação e tomadas de uso geral, foi adotado o valor de 0,92, pois acredita-se que o valor de 0,7 apresentado pela norma da concessionária seja muito baixo para um elemento energeticamente eficiente como as lâmpadas de LED.

O fator de potência para tomadas de uso específico foi adotado de acordo com a média dos fatores de potências para aparelhos de aquecimento, eletrodomésticos de uso específico e condicionadores de ar, conforme Tabela 14.

4.1.5 Demanda provável

Para o caso de fornecimentos do tipo trifásico, conforme Tabela 2, foi necessário o cálculo da demanda provável da instalação, sendo os resultados dos cálculos apresentados na Tabela 14

Tabela 14 – Cálculo de demanda provável

Equipamentos	Potência Ativa (kW)	FD	FP	Demanda (kVA)	Demanda Total (kVA)
Iluminação e TUG's	9,90	1,00	0,92	10,76	28,43
Chuveiro Elétrico e Ferro Elétrico	9,00	0,65	1,00	5,85	
Microondas, Geladeira e Máquina de Lavar	3,40	0,70	0,85	2,80	
Condicionadores de Ar	9,35	0,82	0,85	9,02	

Fonte: Autor (2024).

A carga total da instalação foi dividida em 4 categorias, conforme Tabela 14, e para cada uma, a potência ativa foi multiplicada por seu fator de demanda e dividida pelo fator de potência, gerando o valor da demanda em kVA.

$$\frac{9,90kW \times 1,00}{0,92} = 10,76kVA \quad (\text{Equação 13})$$

Conforme Tabela 2 apresentada em 3.2.2, a potência de 28,43kVA fica na faixa em que: a corrente nominal do disjuntor termomagnético tripolar do padrão de entrada será de 100A; o ramal de ligação será em cabo de alumínio quadruplex com área de seção de 35mm²; o eletroduto será de aço galvanizado com diâmetro de 2 polegadas; o circuito de distribuição e aterramento terão condutores com área de seção de 25mm² e eletroduto com diâmetro de 1 polegada.

4.2 DIVISÃO DOS CIRCUITOS TERMINAIS

A Tabela 15 apresenta a divisão dos circuitos para os ambientes da residência, realizadas conforme 3.2.

Tabela 15 – Divisão dos circuitos terminais

Tabela 15 - Divisão dos circuitos terminais					
Circuito		Tensão (V)	Ambiente/ Equipamento	Potência Total (VA)	
Nº	Tipo				
1	Iluminação	127	Cozinha	660	
			Banheiro de Serviço		
			Área de Serviço		
			Despensa		
			Banheiro Social		
			Quarto 3		
2	Iluminação	127	Sala	700	
			Circulação		
			Quarto 1		
			Quarto 2		
3	TUG's	127	Cozinha	1.900	
4	TUG's	127	Banheiro de Serviço Área de Serviço	1.200	
5	TUG's	127	Despensa Banheiro Social	1.800	
6	TUG's	127	Sala Circulação	1.700	
7	TUG's	127	Quarto 1	1.300	
8	TUG's	127	Quarto 2	800	
9	TUG's	127	Quarto 3	700	
10	TUE's	220	Chuveiro Elétrico	7.500	
11	TUE's	127	Microondas	1.500	
12	TUE's	127	Geladeira	1.000	
13	TUE's	127	Ferro de Passar	1.500	
14	TUE's	127	Máquina de Lavar	1.500	
15	TUE's	220	AC split 24.000 BTU's	4.400	
16	TUE's	220	AC split 12.000 BTU's	2.200	
17	TUE's	220	AC split 12.000 BTU's	2.200	
18	TUE's	220	AC split 12.000 BTU's	2.200	
19	RESERVA	127	-	-	
20	RESERVA	127	-	-	
21	RESERVA	127	-	-	
22	RESERVA	127	-	-	
Total Geral (VA):				34.760	

Fonte: Autor (2024).

Conforme recomenda a NBR 5410 (2004), a iluminação possui circuitos exclusivos para esta finalidade, estando separados de circuitos de tomadas. No caso

dessa instalação, foram considerados dois circuitos para tal, a fim de manter a corrente de projeto dos circuitos de iluminação abaixo da capacidade de condução de corrente dos condutores de 1,5mm².

Em relação aos circuitos de tomadas de uso geral, buscou-se seletividade entre os ambientes, evitando distribuir mais de um circuito para um único ambiente, e até juntou-se dois ambientes nos casos dos Circuitos 4, 5 e 6.

Foi projetado um circuito de tomada de uso específico para a geladeira, mesmo que sua potência aparente seja inferior a 1270VA. Isso pois é exigência do cliente que a geladeira não venha a ser desligada em caso de manutenção elétrica no circuito de tomadas de uso geral da cozinha.

4.3 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES E PROTEÇÕES DOS CIRCUITOS

Os resultados do dimensionamento dos condutores dos circuitos, conforme 3.2.3.2, já considerando as seções mínimas apresentadas em 3.2.3.1, e do dimensionamento dos dispositivos de proteção, conforme 3.2.3.5.1 e 3.2.3.5.3, estão expostos na Tabela 16.

Decidiu-se unificar o dimensionamento da seção dos condutores de um circuito e de seu dispositivo de proteção em uma única tabela, pois nem sempre é possível adquirir um disjuntor com valor de corrente nominal entre a corrente de projeto e a capacidade de condução de corrente de um circuito, conforme Equação 7.

O Circuito 6, por exemplo, que alimenta as tomadas de uso geral da sala e da circulação, possui corrente de projeto igual a 13,39A, valor que seria suportado por condutores de seção nominal igual a 2,5mm², que tem capacidade de condução de corrente nas condições de instalação especificadas, de 15,79A.

Para este caso, um disjuntor de 14A ou 15A atenderiam as verificações da norma apresentadas em 3.2.3.5.1. No entanto, não existe no mercado dispositivo com tais especificações, sendo o dispositivo com corrente nominal superior mais próximo o de 16A.

$$13,39A \leq 16A \leq 15,79A \quad (\text{Equação 14})$$

Portanto, já que a corrente de projeto para o circuito será constante, torna-se necessário o aumento da seção dos condutores do circuito para a seção comercial imediatamente superior, no caso 4mm², que possui, nas mesmas condições de instalação, capacidade de condução de corrente de 21,06A.

Desta forma, tanto um disjuntor com corrente nominal de 16A como um de 20A atenderiam às recomendações da norma, tendo sido escolhido o de maior corrente para aproveitamento máximo da capacidade de condução do circuito.

$$13,39A \leq 20A \leq 21,06A \quad (\text{Equação 15})$$

Tabela 16 – Dimensionamento dos condutores e proteções dos circuitos.

Circuito		Ib - Corrente de Projeto (A)	Condutores							Proteções							
Nº	Tipo		Seção dos Conduto res (mm²)	Iz - Capacidade de Condução de Projeto (A)	Nº Circuitos Agrupad os	Fator de Agrupame nto	Fator de Tempera tura (35°)	I'b - Corrente Corrigid a (A)	I'z - Capacidade de Condução Real (A)	DTM						IDR	
										Tipo	Nº de Pólo s	In - Corrent e Nominal (A)	Curv a	In >= Ib >= I'z	I2 <= 1,4 5I'z	Nº de Pólo s	Corrent e Nominal (A)
1	Iluminação	5,2	1,50	17,5	4	0,65	0,94	8,51	10,69	DIN	1	10	C	OK	OK	-	-
2	Iluminação	5,51	1,50	17,5	3	0,7	0,94	8,38	11,52	DIN	1	10	C	OK	OK	-	-
3	TUGs	14,96	4,00	32	4	0,65	0,94	24,49	19,55	DIN	1	16	C	OK	OK	2	25
4	TUGs	9,45	2,50	24	4	0,65	0,94	15,46	14,66	DIN	1	10	C	OK	OK	2	25
5	TUGs	14,17	4,00	32	4	0,65	0,94	23,2	19,55	DIN	1	16	C	OK	OK	2	25
6	TUGs	13,39	4,00	32	3	0,7	0,94	20,34	21,06	DIN	1	20	C	OK	OK	-	-
7	TUGs	10,24	4,00	32	4	0,65	0,94	16,75	19,55	DIN	1	16	C	OK	OK	-	-
8	TUGs	6,3	2,50	24	4	0,65	0,94	10,31	14,66	DIN	1	10	C	OK	OK	-	-
9	TUGs	5,51	2,50	24	4	0,65	0,94	9,02	14,66	DIN	1	10	C	OK	OK	-	-
10	TUEs	34,09	10,0	57	1	1	0,94	36,27	53,58	DIN	2	50	B	OK	OK	2	63
11	TUEs	11,81	4,00	32	4	0,65	0,94	19,33	19,55	DIN	1	16	C	OK	OK	2	25
12	TUEs	7,87	2,50	24	4	0,65	0,94	12,89	14,66	DIN	1	10	C	OK	OK	2	25
13	TUEs	11,81	4,00	32	4	0,65	0,94	19,33	19,55	DIN	1	16	C	OK	OK	2	25
14	TUEs	11,81	4,00	32	4	0,65	0,94	19,33	19,55	DIN	1	16	C	OK	OK	2	25
15	TUEs	20	4,00	32	3	0,7	0,94	30,4	21,06	DIN	2	20	C	OK	OK	-	-
16	TUEs	10	4,00	32	4	0,65	0,94	16,37	19,55	DIN	2	16	C	OK	OK	-	-
17	TUEs	10	4,00	32	4	0,65	0,94	16,37	19,55	DIN	2	16	C	OK	OK	-	-
18	TUEs	10	4,00	32	4	0,65	0,94	16,37	19,55	DIN	2	16	C	OK	OK	-	-

Fonte: Autor (2024).

Para os circuitos de iluminação, a área da seção dos condutores de 0,75mm² suportaria a corrente de projeto, pois a capacidade de condução encontrada na Tabela 4 para esta área de seção, multiplicada pelos fatores de correção para a temperatura ambiente de 35°C, conforme Tabela 7 e para o agrupamento de circuitos mais desfavorável da instalação de 4 condutores carregados em um eletroduto embutido em alvenaria, conforme Tabela 8, supera a corrente de projeto de ambos os circuitos projetados. Porém, o valor mínimo 1,50mm², que é estabelecido pela NBR 5410 de 2004, conforme Quadro 1, foi adotado.

$$11A \times 0,94 \times 0,65 = 6,72A \quad (\text{Equação 16})$$

E caso fosse considerado apenas um circuito para iluminação, a corrente nominal de 10,71A, resultante da soma da potência dos dois circuitos originais, superaria a capacidade de condução de corrente real do condutor de seção mínima, de 10,69A, conforme Tabela 16, o que exigiria o aumento para a seção de 2,5mm², e por esse motivo optou-se por dividir a iluminação em dois circuitos, conforme mencionado em 4.2.

4.3.1 Verificação da queda de tensão

De acordo com 3.2.3.4, foi verificada a queda de tensão para cada circuito e o resultado está disposto na Tabela 17.

Tabela 17 – Verificação da queda de tensão

Circuito			Condutores		Queda de Tensão			
Nº	Tipo	I _b - Corrente de Projeto (A)	Seção dos Condutores (mm²)	Maior Comprimento (m)	R (Ω)	ΔE (V)	ΔE (%)	Verificação ΔE (%) < 4%
1	Iluminação	5,20	1,5	13,6	0,156	1,491	1,17%	Ok
2	Iluminação	5,51	1,5	19,5	0,224	2,268	1,79%	Ok
3	TUG's	14,96	4,0	7,5	0,032	0,888	0,70%	Ok
4	TUG's	9,45	2,5	8,1	0,056	0,969	0,76%	Ok
5	TUG's	14,17	4,0	10,7	0,046	1,200	0,94%	Ok
6	TUG's	13,39	4,0	16,1	0,069	1,705	1,34%	Ok
7	TUG's	10,24	4,0	17,3	0,074	1,401	1,10%	Ok
8	TUG's	6,30	2,5	20	0,138	1,595	1,26%	Ok
9	TUG's	5,51	2,5	14,6	0,100	1,019	0,80%	Ok
10	TUE's	34,09	10,0	5,8	0,010	0,680	0,31%	Ok
11	TUE's	11,81	4,0	6,6	0,028	0,570	0,45%	Ok
12	TUE's	7,87	2,5	9,1	0,063	0,838	0,66%	Ok
13	TUE's	11,81	4,0	8,1	0,035	0,823	0,65%	Ok
14	TUE's	11,81	4,0	8,8	0,038	0,760	0,60%	Ok
15	TUE's	20,00	4,0	13,4	0,058	1,959	0,89%	Ok
16	TUE's	10,00	4,0	15,5	0,067	1,133	0,52%	Ok
17	TUE's	10,00	4,0	17,1	0,074	1,250	0,57%	Ok
18	TUE's	10,00	4,0	13,2	0,057	0,965	0,44%	Ok

Fonte: Autor (2024).

Como pode ser observado, para todos os circuitos a queda de tensão está abaixo do limite de 4% recomendados, mantendo-se as seções dos condutores dimensionadas pelos métodos da seção mínima e capacidade de condução de corrente, apresentados na Tabela 16.

O circuito 8, por exemplo, que possui o maior comprimento na instalação, tem corrente de projeto igual a 6,3A e a seção do condutor dimensionada de 2,5mm², e aplicando a Equação 5, obtemos a queda de tensão em Volts.

$$2 \times 0,138 \times 6,3 \times 0,92 = 1,595V \quad (\text{Equação 17})$$

Para encontrar a queda de tensão em porcentagem, foi aplicada a Equação 6, que divide a queda de tensão em Volts pela tensão do circuito, e multiplica o resultado por 100.

$$\frac{1,595}{127} \times 100 = 1,26\% \quad (\text{Equação 18})$$

4.4 DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS

A Tabela 18 apresenta o resultado do dimensionamento do diâmetro dos eletrodutos para cada trecho da instalação, determinados de acordo com 3.2.4.

Tabela 18 – Dimensionamento dos eletrodutos.

(continua)

Trecho	Circuito	Nº de Condutores por Circuito	Nº de Condutores no Eletroduto	Seção dos Condutores (mm²)	Maior Seção (mm²)	Diâmetro Nominal do Eletroduto (mm)
1	3	2	2	1,50	1,50	16
2	3	2	2	1,50	1,50	16
	1	2		1,50		
3	3	2	9	4,00	4,00	25
	11	2		4,00		
	12	2		2,50		
	1	2		1,50		
4	3	2	9	4,00	4,00	25
	11	2		4,00		
	12	2		2,50		
5	3	2	5	4,00	4,00	20
	12	2		2,50		
6	12	2	3	2,50	2,50	16
	2	2		1,50		
7	6	2	7	4,00	4,00	25
	15	2		4,00		
8	2	4	4	1,50	1,50	16
9	6	2	3	4,00	4,00	16
10	6	2	3	4,00	4,00	16
11	6	2	3	4,00	4,00	16
	2	4		1,50		
12	6	2	9	4,00	4,00	25
	15	2		4,00		
13	2	3	6	1,50	4,00	20
	15	2		4,00		
14	15	2	3	4,00	4,00	16
15	6	2	3	4,00	4,00	16
16	6	2	3	4,00	4,00	16
17	2	2	5	1,50	4,00	20
	6	2		4,00		
	7	2		4,00		
18	8	2	9	2,50	4,00	25
	16	2		4,00		
	17	2		4,00		
19	2	3	3	1,50	1,50	16

Tabela 18 – Dimensionamento dos eletrodutos.

(continua)

Trecho	Circuito	Nº de Condutores por Circuito	Nº de Condutores no Eletroduto	Seção dos Condutores (mm²)	Maior Seção (mm²)	Diâmetro Nominal do Eletroduto (mm)
20	2	3	6	1,50	4,00	20
	6	2		4,00		
21	2	2	7	1,50	4,00	25
	8	2		2,50		
	17	2		4,00		
22	2	2	5	1,50	2,50	20
	8	2		2,50		
23	8	2	3	2,50	2,50	16
24	17	2	3	4,00	4,00	16
25	8	2	3	2,50	2,50	16
26	2	2	7	1,50	4,00	25
	7	2		4,00		
	16	2		4,00		
27	7	2	3	4,00	4,00	16
28	7	2	3	4,00	4,00	16
29	16	2	3	4,00	4,00	16
30	7	2	3	4,00	4,00	16
31	2	2	2	1,50	1,50	16
32	3	2	3	4,00	4,00	16
33	1	2	9	1,50	4,00	25
	5	2		4,00		
	9	2		2,50		
	18	2		4,00		
34	5	2	3	4,00	4,00	16
35	5	2	3	4,00	4,00	16
36	1	2	2	1,50	1,50	16
37	1	2	9	1,50	4,00	25
	5	2		4,00		
	9	2		2,50		
	18	2		4,00		
38	1	3	3	1,50	1,50	16
39	1	2	5	1,50	4,00	20
	5	2		4,00		
40	1	2	7	1,50	4,00	25
	9	2		2,50		
	18	2		4,00		
41	1	2	5	1,50	2,50	20
	9	2		2,50		

Tabela 18 – Dimensionamento dos eletrodutos.

(conclusão)						
Trecho	Circuito	Nº de Condutores por Circuito	Nº de Condutores no Eletroduto	Seção dos Condutores (mm²)	Maior Seção (mm²)	Diâmetro Nominal do Eletroduto (mm)
	9	2		2,50		
42	9	2	3	2,50	2,50	16
43	18	2	3	4,00	4,00	16
44	10	2	3	10,00	10,00	20
	1	2		1,50		
45	4	2	9	2,50	4,00	25
	13	2		4,00		
	14	2		4,00		
46	1	2	5	1,50	2,50	20
	4	2		2,50		
47	1	2	9	1,50	4,00	25
	4	2		2,50		
	13	2		4,00		
	14	2		4,00		
48	1	2	9	1,50	4,00	25
	4	2		2,50		
	13	2		4,00		
	14	2		4,00		
49	14	2	3	4,00	4,00	16

Fonte: Autor (2024).

Nela são apresentados os circuitos que passam em cada trecho dos eletrodutos, o número de condutores desses circuitos, a seção dos condutores de cada circuito, a quantidade total e a maior seção dos condutores em cada trecho, sendo estes dois últimos os dados considerados na Tabela 9.

O trecho 48, por exemplo, abriga os circuitos 1, 4, 13 e 14, todos com 2 condutores (fase + neutro), mais um condutor de proteção (terra) com seção igual a maior seção entre os circuitos do eletroduto, conforme Tabela 3. Conforme a Tabela 9, para 9 condutores abrigados no trecho, sendo a maior seção entre eles igual a 4,00mm², o diâmetro nominal deste trecho é de 25mm.

4.5 PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Diante dos resultados obtidos, foi possível a realização do projeto de instalações elétricas, contendo o esquema elétrico unifilar (Apêndice A), o quadro de cargas (Apêndice B) e diagrama unifilar (Apêndice c).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Modernizar uma instalação elétrica significa tranquilidade para o usuário, principalmente quando se trata de uma instalação realizada quando a norma brasileira para instalações elétricas estava dando seus primeiros passos, onde tomadas são de modelos antigos, incompatíveis com os aparelhos fabricados atualmente, entre outras limitações mencionadas neste trabalho.

Foi realizada, à luz da NBR 5410 de 2004 e da norma da concessionária de energia do estado, a elaboração de um projeto elétrico para substituir a instalação elétrica existente no apartamento, que culminou nos desenhos técnicos que contém o esquema elétrico, quadro de cargas e diagrama unifilar que guiará a execução dessa instalação.

Com base no mínimo estabelecido pela norma, foram locados os pontos de utilização da residência, acrescentando pontos de acordo com a necessidade dos usuários, possibilitando assim uma boa cobertura dos ambientes, eliminando a necessidade de “benjamins” e extensões que podem apresentar riscos de segurança para instalação, e garantindo a satisfação dos usuários destes ambientes.

A partir disso, foi possível determinar a carga instalada total que, por ultrapassar valores estabelecidos pela concessionária local, é exigido o cálculo da demanda provável para o dimensionamento do disjuntor geral, do ramal de conexão e do circuito de distribuição. Entretanto, mesmo após a realização do cálculo da demanda, não houve diferença no resultado do dimensionamento desses elementos.

Dos 7 (sete) circuitos de tomadas de uso geral, 4 (quatro) foram dimensionadas com seção superior a seção mínima estabelecida pela NBR 5410 de 2004, o que vai contra a prática de se adotar a seção de $2,50\text{mm}^2$ para qualquer circuito de TUGs.

Esse era um resultado esperado, tendo em vista o acréscimo de tomadas além da quantidade mínima estabelecidas, bem como o acréscimo da potência de algumas tomadas nos quartos, na sala e na circulação de 100VA para 600VA.

A queda de tensão, que basicamente depende do comprimento dos circuitos, acaba sendo indiferente para o dimensionamento da área da seção dos condutores, já que o circuito com maior comprimento não passa de 20 metros, prevalecendo o dimensionamento pelo método da capacidade de carga para os circuitos de tomada e a seção mínima para a iluminação.

Quanto às proteções, foram dimensionados os disjuntores de forma que seja aproveitado o máximo possível da capacidade de condução real dos condutores, além dos interruptores diferenciais residuais para cada circuito no qual esse dispositivo é exigido por norma. Como aterramento, foi escolhido o esquema mais conveniente para realidade da instalação, separando o condutor PEN no quadro de distribuição.

Os eletrodutos foram dimensionados de forma a manter espaço interno suficiente para livre movimentação dos condutores dos circuitos em seu interior quando se fizer necessário. Uma ideia para facilitar a execução do projeto, seria adotar a maior seção de trecho encontrada para toda a infraestrutura, ficando a critério do cliente.

5.1 SUGESTÕES PARA MELHORIAS E CONTINUIDADE

Como sugestão para continuidade e melhoria do trabalho, pode-se elaborar uma lista de materiais e cotação do material levantado em três lojas diferentes, para assegurar a obtenção dos melhores preços dos materiais.

A fim de adicionar camadas de proteção extra para os equipamentos da residência, pode-se considerar a adoção dos dispositivos de proteção contra surtos no quadro de distribuição.

Um estudo mais aprofundado sobre o aterramento e equipotencialização da instalação elétrica, inclusive envolvendo o condomínio e a edificação inteira também agregaria muito à segurança da instalação elétrica predial como um todo, e consequentemente, da residência em questão.

Além disso, o dimensionamento da iluminação pelo método dos lúmens, que calcula a potência das luminárias com maior precisão e proporciona um ambiente bem iluminado e energeticamente eficiente, também seria enriquecedor ao trabalho.

Por fim, a inclusão da rede lógica ao projeto, prevendo pontos de rede em todos os quartos e na sala, bem como a previsão um sistema de automação integrado à instalação elétrica, de forma que a residência se torne uma “casa inteligente”, seria um diferencial para a modernização.

Com isso em mente, vale a pena frisar que no condomínio em questão existem 360 unidades consumidoras arquitetonicamente similares a residência objeto deste estudo de caso, gerando uma grande oportunidade de venda de projetos baseados no projeto desenvolvido neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABB. **Medidores de energia**: conheça os principais. 13 mai. 2022. Disponível em: <https://loja.br.abb.com/blog/post/medidores-de-energia>. Acesso em 09 nov. 2024.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira (NBR) 5410. **Instalações elétricas de baixa tensão**. Brasília: ABNT, 2004. 217p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira (NBR) ISO/CIE 8995-1. **Iluminação de ambientes de trabalho parte 1: interior**. Brasília: ABNT, 2013. 7p.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira (NBR) 5444. **Símbolos elétricos para instalações elétricas prediais**. Brasília: ABNT, 1989. 9p.

ALVES, P. **Decore seu ambiente**. 2020. Disponível em: <https://www.patriciaalvesinteriores.com.br/>. Acesso em 11 out. 2024.

BETA EDUCAÇÃO. **Riscos e penalidade para a negligência das leis de segurança do trabalho**. 15 jan. 2024. Disponível em: <https://betaeducacao.com.br/riscos-e-penalidades-para-a-negligencia-das-leis-de-seguranca-do-trabalho/>. Acesso em 28 out. 2024.

BORGES, L.; GOMES, G. **Instalações elétricas**: Construção de uma rede elétrica dimensionada. Belo Horizonte: UNIS/MG, 2019. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/bitstream/prefix/1263/1/Leandro%20Francisco%20Pereira%20Borges.pdf>. Acesso em 01 nov. 2024.

BRASIL Lei nº 12.119, de 15 de dezembro de 2009. Altera o art. 2º da Lei no 11.337, de 26 de julho de 2006, para melhor detalhar a abrangência da exigência nele contida e para adequar a nomenclatura empregada aos padrões técnicos estabelecidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 jul. 2006.

BRASIL. Lei nº 11.337 de 26 de julho de 2006. Determina a obrigatoriedade de as edificações possuírem sistema de aterramento e instalações elétricas compatíveis com a utilização de condutor-terra de proteção, bem como torna obrigatória a existência de condutor-terra de proteção nos aparelhos elétricos que especifica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 jul. 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Balanço**: Belém (PA) teve chuva abaixo da média em setembro/2023. 10 out. 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/bel%C3%A9m-pa-teve-chuva-abaixo-da-m%C3%A9dia-em-setembro-2023#:~:text=/09/2018.-,A%20maior%20temperatura%20m%C3%A1xima%20do%20m%C3%AAs%20foi%20de%2036%2C6,em%2007/09/2020>. Acesso em 24 set. 2024.

BRASIL. **Norma Regulamentadora n 10, de 06 de julho de 1979**. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=248163>. Acesso em 01 nov. 2024.

CATEL. **Entenda as diferenças entre os tipos de caixa de luz.** 24 jun. 2023. Disponível em: <https://blog.catelhm.com.br/tipos-de-caixa-de-luz/>. Acesso em 23 set. 2024.

CAVALIN, G.; CERVELIN, S. **Instalações Elétricas Prediais.** 14 ed. São Paulo: Editora Erica, 2006.

COELHO, E.; MEDEIROS, G.; PRATEANO R.; QUEVEDO, P. Queda de Tensão. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da FAIT**, v. 2, n. 24, p. 1-12, 2023.

COELHO, R. **Análise comparativa de métodos para cálculo de potência elétrica.** 2018.116. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

COSTA, V.; MANTOVANI, D.; REZENDE, D. Importância do uso de dispositivos de proteção contra correntes residuais em instalações elétricas residenciais. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente – FAEMA**, Ariquemes, v. 9, n. 2, p. 855-857, jul-dez. 2018.

COTRIM, A. **Instalações elétricas.** 5 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 511p.

CREDER, H. **Instalações elétricas.** 16 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. 502p.

CUNHA, J. Capacidade de condução de corrente dos condutores elétricos. **Eletricidade Moderna**, v. 45, n. 515, fev. 2017.

CUNHA, L. **A evolução das instalações.** Disponível em: https://dov9x7dfzo1bk.cloudfront.net/sites/www.voltimum.com.br/files/fields/attachment_file/sites/www.voltimum.com.br/files/memoria_abril_10.pdf. Acesso em 01 nov. 2024.

D'ÁVILA, R. **Análise de perdas em instalações elétricas residenciais.** 2007. 117f. Dissertação de mestrado em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo: 2007

D'AVILA, Ricardo S. **Análise de perdas em instalações elétricas residenciais.** São Paulo 2007. 97f. Dissertação (Mestrado em Energia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

ENERBRAS. **Quadro de distribuição: o que é, para que serve e como funciona.** Disponível em: <https://enerbras.com.br/quadro-de-distribuicao/>. Acesso em 28 de outubro de 2024.

ENGESHALL. **Tipos de conectores elétricos: qual a função de cada um?** Disponível em: <https://engehall.com.br/tipos-de-conectores-eletricos/>. Acesso em 13 out. 2024.

EQUATORIAL. **Fornecimento de energia elétrica em baixa tensão: Norma Técnica – NT 001, Revisão 07 – 2023.** Disponível em: <https://go.equatorialenergia.com.br/wp-content/uploads/2023/03/NT.00001.EQTL-07->

NT.001.EQTL_.Normas-e-Qualidade-Fornecimento-de-Energia-Eletrica-em-Baixa-Tensao.pdf. Acesso em 03 ago. 2024.

HELERBROCK, R. **Lei de Ohm**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-lei-ohm.htm>. Acesso em 08 out. 2024.

ISAMI, A.; BIS, E. A importância da norma ABNT NBR 5410 nas instalações elétricas. **Revista eSALENG – Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESTIANO**, v. 9, n. 1, 2020.

LIMA FILHO, D. **Projetos de instalações elétricas prediais**. 6 ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2004. 253p.

MATTEDE, H. **Conceitos de eletricidade**. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/como-dimensionar-idr-interruptor-diferencial-residual/>. Acesso em 09 nov. 2024b.

MATTEDE, H. **Cor dos cabos elétricos, qual usar?** Disponível em: https://www.mundodaeletrica.com.br/cor-dos-cabos-eletricos-qual-usar/#google_vignette. Acesso em 09 nov. 2024a.

MATTEDE, H. **Disjuntor termomagnético, funções e características**. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/disjuntor-termomagnetico-funcoes-e-caracteristicas/#:~:text=Disjuntor%20Termomagn%C3%A9tico%3A%20Caracter%C3%ADsticas,isso%20possui%20o%20nome%20termomagn%C3%A9tico>. Acesso em 09 nov. 2024c.

MELLO, V. **Instrumentação para o ensino de Física III**. São Cristóvão/SE: CESAD, 2011.

NERY, N. **Instalações elétricas: princípios e aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Érica, 2012.

NILSSON, J.; RIEDEL, S. **Circuitos Elétricos**. 10 ed. São Paulo: Pearson, 2016.

PRYSMIAN GROUP. **Instalações elétricas residenciais: garanta uma instalação elétrica segura**. São Paulo: Internacional Copper Association Brazil, 2022. 132p.

SCHNEIDER ELETRIC. Dispositivo de proteção contra surtos. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/work/local-content/dps-dispositivo-protecao-contrasurtos/>. Acesso em 27 set. 2024.

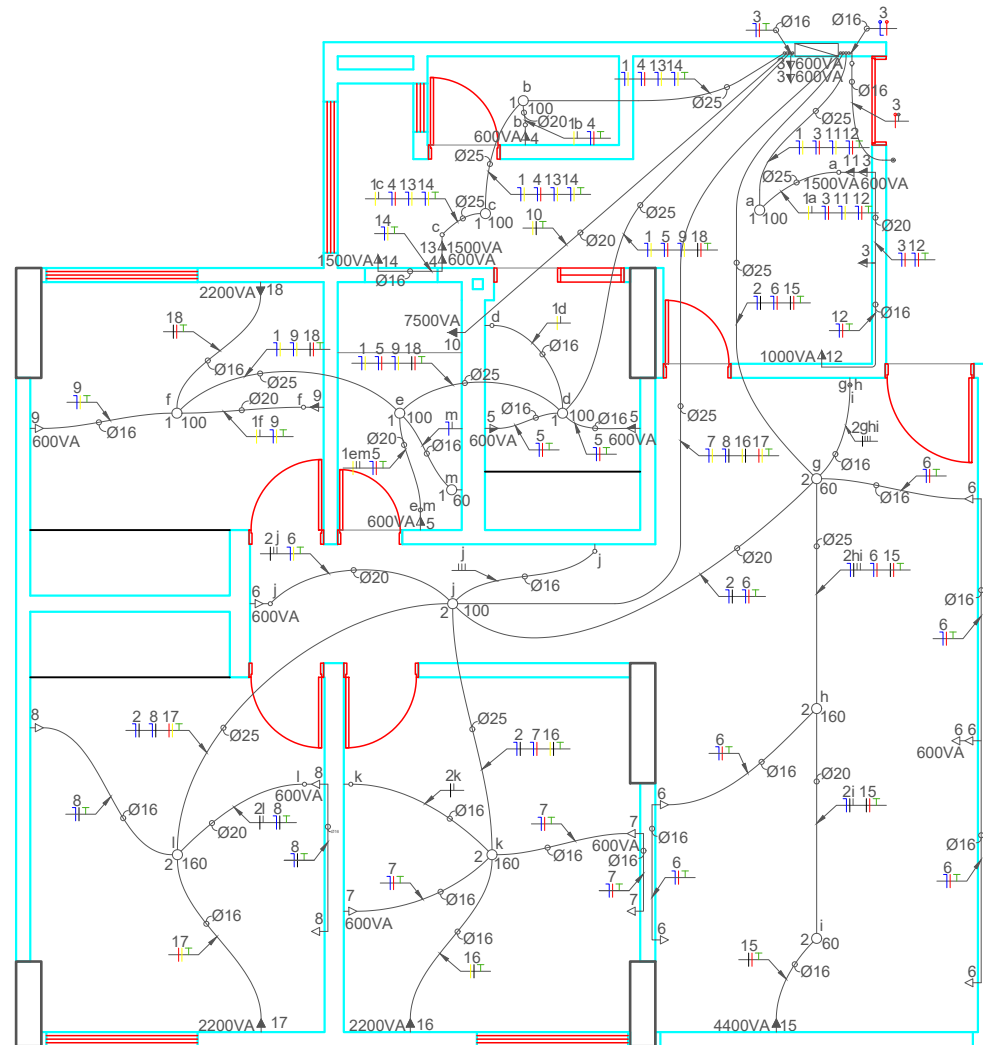
SOUZA, J.; MORENO, H. **Guia EM da NBR 5010**. São Paulo: Eletricidade Moderna, dez. 2001. 170p.

SOUZA, V.; RIZZATTO, Fe. **G.T.D.: Geração, transmissão e distribuição de energia elétrica**. São Paulo, 2023.

TAVARES, S. **Aterramento predial: sistema de aterramento elétrico**. São Paulo: Associação Brasileira de Conscientização para os perigos da eletricidade, 2021. 20p.

WEG. **Soluções Integradas para Instalações Elétricas.** Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hec/h5f/WEG-solucoes-integradas-para-instalacoes-eletricas-50009824-pt.pdf>. Acesso em 23 out. 2024.

Legenda	
	Interruptor Simples 1 Tecla
	Interruptor Simples 2 Teclas
	Interruptor Simples 3 Teclas
	Interruptor Paralelo 1 Tecla
	Tomada Baixa (h=0,30m)
	Tomada Média (h=1,30m)
	Tomada Alta (h=2,25m)
	Luminária Teto
	Luminária Parede
	Eletroduto Teto/Parede
	Eletroduto Piso
	
	
	
	
	



Matéria:

Trabalho de Conclusão de Curso

Apêndice A

Esquema Eléctrico Unifilar

Tema: Modernização e Adequação de uma Instalação Elétrica Residencial Unifamiliar

Alunos: **Caique Santiago**
Davi Bezerra

ESCALA:
1/7

DATA:
30/10/2024

ÁREA CONSTRUIDA:
72,19 M²

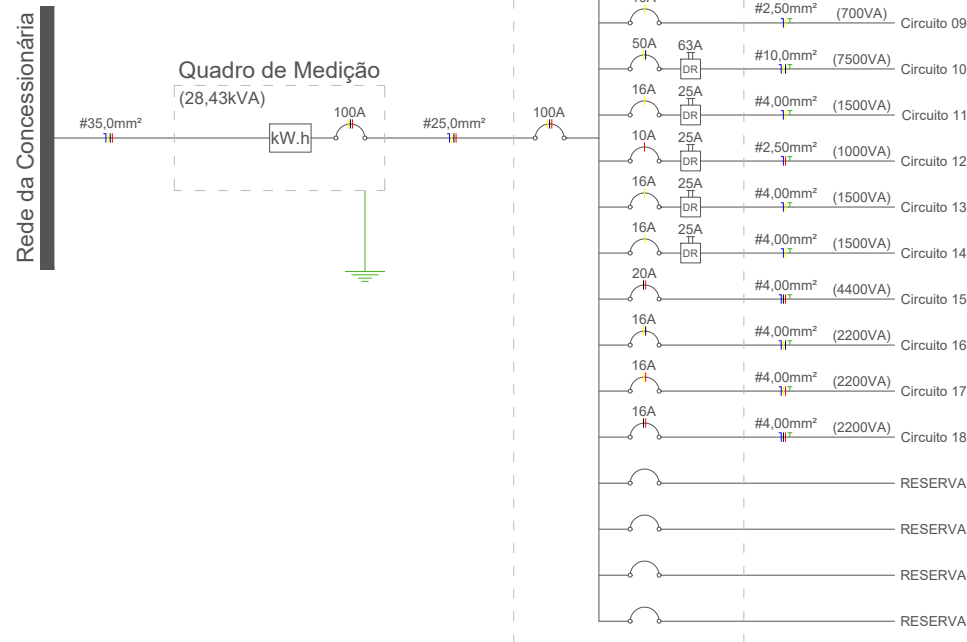
Orientador:	Edson Ortiz
-------------	-------------

PRANCHA:

01/03

QUADRO DE CARGAS																			
Circuito		Levantamento de Cargas				Específicas (VA)	Balanceamento de Fases			Potência Total (VA)	Tensão (V)	Corrente (A)	Condutores		Proteção				
		Iluminação		Tomadas			R (VA)	S (VA)	T (VA)				Seção (mm²)	Esquema	Disjuntor Termomagnético DIN			IDR	
Nº	Finalidade	100	60	100	600										Nº Polos	Corrente Nominal (A)	Curva	Nº Polos	Corrente Nominal (A)
1	Iluminação	6	1				660			660	127	5,20	1,50	F1/N	1	10	C		
2	Iluminação	4	5					700		700	127	5,51	1,50	F2/N	1	10	C		
3	TUG's			1	3				1900	1900	127	14,96	4,00	F3/N/T	1	16	C	2	25
4	TUG's				2				1200	1200	127	9,45	2,50	F3/N/T	1	10	C	2	25
5	TUG's				3				1800	1800	127	14,17	2,50	F3/N/T	1	16	C	2	25
6	TUG's			5	2			1700		1700	127	13,39	4,00	F2/N/T	1	20	C		
7	TUG's			1	2				1300	1300	127	10,24	4,00	F3/N/T	1	16	C		
8	TUG's			2	1			800		800	127	6,30	2,50	F2/N/T	1	10	C		
9	TUG's			1	1		700			700	127	5,51	2,50	F1/N/T	1	10	C		
10	TUE's					7500	3750	3750		7500	220	34,09	10,0	F1/F2/T	2	50	B	2	63
11	TUE's					1500	1500			1500	127	11,81	4,00	F1/N/T	1	16	C	2	25
12	TUE's					1000			1000	1000	127	7,87	2,50	F3/N/T	1	10	C	2	25
13	TUE's					1500	1500			1500	127	11,81	4,00	F1/N/T	1	16	C	2	25
14	TUE's					1500	1500			1500	127	11,81	4,00	F1/N/T	1	16	C	2	25
15	TUE's					4400		2200	2200	4400	220	20,00	4,00	F2/F3/T	2	20	C		
16	TUE's					2200	1100	1100		2200	220	10,00	4,00	F1/F2/T	2	16	C		
17	TUE's					2200	1100		1100	2200	220	10,00	4,00	F1/F3/T	2	16	C		
18	TUE's					2200		1100	1100	2200	220	10,00	4,00	F2/F3/T	2	16	C		
19	RESERVA																		
20	RESERVA																		
21	RESERVA																		
22	RESERVA																		
							11810	11350	11600										

	Matéria:	Apêndice B		
	Trabalho de Conclusão de Curso			
	Tema:	Modernização e Adequação de uma Instalação Elétrica Residencial Unifamiliar		
	Alunos:	Caique Santiago Davi Bezerra	ESCALA:	ÁREA CONSTRUÍDA: 72,19 M²
		DATA: 30/10/2024	Orientador: Edson Ortiz	



Matéria:
Trabalho de Conclusão de Curso

Apêndice C

Diagrama Unifilar

Tema: Modernização e Adequação de uma Instalação Elétrica Residencial Unifamiliar

Alunos:
Caique Santiago
Davi Bezerra

ESCALA:
1/75

DATA:
30/10/2024

ÁREA CONSTRUÍDA:
72,19 M²

Orientador:
Edson Ortiz

PRANCHA:
03/03