

**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Goiás

ERICK COSTA ALVES

**PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS
RESIDENCIAIS COM APLICAÇÃO DA METODOLOGIA
*BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)***

VALPARAÍSO DE GOIÁS - GO

2026



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Erick Costa Alves

Matrícula: 20191150050240

Título do Trabalho: Projeto de instalações elétricas residenciais com aplicação da metodologia building information modeling (bim)

Autorização - Marque uma das opções

1. (X) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

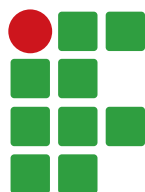
- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Valparaíso de Goiás, 03 de setembro de 2026.



Documento assinado digitalmente
ERICK COSTA ALVES
Data: 03/09/2026 00:17:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Goiás

ERICK COSTA ALVES

**PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS
RESIDENCIAIS COM APLICAÇÃO DA METODOLOGIA
*BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Bacharelado em Enge-
nharia Elétrica do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Valpa-
raíso, como parte dos requisitos para a obtenção
do título de Engenheiro Eletricista.

Orientadora: LARISSA MARQUES PERES

VALPARAÍSO DE GOIÁS - GO

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

A474p

Alves, Erick Costa

Projeto de instalações elétricas residenciais com aplicação da metodologia Building Information Modeling (BIM) / Erick Costa Alves — Valparaíso, 2026.

107 f. : il.

Orientadora: Larissa Marques Peres.

Trabalho de Conclusão de Curso - TCC (Graduação) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Valparaíso, Bacharelado em Engenharia Elétrica.

1. Instalações elétricas residenciais. 2. Building Information Modeling (BIM). 3. Projeto elétrico residencial. 4. NBR 5410. I. Peres, Larissa Marques II. Título. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Valparaíso.

CDD: 621.31

Bibliotecária: Charlene Cardoso Cruz CRB1-DF nº 2909

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Na presente data realizou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **Projeto de Instalações Elétricas Residenciais com Aplicação da Metodologia Building Information Modeling (BIM)**, sob orientação de Larissa Marques Peres, apresentado pelo aluno **Erick Costa Alves (20191150050240)** do Curso **Bacharelado em Engenharia Elétrica (Câmpus Valparaíso)**. Os trabalhos foram iniciados às **18:00** do dia **08/07/2026** pela Professora presidente da banca examinadora, constituída pelos seguintes membros:

- **Larissa Marques Peres** (Presidente)
- **Jessica Santoro Goncalves Pena** (Examinadora Interna)
- **Leticia Chaves Fonseca** (Examinadora Interna)

A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo aluno, tendo sido atribuído o seguinte resultado:

☒ Aprovado

☐ Reprovado

Nota : 8,5

Observação / Apreciações:

Proclamados os resultados pelo presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu **Larissa Marques Peres** lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da banca examinadora.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Jessica Santoro Goncalves Pena**, em 11/07/2026 09:14:50 com chave **1dd630b27d2211f181a4005056a537a4**.
- **Larissa Marques Peres**, em 11/07/2026 08:26:11 com chave **51fff007d1b11f1a134005056a537a4**.
- **Leticia Chaves Fonseca**, em 11/07/2026 17:26:25 com chave **c9ca261e7d6611f18e2d005056a537a4**.

Este documento foi emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifg.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir.

Tipo de Documento: Ata de Projeto Final

Data da Emissão: 18/08/2026

Código de Autenticação: 41c24f



Agradecimentos

Chegando ao final da graduação, torna-se indispensável expressar a minha gratidão aos que foram essenciais ao longo desse processo. Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais, que me proporcionaram uma base, apoio e incentivo incondicionais para que eu pudesse investir nos meus estudos e alcançar este importante objetivo. Sem o suporte e os valores que me deram, a conclusão desta etapa não seria a mesma coisa.

Agradeço também à minha namorada, Amanda, pelo apoio e incentivo ao longo dos últimos semestres da graduação, principalmente nos momentos mais difíceis, contribuindo para a continuidade e conclusão deste trabalho. Por fim, deixo meu sincero agradecimento à minha orientadora, Larissa Marques Peres, cuja competência profissional, dedicação e orientação foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho, sendo, sem dúvida, uma referência como profissional.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um projeto de instalação elétrica residencial utilizando a metodologia *Building Information Modeling* (BIM), estabelecendo um comparativo com os métodos tradicionais de projeto. O estudo traz as etapas de concepção, dimensionamento e representação do projeto elétrico, considerando as recomendações trazidas pela NBR 5410 e demais normas. A modelagem do projeto permitiu a configuração dos pontos elétricos, o lançamento das cargas, a divisão dos circuitos e também o dimensionamento de condutores, dispositivos de proteção, eletrodutos e quadro de distribuição. Em comparação ao fluxo de trabalho convencional, a utilização do BIM trouxe maior integração com o projeto arquitetônico, além da geração automática de quadros de cargas, diagramas elétricos e listagem de materiais — processos que nos métodos tradicionais costumam ser manuais e propensos a falhas —, contribuindo para a redução de erros, redução de tempo necessário para a execução e maior confiabilidade da documentação técnica. Os resultados mostram que a aplicação do BIM em projetos elétricos residenciais proporciona ganhos significativos em organização, precisão e compatibilização quando confrontada com as práticas habituais de projeto, destacando-se como uma ferramenta eficiente para o desenvolvimento de projetos de instalações elétricas.

Palavras-Chave: BIM, Instalações Elétricas, NBR 5410, Projeto Elétrico Residencial

Abstract

This work aims to develop a residential electrical installation project using the Building Information Modeling (BIM) methodology, establishing a comparison with traditional design methods. The study presents the stages of conception, sizing, and representation of the electrical project, considering the recommendations of NBR 5410 and other relevant standards. The project modeling enabled the configuration of electrical outlets, load allocation, circuit division, as well as the sizing of conductors, protection devices, conduits, and distribution boards. Compared to the conventional workflow, the use of BIM provided greater integration with the architectural design, in addition to the automatic generation of load schedules, wiring diagrams, and material take-offs—processes that are typically manual and error-prone in traditional methods—contributing to a reduction in errors, a decrease in execution time, and greater reliability of the technical documentation. The results show that the application of BIM in residential electrical projects provides significant gains in organization, precision, and clash detection/compatibility when compared to standard design practices, standing out as an efficient tool for the development of electrical installation projects.

Keywords: BIM, Electrical Installations, NBR 5410, Residential Electrical Project

Lista de Figuras

2.1 Modelo Federado.....	24
2.2 Detecção de conflitos	25
2.3 Dimensões do BIM.....	27
3.1 Exemplos de equipamentos que exigem TUEs.....	40
3.2 Detalhamento da entrada de energia	42
3.3 Circuito monofásico de iluminação	43
3.4 Circuito monofásico de TUGs.....	43
3.5 Circuito monofásico de TUEs	44
3.6 Quadro de distribuição monofásico.....	47
3.7 Quadro de distribuição bifásico.....	48
3.8 Quadro de distribuição trifásico.....	49
3.9 Diagrama unifilar.....	51
3.10 Diagrama multifilar.....	52
3.11 Interseção da curva de suportabilidade térmica do condutor com a curva de atuação do disjuntor.....	53
3.12 Interseção da curva da integral de joule (I^2t) suportável pelo condutor com a curva da integral de joule (I^2t) que o disjuntor deixa passar.....	54
3.13 Faixas de atuação instantâneas de disjuntores conforme a NBR NM 60898.....	56
3.14 IDR bipolar e tetrapolar.....	58
3.15 DDR bipolar e tetrapolar.....	59
3.16 Formas de onda normalizadas.....	62
4.1 Plantas baixas do projeto arquitetônico	65
4.2 Visão externa da casa.....	66

4.3 Janela de configuração da fiação - Quadro de Distribuição de Circuito	
(QDC).....	77
4.4 Janela de configuração da fiação - Medidor.....	77
4.5 Vista isométrica do quadro de distribuição.....	83
4.6 Plantas baixas do projeto elétrico térreo - parte I.....	85
4.7 Plantas baixas do projeto elétrico térreo - parte II.....	86
4.8 Plantas baixas do projeto elétrico térreo - parte III.....	87
4.9 Plantas baixas do projeto elétrico 1º pavimento - parte I.....	88
4.10 Plantas baixas do projeto elétrico 1º pavimento - parte II.....	89
4.11 Vista isométrica do projeto elétrico residencial.....	89
4.12 Distribuição do quadro entre os dois pavimentos.....	90
4.13 Alimentação das tomadas do térreo por meio do ponto de luz em pé-	
direito alto.....	91
4.14 Alimentação da área de serviço pelo piso.....	91
4.15 Diagrama unifilar.....	92
4.16 Interferência nos conduítes.....	96

Lista de Tabelas

2.1	Valores de <i>softwares</i> que utilizam a metodologia BIM	31
3.1	Seção mínima dos condutores	33
3.2	Tipo de linha elétrica	33
3.3	Número de condutores carregados em função do tipo de circuito	34
3.4	Redução da seção do condutor neutro	37
3.5	Redução da seção do condutor de proteção	38
3.6	Espaço reserva para quadros	46
3.7	Escolha de IDR	58
3.8	Relação do IDR com DTM (Padrão DIN)	60
4.1	Área e perímetro conforme cada ambiente	68
4.2	Quantidade de luminárias por ambiente	70
4.3	Quantidade de tomadas por ambiente	70
4.4	Cargas por ambiente (VA)	71
4.5	Divisão dos circuitos	72
4.6	Fatores de demanda	73
4.8	Dimensionamento dos condutores - Medidor	75
4.7	Dimensionamento dos condutores - QDC	76
4.9	Proteção utilizada por circuito - QDC	79
4.10	Proteção utilizada por circuito - Medidor	79
4.11	Dimensionamento das instalações em 220/380V	80
4.12	Dispositivo diferencial residual parcial utilizado	81
4.13	Quadro de cargas	93
4.14	Lista de materiais	95
5.1	Tabela comparativa entre BIM e métodos tradicionais	99

A.1	Capacidades de condução de corrente para os métodos A1, A2, B1, B2,	
	C e D em PVC	104
A.2	Capacidades de condução de corrente para os métodos A1, A2, B1, B2,	
	C e D em EPR ou XLPE	105
A.3	Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados	106
A.4	Fatores de correção para temperaturas	107

Lista de Abreviaturas e Símbolos

Lista de Abreviaturas

A	Ampère
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
DDR	Disjuntor Diferencial Residual
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
DR	Interruptor ou Disjuntor Diferencial Residual
FCA	Fator de Correção de Agrupamento
FCT	Fator de Correção de Temperatura
Hz	Hertz
IDR	Interruptor Diferencial Residual
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
IFG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>

NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
NM	Norma Mercosul
PE	Proteção Equipotencial
PVC	Policloreto de Vinila
PVTO	Pavimento
TUE	Tomada de Uso Específico
TUG	Tomada de Uso Geral
V	Volt
VA	Volt-Ampère
W	Watt

Sumário

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	VISÃO GERAL	17
1.2	MOTIVAÇÃO	18
1.3	OBJETIVO GERAL	19
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	20
2	FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA BIM	21
2.1	INTRODUÇÃO	21
2.2	DEFINIÇÃO DE BIM	22
2.3	CARACTERÍSTICAS DA METODOLOGIA BIM	22
2.3.1	INTEROPERABILIDADE	23
2.3.2	MODELAGEM PARAMÉTRICA	25
2.3.3	DIMENSÕES DO BIM	26
2.4	SOFTWARES BIM UTILIZADOS EM PROJETOS ELÉTRICOS	27
2.5	DIFERENÇAS ENTRE BIM E MÉTODOS TRADICIONAIS DE PROJETO	29
2.6	DESAFIOS E LIMITAÇÕES DA IMPLEMENTAÇÃO DO BIM	30
3	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS CONFORME A NBR 5410	32
3.1	INTRODUÇÃO	32
3.2	DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES	32
3.2.1	CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE	33
3.2.2	FATOR DE CORREÇÃO DE AGRUPAMENTO (FCA)	34
3.2.3	FATOR DE CORREÇÃO DE TEMPERATURA (FCT)	35

3.2.4	CORRENTE DE PROJETO	35
3.2.5	CORRENTE CORRIGIDA	35
3.2.6	QUEDA DE TENSÃO	36
3.2.7	DIMENSIONAMENTO DO CONDUTOR NEUTRO	36
3.2.8	DIMENSIONAMENTO DO CONDUTOR DE PROTEÇÃO	37
3.3	DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS	38
3.4	PREVISÃO DE CARGAS	38
3.4.1	MÉTODO DE CÁLCULO PARA ILUMINAÇÃO	38
3.4.2	TOMADAS	39
3.5	CIRCUITO ELÉTRICO	41
3.5.1	CIRCUITOS TERMINAIS	42
3.5.2	DIVISÃO DA INSTALAÇÃO	44
3.6	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	45
3.6.1	DEFINIÇÃO	45
3.6.2	ASPECTOS A SEREM OBSERVADOS NA MONTAGEM	45
3.6.3	PARTES COMPONENTES DE UM QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	46
3.6.4	TIPOS DE QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO PRINCIPAL	46
3.6.5	LOCALIZAÇÃO DOS QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO	49
3.6.6	QUANTIDADE DE QUADROS DE DISTRIBUIÇÃO	49
3.7	DIAGRAMA MULTIFILAR E UNIFILAR	50
3.8	DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO	52
3.8.1	DISJUNTORES	52
3.8.2	DISPOSITIVO DIFERENCIAL RESIDUAL (DR)	57
3.8.3	DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS (DPS)	60
4	ESTUDO DE CASO	63
4.1	INTRODUÇÃO	63
4.2	OBJETO DO CASO DE ESTUDO	64
4.3	PROJETO ELÉTRICO REALIZADO	66
4.3.1	ETAPAS DA ELABORAÇÃO DO PROJETO	67
4.4	RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES	96
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	98

5.1	CONCLUSÕES GERAIS	98
5.2	TRABALHOS FUTUROS	100
	BIBLIOGRAFIA	101
	ANEXO A	103

Capítulo 1

INTRODUÇÃO

1.1 VISÃO GERAL

A evolução dos processos construtivos e o aumento da complexidade dos projetos de edificações têm exigido, cada vez mais, soluções que garantam maior precisão, segurança e integração entre as diferentes disciplinas envolvidas, tais como arquitetura, estruturas, instalações hidrossanitárias e instalações elétricas. Nesse contexto, as instalações elétricas residenciais trazem um papel muito importante, uma vez que estão diretamente relacionadas ao funcionamento adequado da edificação, à segurança dos usuários e ao atendimento às normas técnicas vigentes. A elaboração de um bom projeto elétrico é de suma importância para garantir o correto dimensionamento do sistema, a confiabilidade da instalação e a redução de falhas durante a utilização da edificação.

Atualmente, ainda é muito comum os projetos elétricos serem desenvolvidos por meio de ferramentas bidimensionais, baseadas em desenhos técnicos como o *Computer-Aided Design* (CAD), que apresentam limitações quanto à visualização do projeto como um todo, à compatibilização com outros projetos complementares e à atualização das informações ao longo do processo. Essas limitações podem resultar em inconsistências, retrabalhos e dificuldades durante a execução da obra. Diante desse cenário, surge a necessidade de métodos que promovam maior integração entre projeto, execução e gestão [1].

O *Building Information Modeling* (BIM) destaca-se como uma metodologia capaz de transformar a forma como os projetos são concebidos, desenvolvidos e gerenciados. Ao permitir a criação de modelos digitais que integram informações geométricas e dados técnicos, o BIM possibilita uma abordagem mais colaborativa e coordenada entre as diversas disciplinas da construção civil. No âmbito dos projetos elétricos, essa metodologia favorece a organização das informações, a redução de incompatibilidades, a extração automática de quantitativos e a geração de documentação técnica mais consistente, representando um avanço significativo em relação aos métodos tradicionais.

No caso das instalações elétricas residenciais, a aplicação do BIM permite maior controle sobre o lançamento dos pontos elétricos, a definição dos circuitos, o dimensionamento de condutores, dispositivos de proteção e demais componentes do sistema. Além disso, a metodologia facilita a compatibilização com os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário, reduzindo conflitos e contribuindo para uma execução mais eficiente. A possibilidade de simular o projeto ainda na fase de concepção amplia a capacidade de tomada de decisão e reforça a segurança técnica das soluções adotadas.

Paralelamente à adoção de novas metodologias, o atendimento às normas técnicas é indispensável para garantir a segurança e o desempenho das instalações elétricas. No Brasil, a NBR 5410 estabelece os critérios para o projeto, execução e manutenção de instalações elétricas de baixa tensão, sendo referência para o desenvolvimento de projetos elétricos residenciais. A correta aplicação de seus requisitos assegura a proteção contra choques elétricos, sobrecorrentes e sobretensões, além de contribuir para a durabilidade e a confiabilidade da instalação.

1.2 MOTIVAÇÃO

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho está relacionada à crescente necessidade de aprimoramento dos processos de projeto na construção civil, especialmente no que se refere às instalações elétricas residenciais. A adoção da metodologia BIM apresenta-se como uma alternativa capaz de promover maior organização das

informações, compatibilização entre disciplinas e redução de falhas comuns em projetos elaborados por métodos tradicionais.

Nesse contexto, o estudo busca compreender como a aplicação do BIM pode contribuir para a qualidade, a confiabilidade e a eficiência do projeto elétrico residencial, considerando tanto as exigências normativas quanto as demandas atuais do setor. Além disso, a escolha do tema justifica-se pelo aumento da utilização de ferramentas BIM no mercado e pela importância de preparar profissionais aptos a atuar com essa metodologia, fortalecendo a integração entre tecnologia, planejamento e execução de projetos.

1.3 OBJETIVO GERAL

Analisar a aplicação da metodologia BIM no desenvolvimento de projetos elétricos, por meio da elaboração de um projeto de instalações elétricas residenciais, com o objetivo de demonstrar sua aplicação, avaliar suas contribuições para a qualidade do projeto elétrico e evidenciar as vantagens dessa tecnologia em comparação com os métodos tradicionais de projeto.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Dentre os objetivos específicos pode-se citar os seguintes:

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre os conceitos, características e aplicações da metodologia BIM;
- Abordar as etapas de concepção, dimensionamento e representação gráfica do projeto, considerando os critérios normativos e os recursos proporcionados pelo ambiente BIM;
- Desenvolver um projeto elétrico utilizando ferramentas de modelagem BIM;
- Identificar os benefícios do BIM quanto à redução de erros, retrabalhos e inconsistências de projeto;

- Demonstrar as contribuições da metodologia para a melhoria da qualidade, produtividade e confiabilidade das informações técnicas.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O Capítulo **1** apresenta a introdução, na qual são expostos os objetivos e a forma como o estudo se desenvolve. O Capítulo **2** aborda a relevância da metodologia BIM, destacando suas vantagens e sua aplicação no desenvolvimento de projetos elétricos em comparação ao método tradicional em CAD. No Capítulo **3** são tratados os aspectos relacionados às instalações elétricas, com ênfase na norma NBR 5410. O Capítulo **4** descreve o processo adotado para a elaboração do projeto elétrico residencial em BIM, bem como as análises comparativas realizadas em relação ao CAD. Por fim, o Capítulo **5** apresenta as considerações finais decorrentes da elaboração do estudo.

Capítulo 2

FUNDAMENTOS DA TECNOLOGIA BIM

2.1 INTRODUÇÃO

A crescente complexidade dos empreendimentos da construção civil tem impulsionado a busca por metodologias capazes de proporcionar maior integração entre as diferentes disciplinas envolvidas no desenvolvimento de projetos. Nesse contexto, a transformação digital do setor tem promovido mudanças significativas na forma como as informações são produzidas, compartilhadas e gerenciadas ao longo do ciclo de vida das edificações.

Entre as principais inovações que vêm contribuindo para essa evolução destaca-se a Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* – BIM), uma abordagem que permite o desenvolvimento de modelos digitais capazes de reunir informações geométricas e técnicas em um ambiente integrado. Essa metodologia tem se consolidado como uma importante ferramenta para aumentar a qualidade dos projetos, melhorar a comunicação entre os profissionais e reduzir inconsistências durante as etapas de planejamento, execução e operação das edificações.

Além de proporcionar uma representação mais completa e organizada dos elementos construtivos, o BIM possibilita uma gestão mais eficiente das informações do projeto, favorecendo processos de compatibilização, extração de quantitativos, análise de interferências e tomada de decisões. Dessa forma, sua utilização vem ganhando destaque em diferentes áreas da engenharia, arquitetura e construção, contribuindo

para a modernização dos métodos tradicionais de projeto.

Diante desse cenário, este capítulo apresenta a definição do BIM, suas características, diferenças com métodos tradicionais e destaca os desafios e limitações de seu uso.

2.2 DEFINIÇÃO DE BIM

De acordo com Eastman (2014) [2], o BIM se configura como um grande desenvolvimento no setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC). A tecnologia BIM possibilita a criação digital de um modelo virtual preciso da edificação, que reúne a geometria exata e informações relevantes para dar suporte às etapas de construção, fabricação e fornecimento dos insumos necessários à execução da obra. Além disso, o BIM incorpora funcionalidades voltadas à modelagem do ciclo de vida da edificação, servindo de base para novas capacidades no processo construtivo e para mudanças nos papéis e nas relações entre os membros da equipe envolvida. Quando aplicado de forma adequada, o BIM contribui para um processo de projeto e construção mais integrado, resultando em edificações com melhor qualidade e com redução de custos e prazos de execução.

Em síntese, segundo Succar (2009) [3], o BIM pode ser entendido como um conjunto integrado de tecnologias, processos e políticas que, quando aplicados de forma articulada, viabilizam a criação, o uso e a atualização de modelos digitais de um empreendimento. Essa integração favorece o trabalho colaborativo e a interoperabilidade entre os diversos agentes envolvidos, abrangendo todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento.

2.3 CARACTERÍSTICAS DA METODOLOGIA BIM

Para Eastman (2014) [2], dentre as características, as principais tecnologias trazidas pelo BIM são a interoperabilidade e a modelagem paramétrica.

2.3.1 Interoperabilidade

Conforme Eastman (2014) [2], a interoperabilidade refere-se à capacidade de diferentes aplicações computacionais compartilharem e utilizarem informações de maneira integrada ao longo do desenvolvimento de um projeto. No setor da AEC, diversas ferramentas são empregadas para atividades específicas, como modelagem geométrica, definição de materiais, análises estruturais e energéticas, estimativas de custos, planejamento da construção e fabricação. Diante dessa diversidade de sistemas, torna-se essencial que as informações possam ser transferidas e utilizadas entre diferentes aplicações.

Nesse contexto, a interoperabilidade possibilita que múltiplos *softwares* contribuam conjuntamente para a realização de um mesmo trabalho, permitindo o intercâmbio de dados entre plataformas distintas. Como resultado, reduz-se a necessidade de reinserir informações já produzidas, favorecendo a continuidade dos fluxos de trabalho, a automação de processos e a colaboração entre os diversos participantes envolvidos no projeto e na construção de edificações.

2.3.1.1 Modelo federado e detecção de conflitos

De acordo com Lorreine Vaccari (2022) [4], o modelo federado consiste na integração de modelos BIM provenientes de uma ou mais disciplinas em um único ambiente de visualização, mantendo-se a independência dos arquivos originais. Essa federação possibilita a análise conjunta dos diferentes sistemas que compõem o empreendimento, permitindo uma compreensão global do projeto e favorecendo o processo de coordenação entre as disciplinas envolvidas.

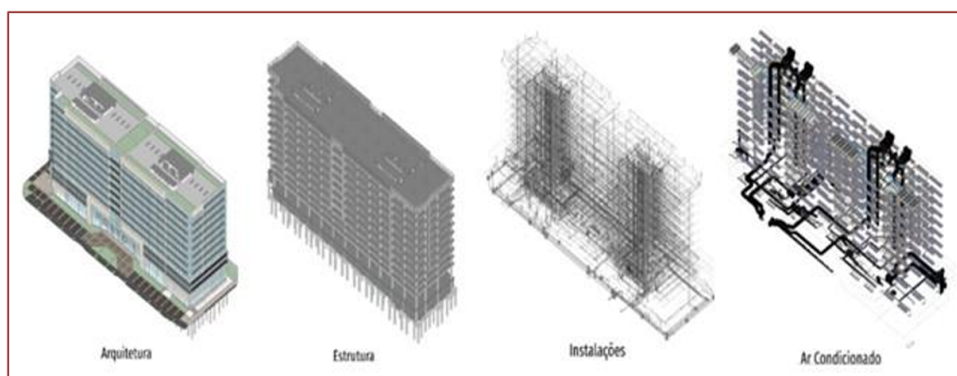
Por meio do modelo federado, apresentado na Figura 2.1 torna-se possível verificar a compatibilidade espacial entre os elementos projetados, identificar interferências e inconsistências, além de validar aspectos relacionados ao posicionamento e à referência comum dos modelos. Dessa forma, a federação contribui diretamente para a coordenação BIM, auxiliando no gerenciamento e na resolução de conflitos antes da execução da obra.

Um dos principais benefícios do modelo federado está na maior confiabilidade do

processo de compatibilização de projetos. A integração dos modelos permite a transição da tradicional análise bidimensional, baseada na sobreposição de plantas, para uma visualização tridimensional mais precisa e detalhada. Com isso, aspectos como níveis, elevações, distâncias e interferências entre sistemas podem ser identificados com maior clareza, reduzindo a ocorrência de erros de projeto e aumentando a qualidade das informações utilizadas ao longo do ciclo de vida da edificação.

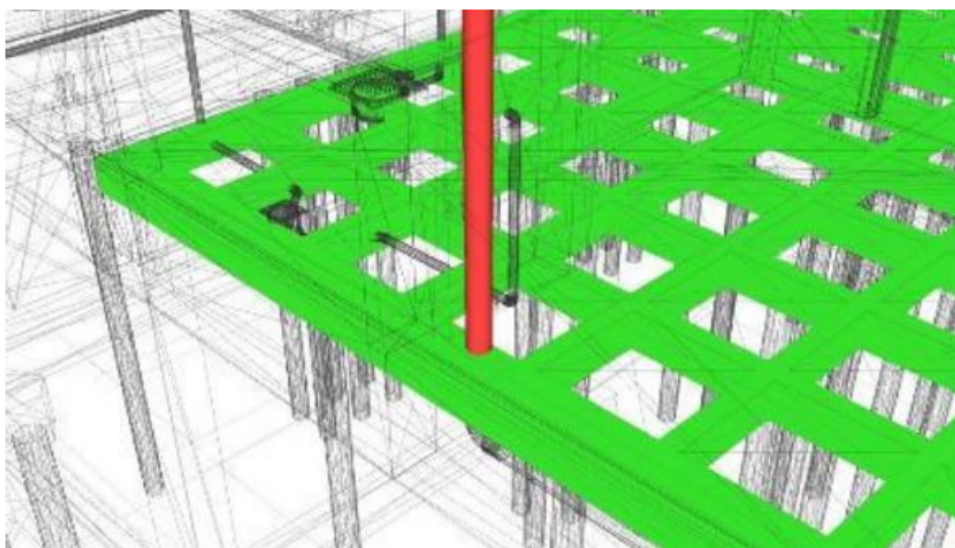
Com a detecção de conflitos (*clash detection*), é possível realizar a integração de modelos virtuais sem inconsistências ou conflitos geométricos. A Figura 2.2 apresenta um exemplo de conflito entre uma tubulação de água fria e a laje. Cabe ao BIM Manager, responsável pela equipe BIM, desenvolver a coordenação e compatibilização entre os projetos a fim de atingir o objetivo do projeto [5].

Figura 2.1: Modelo Federado



Fonte: Maria Aparecida, 2023 [5].

Figura 2.2: Detecção de conflitos



Fonte: Felipe Zolini, 2022 [6].

2.3.2 Modelagem Paramétrica

A parametrização consiste no estabelecimento de parâmetros e padrões para o desenvolvimento de um produto, possibilitando a realização de análises e estudos técnicos. No contexto do BIM, esse processo ocorre por meio da inserção de dados e detalhamentos dos componentes no modelo, sendo a confiabilidade das informações um fator essencial para o êxito do projeto. Diferentemente de um modelo tridimensional estático, o modelo paramétrico caracteriza-se por relações dinâmicas entre os objetos, integradas por informações que se atualizam de forma coordenada. A utilização de famílias de objetos parametrizados, disponíveis na internet, permite a adaptação dos elementos às necessidades do profissional, além de viabilizar a extração automática de desenhos, tabelas e quantitativos, com atualização simultânea das informações em todas as representações do modelo [5].

Conforme Eastman (2014) [2], o BIM é caracterizado por sua utilização de componentes da construção representados por objetos digitais inteligentes, capazes de identificar suas próprias características e de armazenar atributos gráficos e informacionais associados a regras paramétricas. Esses componentes incorporam dados que descrevem seu comportamento, possibilitando sua aplicação em diferentes análises e

processos de trabalho, como quantificação, especificação e análises de desempenho. Além disso, o BIM baseia-se na organização de dados consistentes e não redundantes, garantindo que qualquer modificação realizada nos componentes seja automaticamente refletida em todas as suas representações. Dessa forma, todas as visualizações do modelo permanecem devidamente coordenadas, assegurando coerência e integração das informações.

2.3.3 Dimensões do BIM

O BIM apresenta 7 dimensões, conforme mostrado na Figura 2.3. Essas dimensões são compreendidas como camadas de informações que ampliam progressivamente o uso do modelo ao longo do ciclo de vida do empreendimento, organizando responsabilidades e facilitando a troca de dados entre os agentes envolvidos.

A 1ª dimensão (1D) está associada às etapas iniciais do empreendimento, contemplando o pré-projeto, análises de viabilidade técnica, financeira e jurídica, estudos de solo, georreferenciamento e a adequação da documentação às exigências legais, sendo muito importante para o início da obra.

A 2ª dimensão (2D) e a 3ª dimensão (3D) concentram-se na elaboração, detalhamento e executabilidade dos projetos, avaliando aspectos como compatibilização entre disciplinas, parametrização dos elementos, qualificação da equipe, uso adequado de *softwares* e geração do modelo tridimensional, que possibilita melhor compreensão espacial e redução de incompatibilidades.

A 4ª dimensão (4D) incorpora o fator tempo ao modelo, relacionando os elementos construtivos ao cronograma executivo, permitindo o planejamento e o controle das etapas de execução.

A 5ª dimensão (5D) agrega informações de custos, possibilitando a extração de quantitativos e o acompanhamento financeiro do empreendimento.

A 6ª dimensão (6D) está vinculada à sustentabilidade e ao desempenho da edificação, incluindo análises energéticas e ambientais que subsidiam decisões voltadas à eficiência ao longo do ciclo de vida.

Por fim, a 7ª dimensão (7D) relaciona-se à operação e manutenção da edificação,

utilizando o modelo BIM como repositório central de informações para a gestão de *facilities*, manutenção e uso contínuo do empreendimento após sua conclusão [5].

Figura 2.3: Dimensões do BIM

1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D
DOCUMENTAÇÃO	DESENHO	MODELAGEM	PLANEJAMENTO	ORÇAMENTO	SUSTENTABILIDADE	CICLO DE VIDA
Estudo preliminar do terreno estudado, elaboração da documentação necessária para execução e planejamento correto da obra. Incluindo o Georreferenciamento	Representação do projeto voltado para o desenvolvimento de desenhos técnicos constituído de linhas geométricas, sem caracterização quanto às suas propriedades.	É realizada a detecção automática de conflitos entre os vários projetos de especialidades; Reduzir custos e tempos de operação; Coordenar o projeto através de um modelo; Eliminar conflitos no terreno.	Identificar conflitos críticos de espaço e tempo; Verificar se os métodos construtivos previstos são exequíveis; Apoiar a organização de frentes de obra; Aumentar a produtividade e diminuir o desperdício em obra.	Usado para gerar estimativa de custos; Permite ver o impacto de alterações de modo a promover um melhor desempenho econômico; Extração de desenhos para compras e quantidades em cada especialidade.	Atualizar durante toda a fase de construção para se tornar um modelo "telas finais" (As Built); Estimativas de energia; Redução global no consumo de energia.	Usado por gestores de operação e manutenção das instalações durante todo o seu ciclo de vida; Otimiza gestão de ativos do projeto, manutenção à demolição.

Fonte: Maria Aparecida, 2023 [5].

2.4 SOFTWARES BIM UTILIZADOS EM PROJETOS ELÉTRICOS

Atualmente, a metodologia BIM é suportada por diversos *softwares* que possibilitam o desenvolvimento, a coordenação e o gerenciamento de projetos ao longo de todo o ciclo de vida das edificações. Essas ferramentas permitem a criação de modelos digitais ricos em informações, favorecendo a integração entre diferentes disciplinas e contribuindo para a melhoria da qualidade dos projetos.

Entre os softwares mais utilizados para projetos elétricos destaca-se o Revit, que, de acordo com a Autodesk [7], permite a criação de modelos tridimensionais paramétricos com alto nível de detalhamento. O *software* possibilita a modelagem integrada de elementos arquitetônicos, estruturais e de instalações, reunindo informações do projeto em um único ambiente digital. Além disso, qualquer alteração realizada no modelo é atualizada automaticamente em plantas, cortes, elevações, tabelas e demais documentos gerados, contribuindo para maior consistência e eficiência no processo do projeto.

Outro aspecto relevante do Revit é sua capacidade de promover a colaboração entre diferentes disciplinas. Por meio de recursos de compartilhamento e coordenação de modelos, equipes de arquitetura, engenharia e construção podem trabalhar simultaneamente em um mesmo projeto, facilitando a comunicação e a compatibilização das informações. O *software* também dispõe de ferramentas para documentação, visualização e gerenciamento de dados, tornando-se uma solução amplamente utilizada em fluxos de trabalho baseados na metodologia BIM.

De acordo com a BIM Works [8], o DDS-CAD é um *software* BIM desenvolvido para o projeto e a modelagem de instalações prediais, contemplando disciplinas como elétrica, hidráulica e ventilação. A ferramenta pode ser utilizada tanto de forma individual quanto em um ambiente multidisciplinar, permitindo a integração entre diferentes sistemas da edificação. Além disso, apresenta compatibilidade com formatos amplamente utilizados no setor, como IFC, DWG, DXF e PDF, facilitando a troca de informações entre diferentes plataformas e profissionais envolvidos no projeto.

Entre os principais recursos do DDS-CAD, destacam-se a realização de cálculos integrados diretamente ao modelo BIM, incluindo dimensionamentos elétricos e análises de desempenho dos sistemas projetados. O *software* também oferece mecanismos de prevenção automática de interferências entre instalações e elementos construtivos, além de possibilitar o trabalho colaborativo entre diferentes usuários em um mesmo projeto. Complementando suas funcionalidades, o DDS-CAD dispõe de bibliotecas de componentes paramétricos e ferramentas para geração automática de documentação, quantitativos e listas de materiais, contribuindo para maior produtividade e precisão no desenvolvimento dos projetos [8].

Por sua vez, conforme Bentley Systems [9], o OpenBuildings Designer é uma plataforma BIM multidisciplinar desenvolvida para o projeto, análise e documentação de edificações e estruturas. O *software* permite a criação de modelos ricos em informações, favorecendo a integração entre diferentes disciplinas de projeto em um ambiente colaborativo. Sua estrutura possibilita que equipes trabalhem simultaneamente em um mesmo modelo, contribuindo para a coordenação das informações e para a redução de inconsistências durante o desenvolvimento do projeto.

Além dos recursos de modelagem, o OpenBuildings Designer oferece ferramentas

voltadas para análise de desempenho e aprimoramento dos projetos. Entre suas funcionalidades destacam-se a avaliação da eficiência energética das edificações, recursos de projeto paramétrico e generativo para exploração de alternativas de *design*, bem como ferramentas avançadas de visualização tridimensional. Essas características permitem maior precisão no processo de projeto e facilitam a comunicação e a tomada de decisões ao longo do ciclo de desenvolvimento da edificação [9].

2.5 DIFERENÇAS ENTRE BIM E MÉTODOS TRADICIONAIS DE PROJETO

Uma das principais distinções entre as tecnologias CAD e BIM está na forma como os projetos são desenvolvidos e gerenciados. Enquanto o CAD se limita à representação gráfica dos elementos construtivos, ainda que em três dimensões, o BIM possibilita a criação de um modelo virtual inteligente, no qual cada componente possui informações associadas às suas características físicas e funcionais.

No ambiente CAD, a geração e atualização de informações, como cortes, elevações e perspectivas, dependem de intervenções manuais do projetista. Em contrapartida, plataformas BIM, como o Revit, realizam a atualização automática dessas representações a partir de um único modelo centralizado. Dessa forma, qualquer modificação realizada em um elemento do projeto é refletida instantaneamente em todas as vistas relacionadas, garantindo maior consistência entre os documentos produzidos.

Além disso, os objetos inseridos em um modelo BIM são parametrizados, permitindo a definição prévia de propriedades como materiais, dimensões, acabamentos e características visuais. Assim, ao incorporar um elemento construtivo, como uma esquadria, o projetista pode ajustar apenas os parâmetros necessários, mantendo as demais informações previamente configuradas. Essa característica contribui para a padronização do projeto e para o aumento da produtividade durante o processo de modelagem.

Outra vantagem significativa do BIM em relação ao CAD é a possibilidade de agregar informações técnicas aos elementos modelados. Uma parede, por exemplo, não é

representada apenas por sua geometria, mas também por atributos relacionados aos materiais que a compõem, ao seu desempenho e às suas propriedades construtivas. Essas informações são automaticamente refletidas em cortes, fachadas, perspectivas e demais representações gráficas, tornando o modelo mais fiel à realidade e facilitando sua compreensão por profissionais e clientes.

O BIM também se destaca por permitir análises mais abrangentes ainda na fase de projeto. A tecnologia possibilita a identificação prévia de interferências entre diferentes disciplinas, como arquitetura, estrutura, instalações elétricas e hidráulicas, reduzindo a ocorrência de incompatibilidades durante a execução da obra. Esse processo contribui para a diminuição de retrabalhos, desperdícios e custos adicionais.

Outro aspecto relevante é a incorporação das dimensões de tempo e custo ao modelo digital, conhecidas como 4D e 5D, respectivamente. A partir das informações inseridas no projeto, é possível realizar estimativas de quantitativos, elaborar cronogramas de execução e acompanhar os custos da construção de maneira mais precisa. Dessa forma, decisões que anteriormente eram tomadas apenas durante a execução da obra podem ser avaliadas antecipadamente, proporcionando maior controle e eficiência ao planejamento.

Por fim, a metodologia BIM favorece a integração entre as diferentes áreas envolvidas no desenvolvimento de projetos. A interoperabilidade entre disciplinas permite a consolidação das informações em um único ambiente virtual, facilitando a comunicação entre equipes e possibilitando a detecção automática de conflitos entre sistemas. Como resultado, obtém-se um processo de projeto mais coordenado, dinâmico e eficiente, com ganhos significativos em qualidade, produtividade e confiabilidade das informações [1].

2.6 DESAFIOS E LIMITAÇÕES DA IMPLEMENTAÇÃO DO BIM

A implementação do BIM enfrenta desafios significativos que podem dificultar sua adoção pelas organizações. De acordo com Eastman (2014) [2], um dos principais obs-

táculos está nos elevados custos iniciais, especialmente relacionados ao treinamento das equipes, à aquisição de *softwares* e *hardwares* especializados e à adaptação dos processos de trabalho. Além disso, durante a fase inicial de implantação, é comum ocorrer uma redução da produtividade, o que pode impactar negativamente o retorno do investimento no curto prazo. Esses fatores fazem com que muitas empresas hesitem em adotar a metodologia, principalmente quando os benefícios de longo prazo não são claramente percebidos. A tabela 2.1 mostra o comparativo de valores de alguns *softwares* que utilizam BIM mencionados na seção 2.4.

Tabela 2.1: Valores de *softwares* que utilizam a metodologia BIM

Software	Valor
Revit	R\$ 10.735,00/ ano
Open Buildings Designer	R\$ 19.507,15/ ano

Fonte: Autoria Própria

Outro desafio importante mencionado por Eastman (2014) [2], refere-se à integração entre diferentes disciplinas de projeto. Embora as ferramentas BIM tenham evoluído consideravelmente e apresentem bons resultados quando utilizadas de forma isolada, a criação e manutenção de modelos totalmente integrados ainda demandam esforços adicionais. À medida que aumenta o nível de detalhamento do projeto e o número de componentes modelados, crescem também as exigências de desempenho computacional e de coordenação entre as equipes. Dessa forma, muitas organizações ainda dependem de *softwares* complementares de revisão e coordenação de modelos para realizar atividades como detecção de interferências, compatibilização de projetos, simulações e planejamento.

Nesse contexto, apesar dos avanços tecnológicos e dos benefícios já comprovados do BIM, sua implementação continua sendo limitada por fatores econômicos, pela necessidade de capacitação especializada, pela complexidade da integração multidisciplinar e pelas restrições das ferramentas disponíveis para modelos altamente detalhados e integrados.

Capítulo 3

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS CONFORME A NBR 5410

3.1 INTRODUÇÃO

Esta seção apresenta as diretrizes técnicas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão [10], as quais serviram como base para o desenvolvimento do estudo de caso. A observância das recomendações dessa norma não apenas constitui uma atribuição essencial do bom profissional, como também assegura maiores níveis de segurança para a instalação elétrica [11].

3.2 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES

O correto dimensionamento dos condutores é importante para garantir a segurança das instalações elétricas, e a NBR 5410 [10] estabelece critérios técnicos que orientam a escolha adequada dos condutores. Inicialmente, esse dimensionamento pode ser avaliado com base na capacidade de condução de corrente. No entanto, é importante ressaltar que o atendimento aos limites de queda de tensão também constitui um critério essencial a ser considerado [11].

3.2.1 Capacidade de Condução de Corrente

É possível visualizar na NBR 5410 [10] seções mínimas para cabos de circuitos, conforme apresentado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Seção mínima dos condutores

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuito de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ²	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ³
	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 Cu ⁴
		Circuitos a extrabaixa tensão para aplicações especias	0,75 Cu

1) Seções mínimas ditadas por razões mecânicas.

2) Os circuitos de tomadas de corrente são considerados circuitos de força.

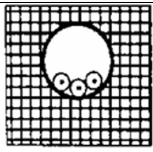
3) Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

4) Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

Fonte: NBR 5410 [10].

Dessa forma, a NBR 5410 [10] possibilita a identificação do método de referência que define o tipo de “linha elétrica”, sendo o método B1 o mais comumente empregado em sistemas elétricos residenciais, conforme mostrado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2: Tipo de linha elétrica

7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
---	---	---	----

Fonte: NBR 5410 [10].

Além disso, a NBR 5410 [10] exibe uma tabela referente aos números de condutores carregados conforme o circuito, mostrado na Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Número de condutores carregados em função do tipo de circuito

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 ¹
¹ Ver 6.2.5.6.1	

Fonte: NBR 5410 [10].

Na próxima etapa, sabendo o modelo de referência a exemplo do B1 e a quantidade de condutores carregados, pode-se utilizar a Tabela A.1, localizada no Anexo A, considerando-se a seção mínima do condutor [10].

Ressalta-se que, com o objetivo de elevar o nível de segurança das instalações elétricas no que se refere ao dimensionamento dos cabos, torna-se necessária a aplicação de fatores adicionais de correção, sendo eles [11]:

- Fator de correção de agrupamento (FCA)
- Fator de correção de temperatura (FCT)

3.2.2 Fator de Correção de Agrupamento (FCA)

O Fator de correção de temperatura leva em consideração a quantidade de circuito que está passando em um eletroduto e dessa forma encontra a seção mínima. Sendo assim, levando em consideração a forma de agrupamento e quantidade de circuitos, obtém-se o fator de correção, disponíveis na Tabela A.3, localizada no Anexo A [11].

3.2.3 Fator de Correção de Temperatura (FCT)

A temperatura afeta as condições de corrente de acordo com a quantidade de condutores que estão passando no eletroduto, dessa forma pode-se recorrer ao FCT. Assim, observa-se na Tabela A.4, localizada no Anexo A, a temperatura do ambiente. A norma recomenda a utilização da tabela para temperaturas diferentes a 30 graus para linhas que não estão enterradas e 20 graus para as linhas enterradas, pois ao contrário considera-se o fator de correção igual a 1 [11].

3.2.4 Corrente de Projeto

A corrente de projeto (I_b) é o resultado da divisão entre a potência do circuito (VA ou W) pela tensão do circuito (em V). Obtendo-se a seguinte equação:

$$I_b = \frac{P}{V} \quad (3.1)$$

Como exemplo, uma carga de 2000 VA alimentada por uma tensão de 220 V, resulta em uma corrente de projeto de aproximadamente 9,09 A [12].

3.2.5 Corrente Corrigida

Calcula-se a corrente corrigida pela multiplicação da corrente do condutor pelo seu fator de agrupamento e de temperatura. Dessa forma obtém-se [11]:

$$I_C = I \cdot FCA \cdot FCT \quad (3.2)$$

I_C = Corrente de Projeto Corrigida;

I = Corrente máxima que o condutor suporta (conforme Tabelas A.1 e A.2, localizadas no Anexo A).

3.2.6 Queda de Tensão

A locomoção da corrente nos condutos de uma instalação deve obedecer a limites máximos com o objetivo de não causar danos aos equipamentos ligados a circuitos terminais e dessa forma garantir que o equipamento seja alimentado por uma tensão adequada não inferior aos valores nominais, contribuindo de forma positiva para o desempenho e vida útil do equipamento [12].

A NBR 5410 [10] estabelece limites para a queda de tensão nas instalações elétricas, os quais variam conforme o ponto de referência adotado no sistema de fornecimento, podendo ser de 7% quando considerados os terminais do transformador de propriedade do consumidor ou da concessionária, e de 5% nos casos em que o ponto de entrega ocorre em tensão secundária de distribuição.

Além disso, conforme estabelece a NBR 5410 [10], a queda de tensão nos circuitos terminais não deve ultrapassar o patamar de 4%. Considerando essa condição, emprega-se a equação 3.3 para a determinação da seção do condutor, na qual ρ representa a resistividade do material, L corresponde ao comprimento do condutor, V à tensão de alimentação do circuito, I_p à corrente de projeto e $V\%$ ao percentual admissível de queda de tensão, fixado em 4% para circuitos terminais [11].

$$S = \frac{200 \cdot \rho \cdot L \cdot I_p}{V\% \cdot V} \quad (3.3)$$

3.2.7 Dimensionamento do Condutor Neutro

Conforme a NBR 5410 [10], o condutor neutro deve ser exclusivo de cada circuito e, em circuitos monofásicos, possuir a mesma seção do condutor de fase. Em circuitos com duas fases e neutro, sua seção não pode ser inferior à dos condutores de fase, podendo ser igual a eles quando a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos não ultrapassar 33%. Já em circuitos trifásicos com neutro e condutores de fase com seção superior a 25 mm², admite-se a redução da seção do neutro, desde que respeitados os valores mínimos da Tabela 3.4 e atendidas simultaneamente as condições de equilíbrio do circuito, limitação das harmônicas e proteção adequada contra sobrecorrentes.

Tabela 3.4: Redução da seção do condutor neutro

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

Fonte: NBR 5410 [10].

3.2.8 Dimensionamento do Condutor de Proteção

A seção do condutor de proteção pode ser definida com base na Tabela 3.5, devendo-se adotar a seção padronizada mais próxima quando o valor obtido não corresponder a uma seção normalizada. Ressalta-se que a aplicação dessa tabela é válida somente quando o condutor de proteção for constituído do mesmo material dos condutores de fase [10].

Tabela 3.5: Redução da seção do condutor de proteção

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

Fonte: NBR 5410 [10].

3.3 DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTOS

Para realizar o dimensionamento dos eletrodutos, é necessário verificar a taxa de ocupação dos condutores em seu interior. De acordo com a NBR 5410 [10], as dimensões dos eletrodutos devem ser definidas de forma a facilitar a passagem dos condutores durante a instalação, assegurando a adequada execução da instalação elétrica. Conforme estabelecido por essa norma, a taxa de ocupação dos condutores no interior dos eletrodutos deve obedecer aos seguintes limites:

- 53% no caso de um condutor;
- 31% no caso de dois condutores;
- 40% no caso de três ou mais condutores.

3.4 PREVISÃO DE CARGAS

3.4.1 Método de Cálculo para Iluminação

A NBR 5410 [10] usa o critério de carga mínima para iluminação residencial:

- Em cada ambiente deve ser previsto no mínimo um ponto de luz no teto controlado por um interruptor [13].

De acordo com a norma, em cômodos ou dependências com área de até 6 m² deve ser considerada uma carga mínima de iluminação de 100 VA. Para ambientes com área superior a 6 m², a carga mínima corresponde a 100 VA referentes aos primeiros 6 m², acrescida de 60 VA para cada 4 m² inteiros adicionais. Ressalta-se que esses valores representam a potência de iluminação adotada para fins de dimensionamento dos circuitos, não estando necessariamente associados à potência nominal das lâmpadas.

3.4.2 Tomadas

3.4.2.1 Quantidades de pontos de tomadas

A NBR 5410 [10] estabelece critérios para a quantidade mínima de pontos de tomadas em edificações residenciais, variando conforme o tipo e as dimensões dos ambientes. Em banheiros, deve ser previsto ao menos um ponto de tomada próximo ao lavatório. Em cozinhas, áreas de serviço e ambientes semelhantes, recomenda-se um ponto de tomada a cada 3,5 m de perímetro, sendo exigida a instalação de, no mínimo, duas tomadas na região da bancada da pia. Para varandas, é obrigatório pelo menos um ponto de tomada, admitindo-se sua instalação próxima ao acesso quando a área for inferior a 2 m².

Em salas e dormitórios, a norma determina a instalação mínima de um ponto de tomada a cada 5 m de perímetro, distribuídos de forma uniforme. Para os demais cômodos, a NBR 5410 [10] define a quantidade de tomadas conforme a área do ambiente, estabelecendo no mínimo um ponto para áreas de até 2,25 m², um ponto para áreas entre 2,25 m² e 6 m², e um ponto de tomada a cada 5 m de perímetro para áreas superiores a 6 m², sempre buscando uma distribuição uniforme.

3.4.2.2 Potência mínima para os pontos de tomada

A NBR 5410 [10] estabelece que a potência atribuída a cada ponto de tomada deve considerar os equipamentos que poderão ser alimentados, respeitando valores mínimos. Em banheiros, cozinhas, copas, áreas de serviço, lavanderias e ambientes semelhantes, deve-se adotar, no mínimo, 600 VA por ponto de tomada para até três

pontos, e 100 VA para cada ponto excedente, considerando cada ambiente de forma individual. Caso o total de tomadas nesses ambientes ultrapasse seis pontos, admite-se a atribuição mínima de 600 VA para até dois pontos e 100 VA para os demais. Nos demais cômodos ou dependências, a potência mínima considerada por ponto de tomada deve ser de 100 VA.

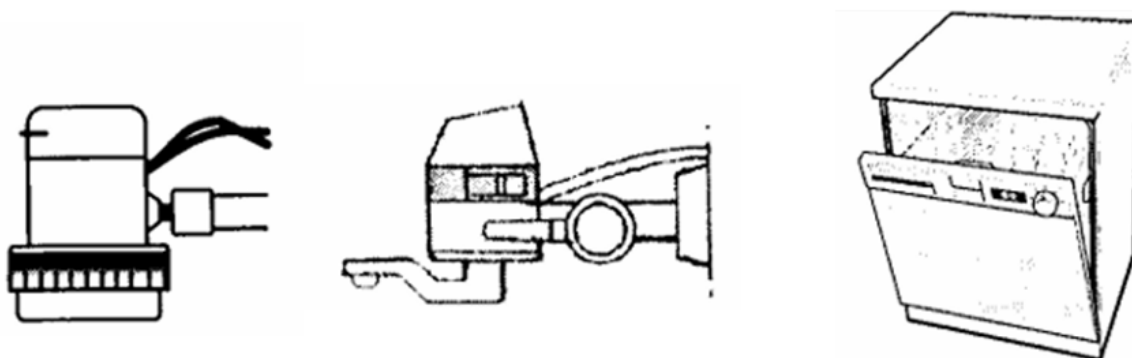
3.4.2.3 Tomada de uso geral (TUG)

As tomadas de uso geral caracterizam-se por demandarem correntes de até 10 A e por estarem presentes em maior quantidade nos projetos residenciais. Por serem enquadradas como circuitos de força, a seção mínima dos condutores destinados a esses circuitos deve ser de 2,5 mm² [11].

3.4.2.4 Tomada de uso específico (TUE)

As tomadas de uso específico (TUE) são destinadas à alimentação de equipamentos que demandam correntes superiores a 10 A, sendo sua quantidade definida de acordo com o número de aparelhos a serem atendidos. Na Figura 3.1 são apresentados alguns exemplos de equipamentos que exigem TUEs. Essas tomadas devem ser instaladas a uma distância máxima de 1,5 m do equipamento correspondente [13].

Figura 3.1: Exemplos de equipamentos que exigem TUEs



Fonte: Cavalin, Cervelim [13].

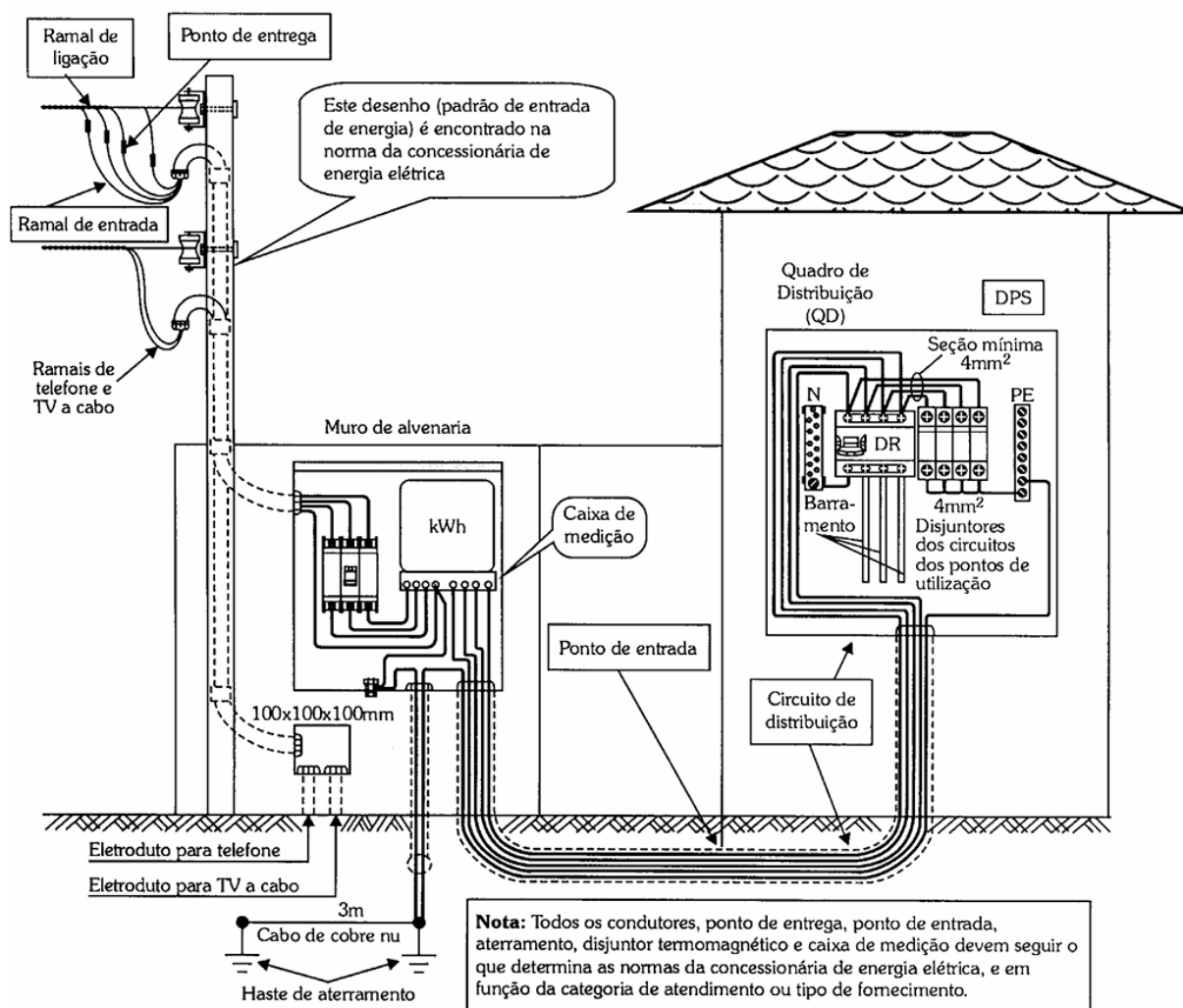
3.5 CIRCUITO ELÉTRICO

É o grupo de condutores e equipamentos conectados ao mesmo elemento de proteção. É composto por fonte, interruptores, proteção, carga e condutores. Pode-se dizer que existem dois tipos de circuitos:

- Circuito de Distribuição (atende diversas cargas)
- Circuitos Terminais (atende uma carga específica)

De acordo com a Figura 3.2, é possível ver a caixa de entrada desde a ligação do ramal de entrada com o ramal de conexão do poste do consumidor. É possível verificar com a concessionária de energia neste caso a equipotencialização de energia (BEP) na própria haste de aterramento que engloba a rede de entrada de energia em conjunto com o condutor de proteção (PE) que vai para a edificação residencial [13].

Figura 3.2: Detalhamento da entrada de energia



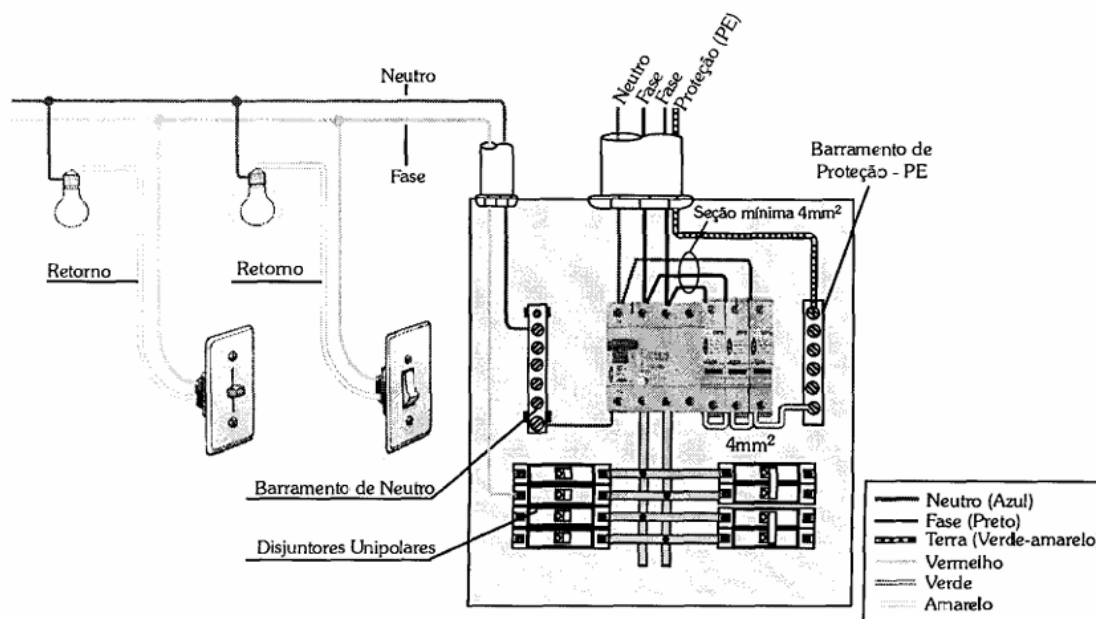
Fonte: Cavalin, Cervelim [13].

A instalação do DPS ocorrerá no quadro de distribuição residencial, não sendo instalado na entrada de energia por causa da dificuldade de manobra pelo morador [13].

3.5.1 Circuitos Terminais

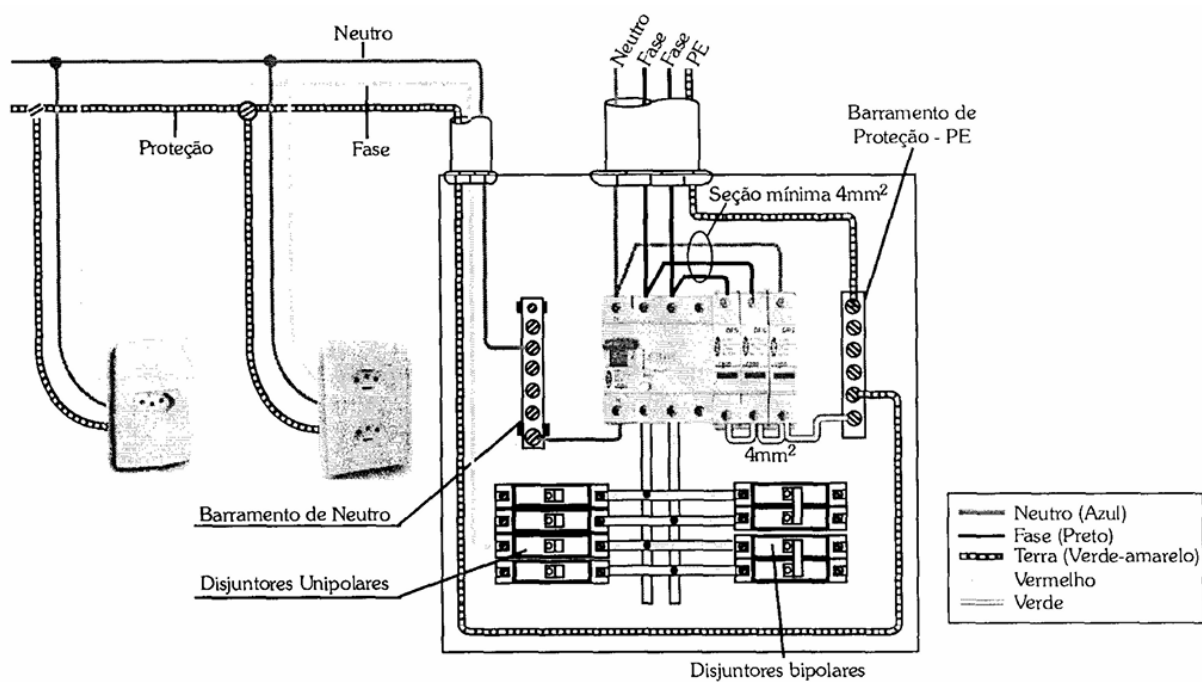
Os circuitos terminais partem do quadro de distribuição e se destinam diretamente ao atendimento das luminárias, das tomadas TUGs e TUEs, conforme apresentado nas figuras 3.3, 3.4 e 3.5, respectivamente.

Figura 3.3: Circuito monofásico de iluminação



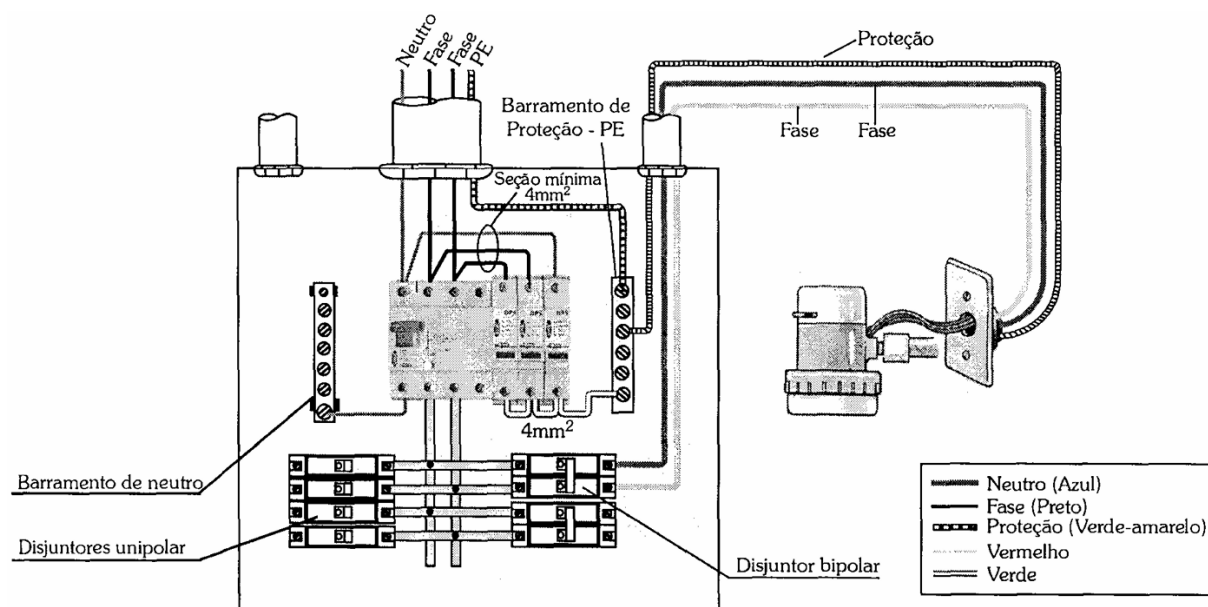
Fonte: Cavalin, Cervelim [13].

Figura 3.4: Circuito monofásico de TUGs



Fonte: Cavalin, Cervelim [13].

Figura 3.5: Circuito monofásico de TUEs



Fonte: Cavalin, Cervelim [13].

3.5.2 Divisão da Instalação

A NBR 5410 [10] faz recomendações em relação a divisão de circuitos. Dentre elas está a criação de circuito independente para equipamentos com corrente acima de 10 A. Do mesmo modo, em relação aos pontos de tomadas indicados na seção 9.5.3.2 da NBR 5410 [10] de alguns locais específicos como áreas de serviço, copas, cozinhas, lavanderias devem conter circuitos exclusivos a tomadas desses locais.

No geral, recomenda-se a separação entre os circuitos de iluminação e de tomadas. Contudo, admite-se a utilização de um circuito comum para iluminação e tomadas em situações específicas, desde que não se trate de áreas como cozinhas, copas, lavanderias ou áreas de serviço. Para essa exceção, devem ser atendidos simultaneamente alguns critérios, como a limitação da corrente de projeto a no máximo 16 A e a garantia de que nem todos os pontos de iluminação nem todos os pontos de tomadas sejam alimentados por um único circuito comum, assegurando a adequada distribuição das cargas.

3.6 QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO

3.6.1 Definição

Local onde encontra-se dispositivos de proteção, manobra e comando. Abriga os condutores originários do ponto de entrada, proveniente do medidor ou centro de medição e também partem dele os circuitos terminais responsáveis pela alimentação das cargas da instalação (tomadas, lâmpadas, chuveiros, entre outros) [13].

3.6.2 Aspectos a Serem Observados na Montagem

Deve-se instalar os dispositivos de manobra, comando e proteção de acordo com as instruções do fabricante e respeitar as seguintes prescrições:

- a) Os componentes devem ser montados de forma a facilitar o seu acesso;
- b) É importante a presença de uma identificação adequada como placas, etiquetas entre outras formas que possa mostrar a finalidade dos dispositivos de comando, manobra etc. Além disso, realizar uma indicação de sinalização para dispositivos que possam oferecer perigos e não for possível observar sua atuação;
- c) Deve-se escolher os dispositivos de forma que estes não prejudiquem as instalações elétricas e não elétricas;
- d) Ao mover-se uma porta está não pode prejudicar os componentes instalados nela como condutores e instrumentos;
- e) De acordo com a NBR 5410 deve-se prever circuito reserva de acordo com a Tabela 3.6 [13]:

Tabela 3.6: Espaço reserva para quadros

Quantidade de circuitos efetivamente disponível N	Espaço mínimo destinado a reserva (em números de circuitos)
até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N >30	0,15 N
NOTA A capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição	

Fonte: NBR 5410 [10].

3.6.3 Partes Componentes de um Quadro de Distribuição

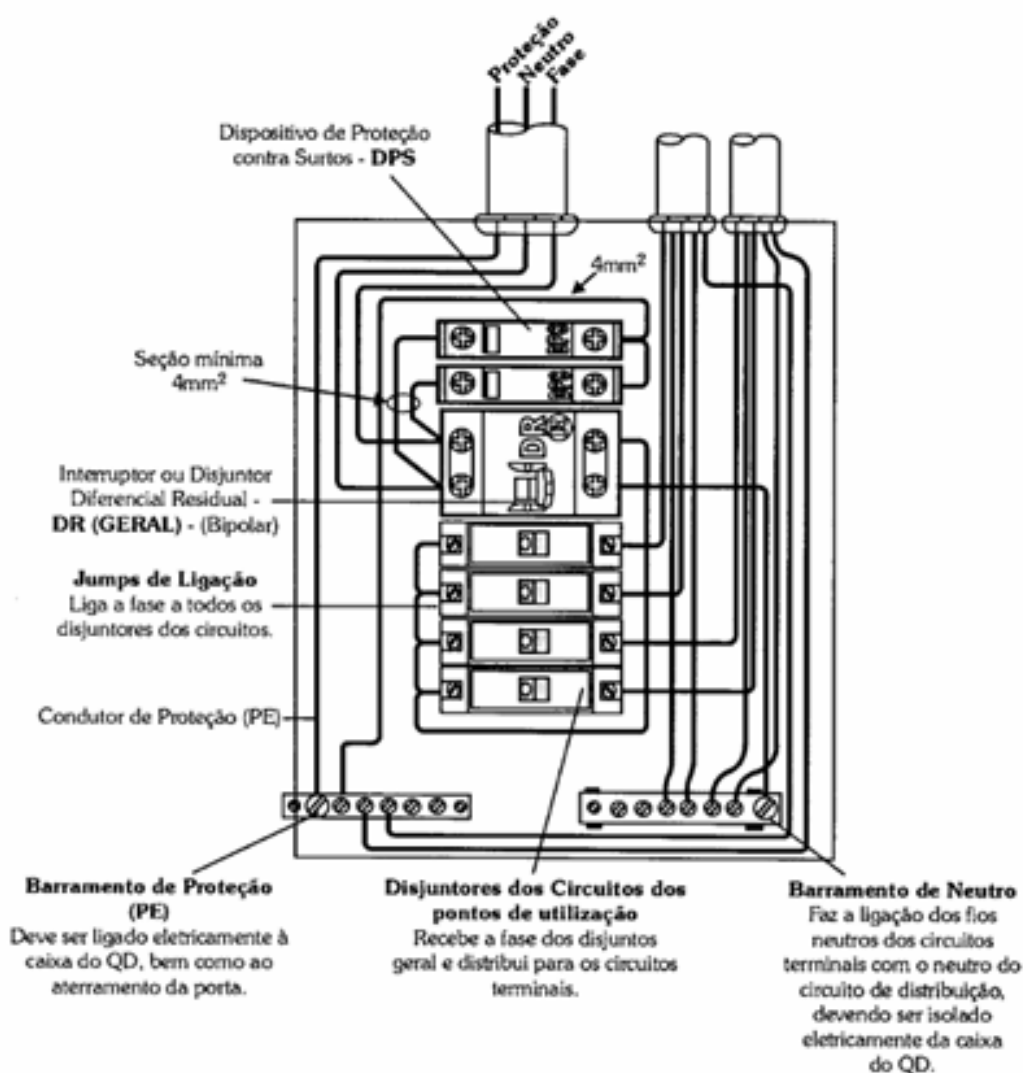
Um quadro de distribuição é estruturado em uma caixa metálica ou de PVC composta por chapa de fixação, isoladores, tampa frontal e porta com dobradiça, abrigando barramentos específicos para a interligação das fases, do neutro e da proteção (aterramento). Além dessa infraestrutura, o painel comporta os dispositivos essenciais de proteção do circuito elétrico, que incluem os disjuntores termomagnéticos (DTM), os disjuntores ou interruptores diferenciais residenciais (DR) e os dispositivos de proteção contra surtos (DPS) [13].

3.6.4 Tipos de Quadro de Distribuição Principal

Os quadros de distribuição podem ser classificados em monofásicos, bifásicos ou trifásicos, conforme apresentados nas Figuras 3.6, 3.7 e 3.8, e se diferenciam pela forma como as cargas são distribuídas; no sistema trifásico, por exemplo, a carga é repartida entre três fases, o que proporciona um maior equilíbrio ao projeto e auxilia na escolha mais adequada do disjuntor geral. Ademais, para garantir a segurança e a conformidade com as diretrizes técnicas, a norma NBR 5410 [10] recomenda que a operação desses equipamentos seja realizada exclusivamente por pessoas com a

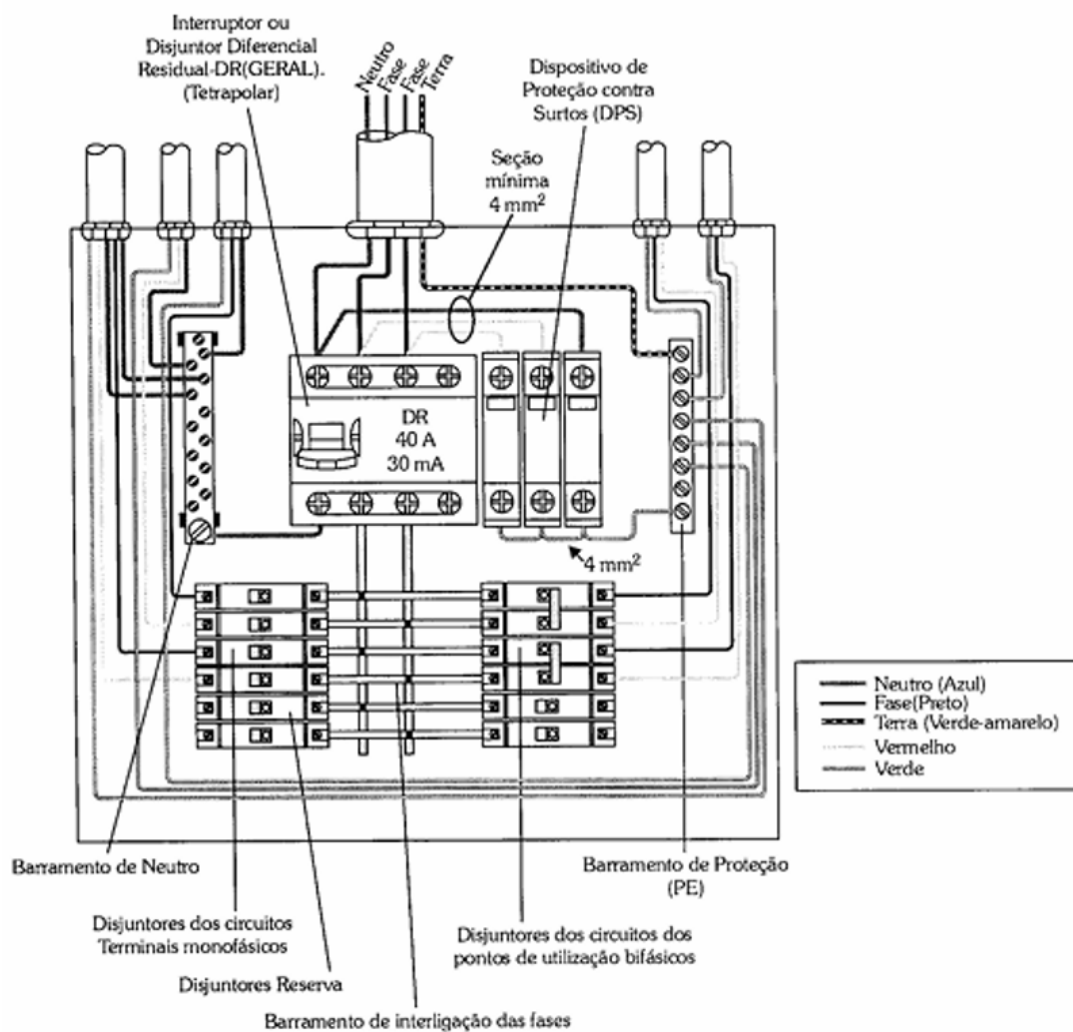
devida capacidade técnica [13].

Figura 3.6: Quadro de distribuição monofásico



Fonte: Cavalin, Cervelim [13].

Figura 3.7: Quadro de distribuição bifásico



Fonte: Cavalin, Cervelim [13].

Figura 3.8: Quadro de distribuição trifásico



Fonte: Seidel, Léo [14].

3.6.5 Localização dos Quadros de Distribuição

Para realizar a implantação de um quadro de distribuição deve-se observar:

- Local da instalação deve ser de fácil acesso;
- Deve-se haver um equilíbrio entre as cargas;
- O Quadro deve estar localizado próximo ao centro de cargas(local de maior concentração de potências);
- Deve-se estar em um local sem acesso a terceiros;
- Não instalar em locais que possa haver a possibilidade de ficar trancado com chave e dessa forma ficar improvável a manutenção [13].

3.6.6 Quantidade de Quadros de Distribuição

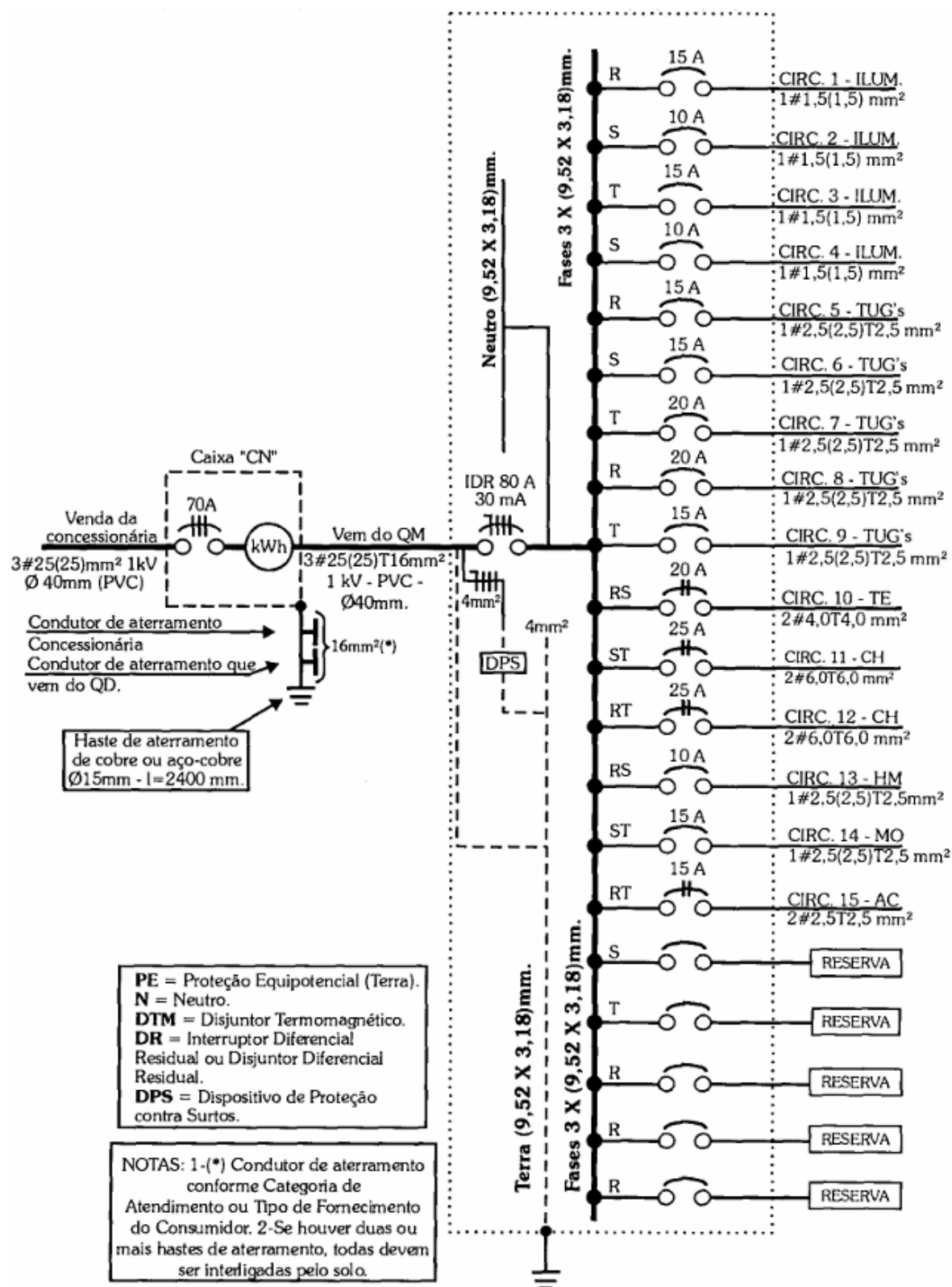
De acordo com Geraldo Cavalin e Severino Cervelin [13], a quantidade de quadros elétricos depende de várias variáveis como:

- Quantidade de centro de cargas;
- Características econômicas buscando o equilíbrio entre custo de implantação e eficiência do sistema;
- Nível de flexibilidade desejado para a instalação, possibilitando ampliações futuras, facilidade de manutenção e melhor organização dos circuitos elétricos.

3.7 DIAGRAMA MULTIFILAR E UNIFILAR

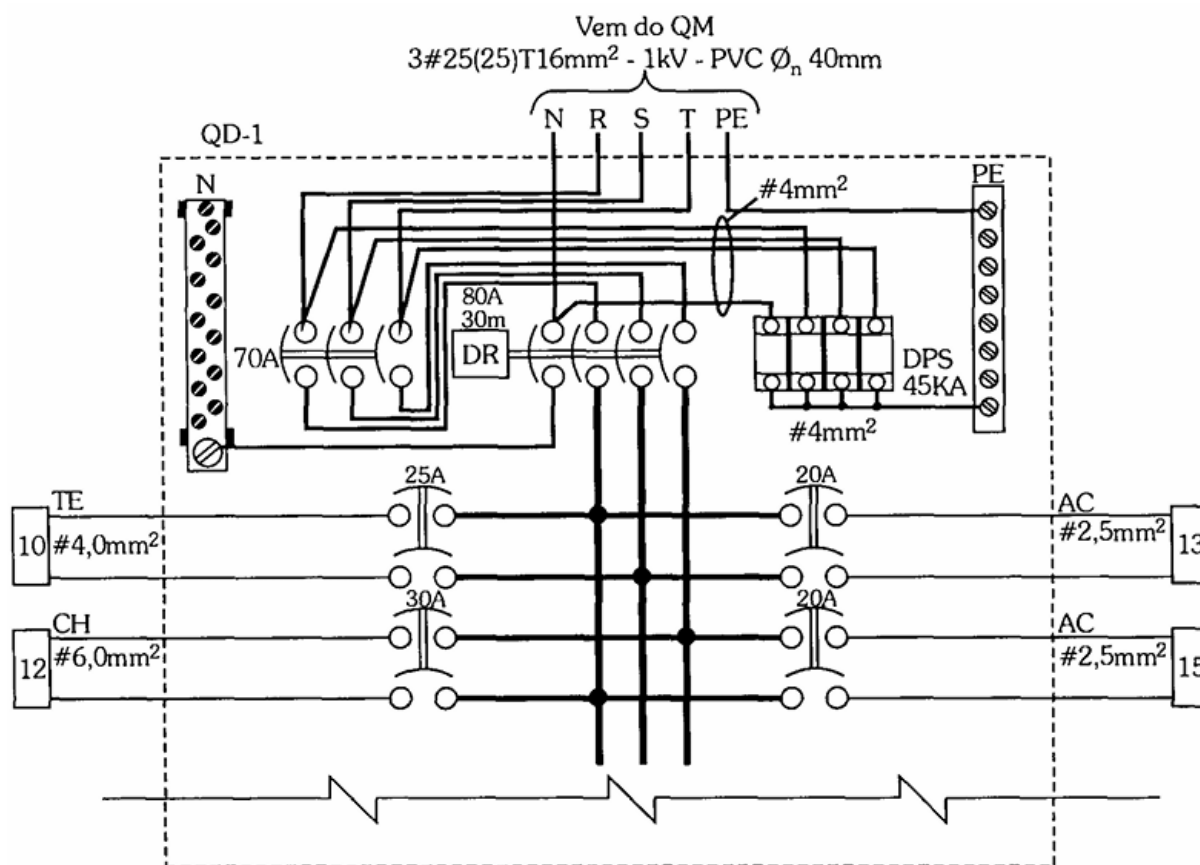
Após o desenvolvimento do projeto e do respectivo quadro, elabora-se de forma esquemática o diagrama unifilar ou multifilar. Enquanto o diagrama unifilar fornece uma perspectiva abrangente da infraestrutura elétrica ao representar os circuitos, seus respectivos disjuntores de proteção e a seção transversal dos condutores, o diagrama multifilar se destaca pela maior eficácia na orientação prática do eletricitista durante a montagem do quadro de distribuição e a execução das instalações. Essa superioridade operacional decorre do elevado nível de detalhamento do modelo multifilar, que explicita as conexões físicas ponto a ponto entre os componentes do painel, incluindo os dispositivos de proteção como disjuntores e interruptores diferenciais residenciais (DR), conforme mostrado nas Figuras [3.9](#) e [3.10](#).

Figura 3.9: Diagrama unifilar



Fonte: Cavalin, Cervelim [13].

Figura 3.10: Diagrama multifilar



Fonte: Cavalin, Cervelim [13].

3.8 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

3.8.1 Disjuntores

São elementos de proteção e manobra contra correntes de sobrecarga e contra correntes de curto circuito [13].

De acordo com a NBR 5410 [10], para curtos-circuitos com duração máxima de até 5 segundos, os disjuntores devem atender às seguintes condições:

a) $I_a \leq I_{kmin}$;

b) $I_b \geq I_k$.

Onde:

I_a = corrente correspondente à interseção das curvas C e D1 da Figura 3.11;

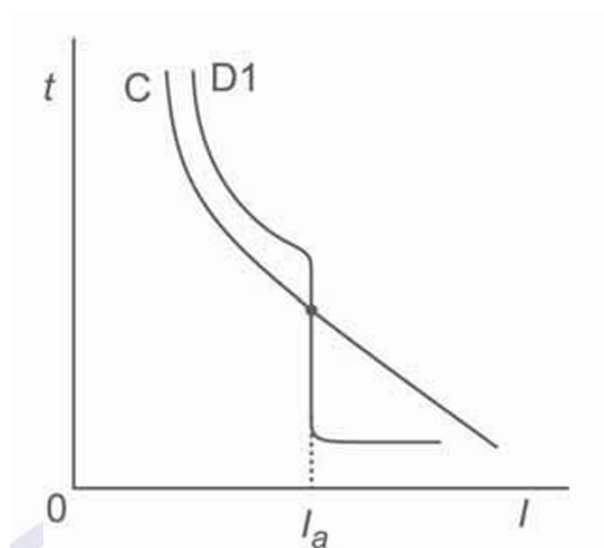
I_{kmin} = corrente de curto-circuito mínima presumida;

I_b = corrente correspondente à interseção das curvas C' e D2 da Figura 3.12;

I_k = corrente de curto-circuito máxima presumida no ponto de instalação do disjuntor

[10].

Figura 3.11: Interseção da curva de suportabilidade térmica do condutor com a curva de atuação do disjuntor



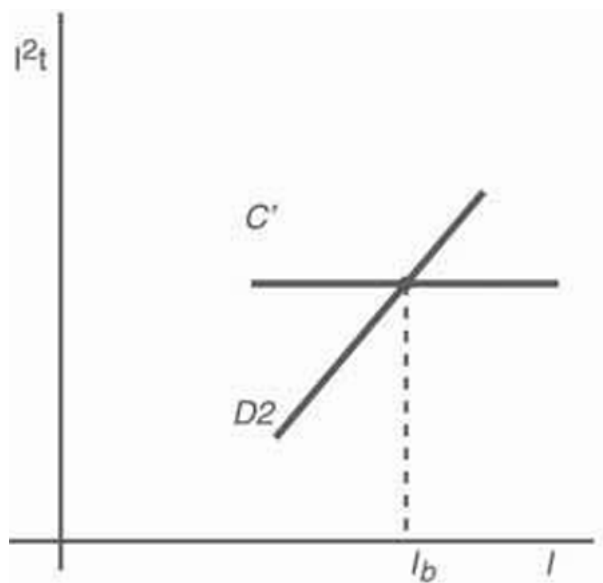
Fonte: Cavalin, Cervelim [13].

Legenda:

C = curva de suportabilidade térmica do condutor;

D1 = curva de atuação do disjuntor.

Figura 3.12: Interseção da curva da integral de joule (I^2t) suportável pelo condutor com a curva da integral de joule (I^2t) que o disjuntor deixa passar



Fonte: Cavalin, Cervelim [13].

Legenda:

C' = curva I^2t admissível do condutor (trecho da curva);

$D2$ = curva característica I^2t do disjuntor (trecho da curva).

Além disso, a NBR 5410 [10] estabelece que, para a proteção dos circuitos contra sobrecargas por meio de disjuntores, a atuação do dispositivo deve ocorrer de modo que:

a) $I_B \leq I_n \leq I_z$; e

b) $I_2 \geq 1,45 I_Z$.

Onde I_B representa a corrente de projeto do circuito, I_z define a capacidade de condução de corrente dos condutores sob as condições específicas de instalação, I_n corresponde à corrente nominal ou de ajuste do dispositivo de proteção nas mesmas condições instaladas, e I_2 refere-se à corrente convencional de atuação para disjuntores ou à corrente convencional de fusão para fusíveis [10].

O disjuntor é composto pela caixa moldada feita de invólucro isolante, ou seja, alavanca que é usada para ligar e desligar de forma manual, sistema de disparo que

desliga de forma automática em caso de falha no circuito, relé bimetalico que aciona o sistema de disparo caso ocorra uma sobrecarga de longo período, relé eletromagnético que aciona o sistema de disparo quando existe um curto circuito.

O disjuntor funciona de maneira análoga a um interruptor e contém em série no seu interior o relé bimetalico e o eletromagnético. Ao acionar a função liga/desliga, o circuito é fechado e permanece travado pelo próprio sistema de disparo, permitindo a circulação de corrente por ambos os relés ao estar ligado. Entretanto, quando ocorre uma sobrecarga de extensa duração o relé bimetalico age sobre o sistema de disparo deixando o circuito aberto. Além disso, em caso de curto circuito o relé eletromagnético age sobre o sistema de disparo abrindo de forma imediata o circuito (desligado).

É importante ressaltar em situações que o disjuntor desarmou, ao acionar a alavanca o dispositivo volta a operar sem precisar trocá-lo como no caso do fusível. Porém é necessário avaliar e ajustar a inconformidade que causou a queda do disjuntor. Além disso, pode-se classificar os disjuntores como unipolar, bipolar e tripolar [12].

Para adquirir um disjuntor com as características corretas deve-se observar os seguintes itens:

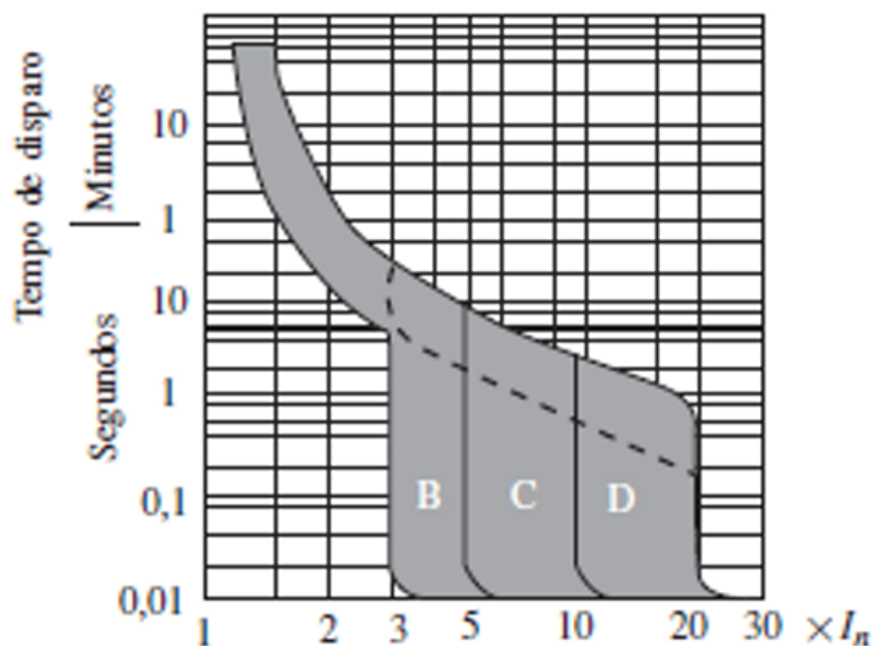
- Quantidade de Polos: está relacionado a quantidade de fase, ou seja, quando o circuito contém mais de uma fase é considerado multipolar;
- Corrente Nominal (I_n): é o máximo de corrente que o disjuntor pode conduzir de forma permanente sem interrupção sem gerar danos internos em suas partes sendo classificada pelo fabricante;
- Tensão Nominal (V): refere-se ao nível de tensão de operação do elemento no qual é classificada pelo fabricante em que menciona as descrições de funcionamento, as capacidades de interrupção e desempenho referente ao curto circuito;
- Frequência (Hz): refere-se a frequência classificada pelo fabricante ou seja, 50 Hz ou 60 Hz;
- Capacidade de interrupção em (kVA): É o nível de corrente de interrupção que o elemento consegue interromper em uma tensão específica. Dessa forma

configura-se o maior nível de corrente de curto-circuito que o elemento consegue interromper sem danos internos;

- Faixa de ajuste: refere-se a faixa de ajuste do disparador magnético e do disparador térmico que geralmente pode ser ajustável no qual a corrente de operação difere-se da corrente nominal [11].

Desta forma, é possível representar as faixas de atuação dos disjuntores em curto-circuito no qual classifica-se em B, C e D na norma NBR NM 60898, conforme apresentadas na Figura 3.13 [15].

Figura 3.13: Faixas de atuação instantâneas de disjuntores conforme a NBR NM 60898



Fonte: Cotrim (2009) [15].

- Faixa B: Mostra a ação do disparador para correntes maiores que 3 I_n até 5 I_n . Pode ser usado em circuitos com correntes reduzidas de curto circuito. Não é indicado para locais que existam equipamentos com correntes de partida médias ou altas.
- Faixa C: Mostra a ação do disparador para correntes maiores que 5 I_n até 10 I_n . É indicado para circuitos em geral não deve ser usado em equipamentos que possuam altas correntes de partida ou transitórias.

- Faixa D: Mostra a ação do disparador para correntes maiores que 10 In até 20 In. É indicado para circuitos com alto nível de correntes de partida ou transitórias [15].

3.8.2 Dispositivo Diferencial Residual (DR)

O dispositivo diferencial residual (DR) é um elemento de proteção, funciona como uma espécie de sensor que avalia a corrente de entrada e saída do circuito, se ambas as correntes não tiver a soma zero ou seja sinais opostos em relação à carga é possível que esteja ocorrendo uma fuga de corrente ou alguém está levando choque. Dessa forma, o elemento desarma, o circuito é desligado e assim a pessoa responsável deverá verificar o que fez ocorrer essa situação antes de energizá-lo novamente. Pode-se afirmar que o objetivo principal do DR é proteger os seres humanos e não os equipamentos [16].

Entretanto, ao instalar um dispositivo DR, deve-se atentar para a ausência de aterramento do circuito, uma vez que essa condição pode comprometer o seu correto funcionamento, impedindo a detecção da corrente de fuga e, conseqüentemente, o seu desarme. Além disso, é necessário assegurar que o sistema de aterramento adotado não seja do tipo TN-C (fio terra combinado com fio neutro) [16].

Além disso, a sensibilidade dos DR's varia de 30 a 500 mA, deve-se atentar ao seu dimensionamento pois pode acontecer perdas para a terra associadas às características da instalação.

- 30 mA – proteção contra contato direto e contato indireto.
- 100 e 300 mA – proteção contra contato indireto.
- 500 mA – proteção contra incêndios.

De acordo com a NBR 5410 [10], é obrigatório o uso de dispositivo DR de alta sensibilidade (30 mA) para a proteção de circuitos terminais que alimentem pontos situados em locais com banheiras ou chuveiros, tomadas situadas em áreas externas ou que possam alimentar equipamentos fora da edificação, além de tomadas em

cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, piscinas, garagens e qualquer outro local interno molhado em uso normal ou sujeito a lavagens [16].

3.8.2.1 Interruptor diferencial residual (IDR)

Figura 3.14: IDR bipolar e tetrapolar



Fonte: Lara, Luiz (2012) [16].

O IDR configura-se como um dispositivo de proteção que contém um interruptor junto com um dispositivo residual que protege os seres humanos contra choques elétricos, conforme mostrado na Figura 3.14 [16].

A Tabela 3.7 mostra as correntes nominais dos IDRs disponíveis no mercado com sua sensibilidade de 30 mA.

Tabela 3.7: Escolha de IDR

Escolha de IDR (Interruptor Diferencial Residual)	
	30 mA (alta sensibilidade)
Bipolar (F/N ou F/F)	25 - 40 - 63 - 80
Tetrapolar (F/F/N ou F/F/F/N)	25 - 40 - 63 - 80 - 100

Fonte: Lara, Luiz (2012) [16].

3.8.2.2 Disjuntor diferencial residual (DDR)

Figura 3.15: DDR bipolar e tetrapolar



Fonte: Lara, Luiz (2012) [16].

O DDR configura-se como um elemento de proteção composto de um disjuntor termomagnético junto com um dispositivo diferencial residual com o objetivo de garantir segurança às pessoas contra choques, os condutores do circuito e os aparelhos contra sobrecorrente, curto-circuito e sobretensão. O DDR apresenta-se como uma forma mais completa em comparação ao IDR sendo comercializado como DDR bipolar com sensibilidade de 30 mA e correntes nominais de 6, 10, 16, 20, 25 e 32 A [16].

3.8.2.3 Dimensionamento de dispositivos diferenciais residuais (DR's)

Recomenda-se usar os DR's para proteção de circuitos utilizando os mesmos cálculos usados em DTM (Disjuntores Termomagnéticos).

Os DR's por conter limitações não se encaixam em todas as situações como os DTM. Dessa forma, deve-se instalar junto ao DTM para conseguir oferecer uma proteção completa contra sobrecargas, curto-circuitos e fugas de corrente para a terra. Destarte,

ao associar um IDR ao DTM, ambos deverão ser do mesmo padrão (DIN) e deve ser feito conforme a tabela “Associação de IDR com DTM (Padrão DIN)” [16].

Tabela 3.8: Relação do IDR com DTM (Padrão DIN)

Associação de IDR com DTM (Padrão DIN)				
DTM (A)	10/ 16/20/25	32/40	50/63	70/80
IDR (A)	25	40	63	80

Fonte: Lara, Luiz (2012) [16].

É importante ressaltar que os IDR's devem ser instalados em série com DTM's no quadro de distribuição e uma de suas características é interromper os fios fase e neutro [16].

3.8.3 Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS)

Os surtos de tensão em sistemas elétricos podem ser classificados em endógenos e exógenos. Os surtos endógenos estão relacionados às condições normais de operação da rede, sendo originados principalmente por manobras, variações súbitas de carga, acionamento de motores e ocorrências como curtos-circuitos. Esses surtos apresentam comportamento oscilatório amortecido, com transientes de curta duração, além de incluir surtos de frequência industrial, caracterizados por maior duração, frequência de 50 a 60 Hz e amplitudes típicas entre 2,5 e 4 kV, estando constantemente presentes nas linhas de distribuição.

Já os surtos exógenos têm origem atmosférica e ocorrem em decorrência de descargas elétricas, como os raios. Esses fenômenos podem provocar picos de tensão conduzidos, quando atingem diretamente as linhas de energia, ou induzidos, quando ocorrem nas proximidades de edificações ou redes elétricas. O campo elétrico gerado pelas descargas atmosféricas incide sobre os condutores, ocasionando surtos de tensão capazes de causar danos aos equipamentos conectados ao sistema [17].

Compreendidos os diferentes tipos de surtos, a NBR 5410 [10] estabelece critérios para a correta disposição dos dispositivos de proteção contra surtos. Quando o objetivo for a proteção contra sobretensões de origem atmosférica conduzidas pela

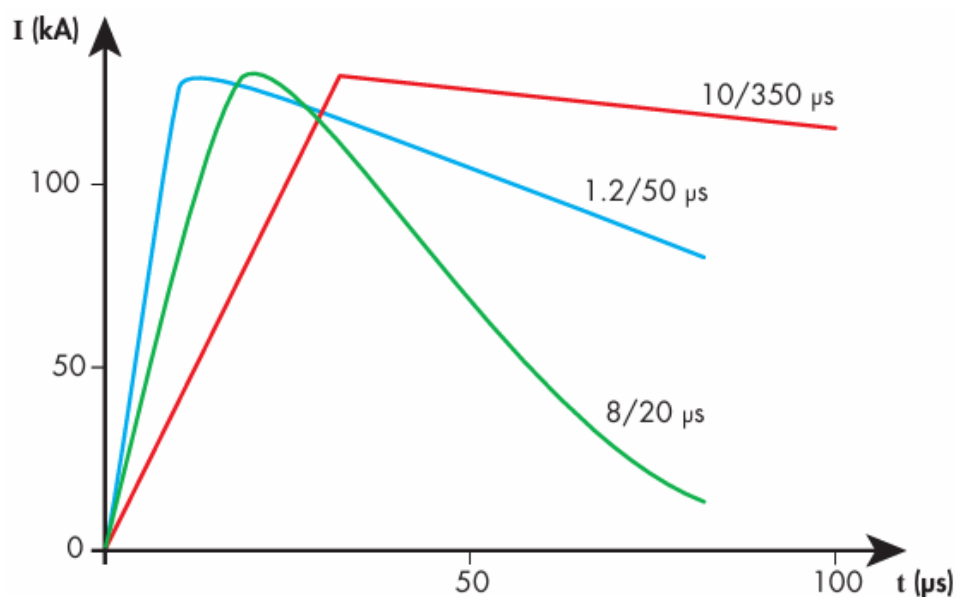
linha externa de alimentação, bem como contra sobretensões de manobra, os DPS devem ser instalados no ponto de entrada da linha na edificação ou no quadro de distribuição principal, preferencialmente o mais próximo possível desse ponto. Por sua vez, quando a proteção se destina a sobretensões decorrentes de descargas atmosféricas diretas sobre a edificação ou em suas proximidades, recomenda-se que os DPS sejam instalados diretamente no ponto de entrada da linha na edificação.

Os DPS de Classe I são projetados para suportar surtos associados a descargas atmosféricas, sendo testados com forma de onda de $10/350 \mu s$ para simular o impacto direto do raio e avaliar a corrente de impulso. Esses dispositivos também passam por ensaios com forma de onda de $8/20 \mu s$, referentes a surtos induzidos, sendo obrigatórios em edificações com para-raios e instalados no quadro principal junto à entrada da rede elétrica [17].

Os dispositivos de proteção contra surtos de Classe II são ensaiados com forma de onda de $8/20 \mu s$, típica de surtos de tensão induzidos, para a determinação de seu desempenho quanto à corrente nominal (I_n) e à corrente máxima (I_{max}). Esses dispositivos são instalados nos quadros de distribuição [17].

Os dispositivos de proteção contra surtos de Classe III atuam na etapa final de proteção, sendo responsáveis por eliminar as sobretensões residuais após a dissipação da maior parte da energia por DPS instalados a montante. Esses dispositivos são caracterizados por elevada rapidez de atuação, sendo testados com gerador combinado que aplica tensão em forma de onda de $1,2/50 \mu s$ e corrente nominal com forma de onda de $8/20 \mu s$. Os DPS de Classe III devem ser instalados próximos aos equipamentos eletroeletrônicos finais [17].

Figura 3.16: Formas de onda normalizadas



Fonte: Finder (2012) [17].

Apesar de muitas vezes ser considerada dispensável em edificações residenciais, a instalação de dispositivos de proteção contra surtos é necessária, uma vez que esses sistemas estão sujeitos a sobretensões originadas de manobras e de descargas atmosféricas. A proteção recomendada envolve a instalação de um DPS de Classe I no quadro principal, próximo ao ponto de entrada da energia, complementado por um DPS de Classe II no quadro secundário, sendo também possível a utilização de um DPS combinado do tipo 1+2 no quadro principal [17].

Capítulo 4

Estudo de Caso

4.1 INTRODUÇÃO

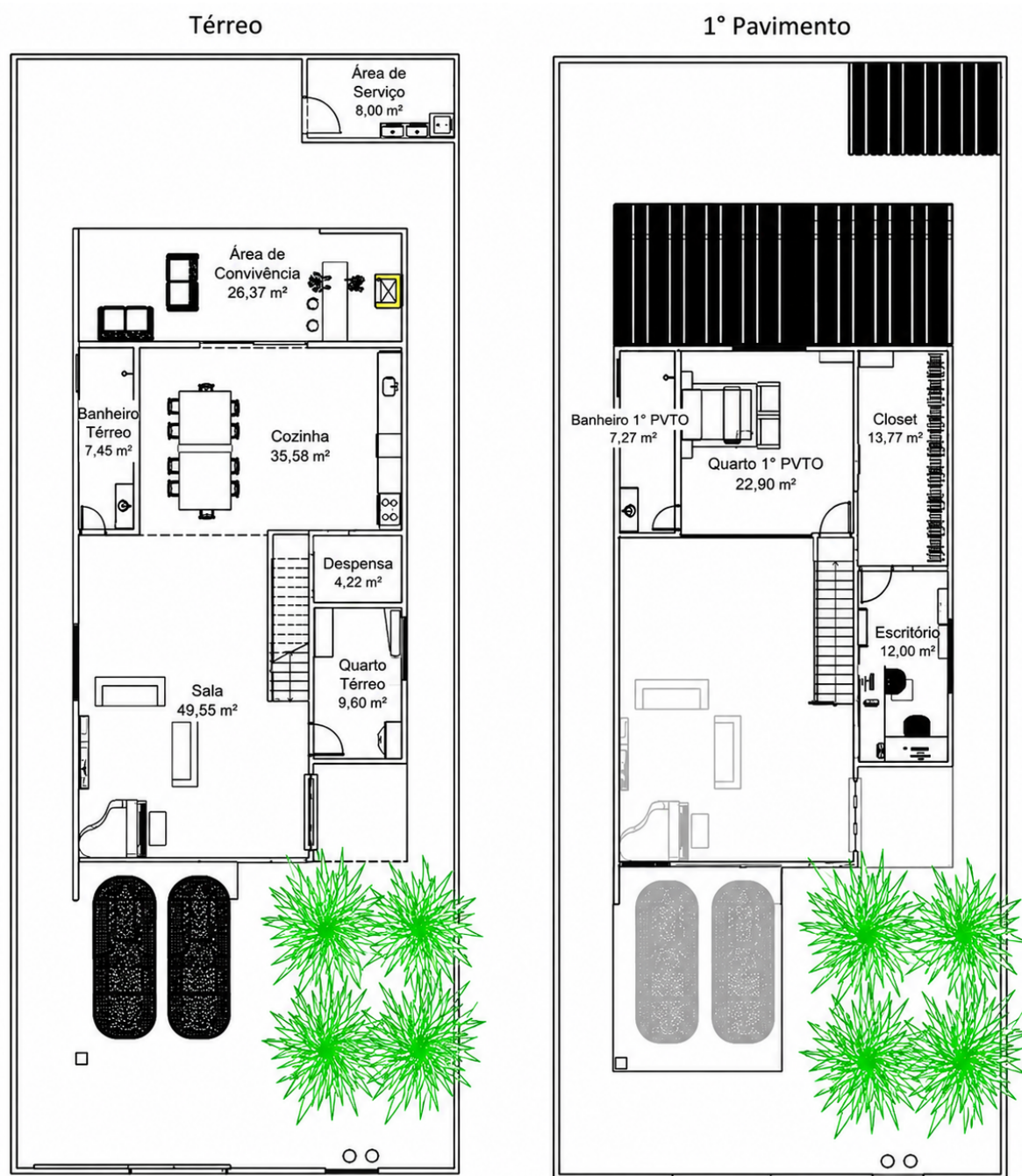
Neste capítulo apresenta-se um estudo de caso aplicado a um projeto arquitetônico de uma residência, o qual é adotado como referência para o desenvolvimento de uma nova proposta de projeto elétrico elaborada por meio da metodologia BIM. A abordagem utilizada possui caráter qualitativo, fundamentando-se na análise técnica do projeto, na interpretação de normas, diretrizes e soluções projetuais, bem como na avaliação conceitual dos elementos que compõem o sistema elétrico. A elaboração do novo projeto elétrico tem como finalidade evidenciar a importância do correto dimensionamento e da organização dos sistemas elétricos, além de demonstrar o potencial do BIM como ferramenta de elevada relevância para a concepção, modelagem, compatibilização e gerenciamento de projetos.

A escolha da residência, que será melhor detalhada na seção 4.2, justifica-se por representar uma tipologia amplamente difundida no contexto urbano, permitindo a aplicação e avaliação de soluções projetuais de maneira objetiva e replicável. Dessa forma, o imóvel serve como base para o desenvolvimento das análises propostas neste trabalho, possibilitando a identificação, organização e estudo dos elementos necessários ao entendimento do objeto, sem a necessidade de interferências externas ou avaliações em campo.

4.2 OBJETO DO CASO DE ESTUDO

A residência a ser utilizada para a realização do projeto encontra-se em fase de concepção projetual, não havendo edificação construída. No entanto, para viabilizar a análise da entrada de energia elétrica, foi considerado que o imóvel está localizado no município de Valparaíso de Goiás – GO, tendo como concessionária responsável pelo fornecimento de energia elétrica a Equatorial Energia. O projeto arquitetônico é composto, internamente, por sala, dois dormitórios — sendo um deles localizado no mezanino —, *closet*, dois banheiros, escritório, área de serviço e cozinha, devidamente distribuídos conforme é possível visualizar na Figura 4.1. Externamente, o empreendimento contempla uma área de convivência (varanda) e uma garagem, conforme ilustrado na figura 4.2, compondo os ambientes previstos para a edificação e servindo de base para o desenvolvimento e a compatibilização dos projetos complementares.

Figura 4.1: Plantas baixas do projeto arquitetônico



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.2: Visão externa da casa



Fonte: Autoria própria.

4.3 PROJETO ELÉTRICO REALIZADO

No projeto desenvolvido, é possível visualizar diferentes cenários de aplicação, permitindo que, de forma prática e objetiva, sejam compreendidas as análises e recomendações estabelecidas pela NBR 5410 [10]. Essa abordagem facilita a interpretação dos critérios normativos, evidenciando como as exigências da norma influenciam diretamente as decisões de projeto, tais como o dimensionamento dos circuitos, a escolha dos dispositivos de proteção e a organização das instalações elétricas. Dessa maneira, o estudo apresentado no Capítulo 3 demonstra, de forma clara e aplicada, a importância do atendimento às diretrizes normativas para garantir a segurança, a funcionalidade e a conformidade técnica do projeto elétrico.

4.3.1 Etapas da Elaboração do Projeto

4.3.1.1 Escolha do software utilizado

O projeto elétrico residencial foi elaborado utilizando o *software* Autodesk Revit, com o auxílio do *plugin* PRO-Elétrica, uma ferramenta da Multiplus desenvolvida para projetos elétricos que atualmente está integrada para trabalhar em ambiente BIM. Essa combinação possibilita a criação de um modelo tridimensional das instalações elétricas, integrado aos demais sistemas da edificação, o que favorece a compatibilização dos projetos e a identificação de interferências ainda na fase de concepção. O *plugin* conta com diversas bibliotecas e parâmetros alinhados às normas técnicas vigentes voltadas para projetos elétricos, como a NBR 5410, a NBR 5419, a NBR ISO/CIE 8995-1, dentre outros.

Com o uso do PRO-Elétrica, é possível lançar cargas, definir circuitos, dimensionar condutores e dispositivos de proteção, realizar cálculos luminotécnicos, configurar quadros de distribuição e aplicar critérios normativos ao projeto. Além disso, o PRO-Elétrica permite a geração automática de quadros de cargas, diagramas elétricos em diferentes configurações, legendas e listagens de materiais, contribuindo para maior agilidade, padronização e confiabilidade na documentação técnica do projeto elétrico [18].

4.3.1.2 Obtenção da área e perímetro de cada ambiente da residência

Conforme apresentado na Seção 4.2, as plantas do térreo e do primeiro pavimento da residência ilustradas na Figura 4.1, serviram como base para o desenvolvimento do projeto elétrico. Por meio das ferramentas do Autodesk Revit, foi possível extrair de forma precisa a área e o perímetro de cada ambiente, dados essenciais para a correta definição das cargas mínimas e dos pontos de utilização. Essas informações, conforme abordado no Capítulo 3, que trata da NBR 5410 [10], são indispensáveis para o dimensionamento adequado das instalações elétricas, permitindo a aplicação correta dos critérios normativos e garantindo que os valores mínimos recomendados pela norma sejam atendidos de maneira consistente no projeto. Os valores correspondentes a cada ambiente da residência encontram-se na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Área e perímetro conforme cada ambiente

Ambiente	Área (m ²)	Perímetro (m)
Sala	49,55	29,77
Quarto Térreo	9,60	12,80
Cozinha	35,58	24,50
Despensa	4,22	8,28
Banheiro Térreo	7,45	12,70
Área de Serviço	8,00	12,00
Área de Convivência	26,37	23,80
Quarto 1 ° PVTO	22,90	19,16
Banheiro 1 ° PVTO	7,27	12,69
Closet	13,77	16,27
Escritório	12,00	14,80

Fonte: Autoria própria.

4.3.1.3 Definição de pontos elétricos

A definição dos pontos elétricos do projeto residencial foi realizada a partir da análise do projeto arquitetônico e da identificação da função de cada ambiente, considerando as exigências mínimas estabelecidas pela NBR 5410 [10]. Foram determinados os pontos de iluminação, as tomadas de uso geral (TUG) e as tomadas de uso específico (TUE), posicionando-os de forma adequada às características de cada cômodo e à previsão de utilização dos equipamentos. Essa etapa garante a correta distribuição dos pontos elétricos, evitando sobrecargas e assegurando o atendimento às necessidades previstas no projeto.

Além disso, a locação dos pontos elétricos levou em consideração aspectos técnicos como a divisão dos circuitos, a acessibilidade para manutenção e a compatibilização com os demais sistemas da edificação. Sempre que necessário, foram previstos pontos exclusivos para equipamentos de maior potência, como chuveiros elétricos, conforme recomendado pela norma. Dessa forma, a definição criteriosa dos pontos elétricos contribuiu para a organização do projeto, servindo de base para as etapas posteriores

de dimensionamento dos circuitos, condutores e dispositivos de proteção.

4.3.1.4 Lançamento das cargas elétricas

O lançamento das cargas elétricas do projeto residencial foi realizado após a definição dos pontos elétricos, considerando a potência nominal dos equipamentos previstos em cada ambiente, conforme orientações da NBR 5410 [10]. Para as tomadas de uso geral, foram adotados os valores de potência mínima estabelecidos pela norma, enquanto para as tomadas de uso específico (chuveiros e forno elétrico) foram consideradas as potências informadas pelos fabricantes dos equipamentos. Esse procedimento permitiu a determinação da carga instalada por ambiente e por circuito, servindo de base para a criação de circuitos elétricos.

Para as luminárias e para as cargas de natureza puramente resistiva, como os chuveiros elétricos, adotou-se fator de potência unitário. Já para as tomadas de uso geral, foi considerado um fator de potência igual a 0,8, refletindo de forma mais adequada as características típicas desses equipamentos no dimensionamento do projeto elétrico.

A quantidade de luminárias por ambiente, a quantidade de tomadas por ambiente e as cargas definidas (tanto para iluminação quanto para pontos de força) podem ser visualizadas, respectivamente, nas Tabelas 4.2, 4.3 e 4.4.

Tabela 4.2: Quantidade de luminárias por ambiente

Ambiente	Quantidade
Sala	4
Quarto Térreo	1
Cozinha	2
Despensa	1
Banheiro Térreo	2
Área de Serviço	1
Área de Convivência	3
Quarto 1º PVTO	1
Banheiro 1º PVTO	2
<i>Closet</i>	2
Escritório	1
Área Externa	11

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4.3: Quantidade de tomadas por ambiente

Ambiente	TUG	TUE	Quantidade Mínima de TUG Conforme NBR 5410
Sala	6		6
Quarto Térreo	3		3
Cozinha	7	1	7
Despensa	1		1
Banheiro Térreo	1	1	1
Área de Serviço	4		4
Área de Convivência	3		1
Quarto 1º PVTO	4		4
Banheiro 1º PVTO	1	1	1
<i>Closet</i>	4		4
Escritório	3		3
Área Externa	1		1

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4.4: Cargas por ambiente (VA)

Ambiente	Iluminação	TUG	TUE
Sala	400	600	
Quarto Térreo	100	300	
Cozinha	520	700	2700
Despensa	100	100	
Banheiro Térreo	100	600	3200
Área de Serviço	100	1900	
Área de Convivência	400	300	
Quarto 1 ° PVTO	340	400	
Banheiro 1 ° PVTO	100	600	3200
<i>Closet</i>	160	400	
Escritório	160	300	
Área Externa	600	100	

Fonte: Autoria própria.

4.3.1.5 Divisão e criação dos circuitos

A divisão e a criação dos circuitos do projeto elétrico residencial foram realizadas com base no levantamento das cargas elétricas e nas diretrizes estabelecidas pela NBR 5410 [10]. Os circuitos foram organizados de acordo com o tipo de utilização, separando, por exemplo, circuitos de iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico, de modo a facilitar a operação, a manutenção e a identificação de possíveis falhas. Sempre que necessário, foram previstos circuitos exclusivos para equipamentos de maior potência, garantindo maior segurança e evitando sobrecargas no sistema.

A correta divisão dos circuitos elétricos contribuiu para a racionalização do projeto, permitindo maior controle sobre o consumo elétrico e servindo como base para o dimensionamento adequado dos condutores e dispositivos de proteção, que poderão ser visualizados nas seções seguintes. Dessa forma, a criação dos circuitos foi realizada de maneira a atender aos requisitos técnicos, normativos e funcionais do projeto elétrico

residencial.

A divisão dos circuitos pode ser vista na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Divisão dos circuitos

Circuito	Divisão	Carga Total (VA)
1	Iluminação do Térreo	2317
2	Iluminação do 1 ° Pavimento	760
3	TUGs do 1 ° Pavimento	1700
4	Chuveiro do 1 ° Pavimento (TUE)	3200
5	TUGs da Sala e Quarto Térreo	1000
6	TUGs da Cozinha, Banheiro Térreo e Área de Convivência	1600
7	TUGs da Área de Serviço	1900
8	Chuveiro do Térreo (TUE)	3200
9	Forno Elétrico da Cozinha (TUE)	2700

Fonte: Autoria própria.

Para o desenvolvimento deste projeto, foi considerada a concessionária Equatorial Goiás, de modo que os fatores de demanda adotados seguem, sempre que aplicável, as diretrizes estabelecidas em suas normas técnicas. Nesse contexto, por haver dois chuveiros, foram utilizados fator de demanda de 80% para os chuveiros elétricos (conforme o grupo Equatorial Energia sugere na Tabela 4.6), valores que refletem critérios usuais para a estimativa da demanda simultânea dessas cargas no projeto elétrico residencial.

Tabela 4.6: Fatores de demanda

Número de Aparelhos	Fator de Demanda			
	Chuveiro Elétrico	Torneira Elétrica, Aquecedor de Passagem, Ferro Elétrico	Fogão Elétrico	Máq. Secar Roupas, Máq. Lavar Louça, Forno Elétrico, Microondas
1	1	0,96	1	1
2	0,8	0,72	0,6	1
3	0,67	0,62	0,48	1
4	0,55	0,57	0,4	1
5	0,5	0,54	0,37	0,8
6	0,39	0,52	0,35	0,7
7	0,36	0,5	0,33	0,62
8	0,33	0,49	0,32	0,6
9	0,31	0,48	0,31	0,54
10 a 11	0,3	0,46	0,3	0,5
12 a 15	0,29	0,44	0,28	0,46
16 a 20	0,28	0,42	0,26	0,4
21 a 25	0,27	0,4	0,26	0,38
26 a 35	0,26	0,38	0,25	0,32
36 a 40	0,26	0,36	0,25	0,26
41 a 45	0,25	0,35	0,24	0,25
46 a 55	0,25	0,34	0,24	0,25
56 a 65	0,24	0,33	0,24	0,25
65 a 75	0,24	0,32	0,24	0,25
76 a 80	0,24	0,31	0,23	0,25

Fonte: Adaptado de Equatorial Energia.

4.3.1.6 Dimensionamento dos condutores

O dimensionamento dos condutores do projeto elétrico residencial foi realizado com base nas cargas previamente levantadas e na divisão dos circuitos, seguindo os critérios estabelecidos pela NBR 5410 [10]. Inicialmente, foi determinada a corrente de projeto (potência em VA dividido pela tensão) de cada circuito a partir da potência instalada, da tensão de alimentação, do fator de potência e dos fatores de demanda adotados. Esse procedimento garante que os condutores selecionados sejam capazes de conduzir a corrente elétrica sem comprometer a segurança e o desempenho da instalação.

Em seguida, foi considerada a capacidade de condução de corrente dos condutores, levando em conta o método de instalação previsto, o número de condutores carregados no mesmo eletroduto e as condições ambientais, conforme as tabelas da norma. A aplicação dos fatores de correção assegurou que a seção dos cabos fosse adequada às condições reais de operação, evitando aquecimento excessivo e prolongando a vida útil da instalação elétrica.

Outro critério avaliado no dimensionamento foi a verificação da queda de tensão ao longo dos circuitos. Foram adotados os limites máximos recomendados pela NBR 5410 [10] conforme mencionado na Seção 3.2.6, de modo a garantir o adequado funcionamento dos equipamentos e a eficiência do sistema elétrico. Quando necessário, a seção dos condutores foi ajustada para atender simultaneamente aos critérios de capacidade de condução e de queda de tensão, assegurando o atendimento aos requisitos normativos.

Por fim, o dimensionamento dos condutores considerou também os aspectos relacionados à proteção dos circuitos, garantindo a correta coordenação entre os cabos e os dispositivos de proteção. Dessa forma, os condutores selecionados asseguram não apenas o atendimento às exigências normativas, mas também a segurança, a confiabilidade e a durabilidade do projeto elétrico residencial, servindo como base para a execução adequada da instalação.

Neste projeto, as seções dos condutores de neutro e de proteção foram adotadas iguais às dos condutores de fase, em conformidade com o padrão estabelecido pela

NBR 5410. Essa adoção assegura uniformidade no dimensionamento e o atendimento aos critérios técnicos e normativos aplicáveis à instalação elétrica.

É de suma importância destacar que todo o processo de dimensionamento dos condutores foi realizado de maneira automática pelo PRO-Elétrica. Esse *software*, seguindo as diretrizes da NBR 5410 [10], elaborou duas tabelas com o detalhamento do dimensionamento, como pode ser visto nas Tabelas 4.7 e 4.8. Inclusive, nestas tabelas, é possível visualizar que o PRO-Elétrica respeita as sugestões da NBR-5410 quanto à bitola mínima (B. Mínima) exigida para cada tipo de carga.

O procedimento de configuração utilizado para o dimensionamento dos condutores por meio do PRO-Elétrica está apresentado nas Figuras 4.3 e 4.4, nas quais são definidos os principais parâmetros de cálculo. Nessa etapa, seleciona-se o tipo de cabo a ser utilizado (cobre com o método B1, detalhado na Seção 3.2.1, e método D para quando o condutor passa pelo piso), estabelece-se o limite admissível de queda de tensão e define-se o fator de correção de temperatura (FCT). Para este projeto, foi considerada a temperatura de referência de 30 °C, resultando em um FCT igual a 1, em conformidade com o que foi discutido na Seção 3.2.3.

Tabela 4.8: Dimensionamento dos condutores - Medidor

Circuito	Fases	Carga VA	F.Pot.	Tensão	Corrente	FCA	FCT	C.Corr.	Comp.	QT(%)	B.QT	B.CC	B.Mínima	B.Final
QDC	1	11557,65	0,93	220V	52,53A	1	1	52,53A	20,18m	1,43	16	6	4	16

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4.7: Dimensionamento dos condutores - QDC

Circuito	Fases	Carga VA	F. Demanda	F.Pot.	Tensão	Corrente	FCA	FCT	C.Corr.	Comp.	QT(%)	B.QT	B.CC	B.Mínima	B.Prot.	B.Final
1-Illuminação Térreo	1	2317	100%	1	220V	10,53A	0,57	1	18,24A	26,87m	1,52	2,5	2,5	1,5	4	4
2-Illuminação 1º Pavimento	1	760	100%	1	220V	3,45A	0,8	1	14A	22,07m	1,1	0,5	0,5	1,5	–	1,5
3-TUGs 1º Pavimento	1	1700	100%	0,8	220V	7,73A	0,8	1	19,2A	17,1m	0,93	0,5	0,75	2,5	–	2,5
4-Chuveiro 1º Pavimento	1	2560	80%	1	220V	11,64A	0,8	1	19,2A	9,79m	0,99	0,5	1,5	2,5	–	2,5
5-TUGs Sala e Quarto Térreo	1	1000	100%	0,8	220V	4,55A	0,57	1	13,68A	19,35m	0,62	0,5	0,5	2,5	–	2,5
6-TUGs Cozinha, Banheiro Térreo e Fundos	1	1600	100%	0,8	220V	7,27A	0,57	1	13,68A	12,96m	0,66	0,5	1	2,5	–	2,5
7-Área de Serviço	1	1900	100%	0,8	220V	8,64A	0,57	1	13,68A	25,51m	1,54	0,5	1,5	2,5	–	2,5
8-Chuveiro Térreo	1	2560	80%	1	220V	11,64A	0,57	1	18,24A	6,87m	0,43	0,5	2,5	2,5	4	4
9-Forno Elétrico da Cozinha	1	2700	100%	1	220V	12,27A	0,57	1	18,24A	15,58m	1,03	0,5	2,5	2,5	4	4

Fonte: Autoria própria.

Figura 4.3: Janela de configuração da fiação - Quadro de Distribuição de Circuito (QDC)

Dimensionamento Fiação

Capac. Corrente: Fios/Cabos isolados com PVC (B1)

Queda de tensão para os circuitos [%]: 4% ☒ QT com FP

Fiação de: Cobre

FCA: Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado;

FCT: 1

☐ Dimensiona Disjuntor pelo cabo (não pela carga)

Relatório: Não gerar ☒ Atribuir Rotas ☒ Balancear Fases

☐ Gerar Planilha ☐ Exportar Planilha (CSV)

Ok Cancelar

Fonte: Autoria própria.

Figura 4.4: Janela de configuração da fiação - Medidor

Dimensionamento Fiação

Capac. Corrente: Cabos isolados com EPR ou XLPE (D)

Queda de tensão para os circuitos [%]: 2% ☒ QT com FP

Fiação de: Cobre

FCA: Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado;

FCT: 1

☐ Dimensiona Disjuntor pelo cabo (não pela carga)

Relatório: Não gerar ☒ Atribuir Rotas ☒ Balancear Fases

☐ Gerar Planilha ☐ Exportar Planilha (CSV)

Ok Cancelar

Fonte: Autoria própria.

4.3.1.7 Dimensionamento dos eletrodutos

O dimensionamento dos eletrodutos do projeto elétrico residencial foi realizado com base na quantidade e nas seções dos condutores que compõem cada circuito. Inicialmente, foi definida a taxa máxima de ocupação de 40% dos eletrodutos estabelecida pela NBR 5410 [10], de modo a garantir espaço suficiente para a acomodação dos cabos, facilitar o lançamento dos condutores e permitir eventuais manutenções futuras.

Tanto o dimensionamento quanto a substituição dos eletrodutos por modelos com seções adequadas foram realizados automaticamente pelo *software* PRO-Elétrica, que analisa individualmente cada trajeto da instalação a fim de determinar o diâmetro nominal mais adequado para cada trecho. Esse procedimento garante conformidade com as exigências normativas e com as particularidades do projeto, assegurando a proteção mecânica dos condutores, a organização do sistema de distribuição elétrica e a confiabilidade da instalação como um todo.

4.3.1.8 Dimensionamento dos dispositivos de proteção

O dimensionamento dos dispositivos de proteção do projeto elétrico residencial foi realizado de forma automática pelo PRO-Elétrica a partir das correntes nominais dos circuitos e das seções dos condutores previamente estabelecidas, em conformidade com os critérios definidos pela NBR 5410. Os disjuntores foram selecionados de modo a respeitar a capacidade de condução dos cabos, atendendo à exigência normativa de que a corrente nominal do dispositivo de proteção esteja compreendida entre a corrente de projeto e a corrente corrigida do condutor, conforme é possível visualizar nas Tabelas 4.9 e 4.10. Esse critério garante a adequada coordenação entre os condutores e os dispositivos de proteção ao longo da instalação.

Ressalta-se que o dimensionamento do disjuntor geral está de acordo com o indicado pela norma da concessionária Equatorial Energia [19] conforme pode ser visto na tabela 4.11.

Tabela 4.9: Proteção utilizada por circuito - QDC

Circuito	B.Final (mm²)	Proteção
1-Iluminação Térreo	4	16A
2-Iluminação 1 ° Pavimento	1,5	10A
3-TUGs 1 ° Pavimento	2,5	16A
4-Chuveiro 1 ° Pavimento	2,5	16A
5-TUGs Sala e Quarto Térreo	2,5	10A
6-TUGs Cozinha, Banheiro Térreo e Fundos	2,5	10A
7-TUGs Área de Serviço	2,5	10A
8-Chuveiro Térreo	4	16A
9-Forno Elétrico da Cozinha	4	16A

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4.10: Proteção utilizada por circuito - Medidor

Circuito	B.Final (mm²)	Proteção
QDC	16	63A

Fonte: Autoria própria.

Destaca-se, conforme apresentado na penúltima coluna da Tabela 4.7, o item B. Prot (bitola de proteção) que representa o ajuste automático realizado pelo PRO-Elétrica na seção dos condutores. Esse recurso permite a compatibilização com disjuntores do tipo DIN disponíveis no mercado, assegurando que a corrente nominal do disjuntor se mantenha dentro dos limites normativos estabelecidos. Dessa forma, o sistema garante que, em situações de falha, os dispositivos de proteção atuem de maneira eficaz, interrompendo o circuito antes que ocorram danos aos condutores ou riscos à instalação elétrica [13].

Além disso, foram considerados dispositivos de proteção complementares, como o DR, com o objetivo de proporcionar proteção adicional contra choques elétricos, especialmente em áreas molhadas e circuitos de tomadas, onde se destacam os circuitos 4, 6, 7 e 8. A coordenação entre os dispositivos de proteção e os circuitos foi realizada de forma a garantir seletividade e facilidade de manutenção, contribuindo

Tabela 4.1.1: Dimensionamento das instalações em 220/380V

Método de Cálculo	Tipos de Fornecimento	Carga (kW)	Disjuntor Termomagnético (A)	Ramal de Conexão				Diâmetro Nominal - Eletroduto de Aço Galvanizado (pol.)	Condutor Cobre Isolado Mínimo do Cliente Fase (Neutro) (mm²)	Condutor de Aterramento (Aço Cobreado) (mm²)	Diâmetro Nominal Eletroduto Aterramento (pol.)
				Distância até 2 km da orla marítima		Distância a partir de 2 km da orla marítima					
				Cabo de Cobre Concêntrico (mm²)	Cabo de Cobre Multiplexado (mm²)	Duplex	Quadruplex				
Carga Instalada	Monofásico	Até 5	25 (MONO)	4	6	10	-	3/4	4	4	1/2
		De 5,1 a 8	40 (MONO)	6	6	10	-	3/4	6	6	1/2
		De 8,1 a 12	63 (MONO)	10	10	10	-	3/4	10	6	1/2
		Até 12 (Nota 23)	20 (TRI)	-	6	-	10	1.1/2	6	6	1/2
		De 12,1 a 24	40 (TRI)	-	6	-	10	1.1/2	6	6	1/2
	Trifásico	De 24,1 a 38	63 (TRI)	-	16	-	25	1.1/2	10	10	1
		De 38,1 a 48	80 (TRI)	-	25	-	35	2	16	16	1

Fonte: Adaptado de Equatorial Energia.

para a segurança, a confiabilidade e a conformidade normativa do projeto elétrico residencial.

No que se refere ao dimensionamento do DR monofásico, adotou-se corrente diferencial-residual nominal de 30 mA, conforme recomendado pela NBR 5410 [10] para a proteção de pessoas contra choques elétricos em instalações residenciais. A corrente nominal do DR foi definida de acordo com a corrente dos circuitos por ele protegidos, garantindo que o dispositivo opere dentro de sua capacidade sem sobrecargas indevidas como pode ser visto na Tabela 4.12.

Tabela 4.12: Dispositivo diferencial residual parcial utilizado

Circuito	Proteção	DR Parcial
4-Chuveiro 1 ° Pavimento	16A	25A
6-TUGs Cozinha, Banheiro Térreo e Fundos	10A	25A
7-TUGs Área de Serviço	10A	25A
8-Chuveiro Térreo	16A	25A

Fonte: Autoria própria.

A adoção de dois DPS de 20 kA no quadro de distribuição monofásico foi realizada com o objetivo de garantir uma proteção mais eficaz da instalação elétrica contra sobretensões transitórias. Em sistemas monofásicos, é necessária a proteção tanto do condutor de fase quanto do condutor neutro, de modo a limitar surtos provenientes da rede de distribuição ou de descargas atmosféricas indiretas [17]. Dessa forma, a utilização de dois DPS assegura que ambos os condutores ativos estejam adequadamente protegidos, reduzindo o risco de danos aos equipamentos conectados à instalação.

4.3.1.9 Elaboração do quadro de distribuição

A elaboração do quadro de distribuição do projeto elétrico residencial foi realizada a partir da definição e da divisão dos circuitos, considerando as cargas instaladas e as características do fornecimento de energia. Os circuitos foram organizados de forma lógica e identificados adequadamente, separando iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico, o que facilita a operação, a manutenção e a localização

de eventuais falhas. Também foi previsto espaço para a instalação dos dispositivos de proteção necessários, como disjuntores, IDR e DPS, em conformidade com a NBR 5410 [10].

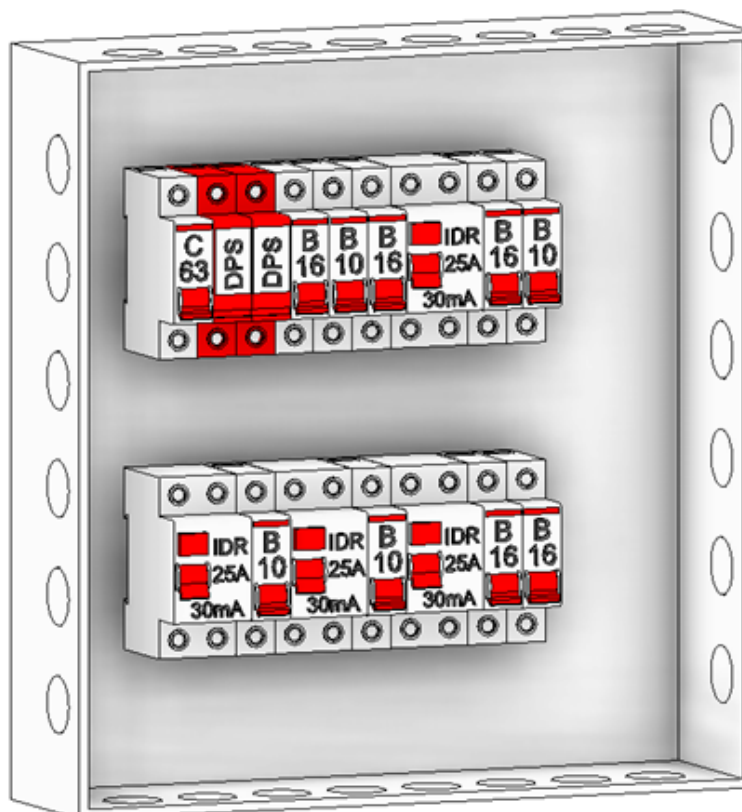
A definição pelo uso de um quadro monofásico foi realizada em conformidade com Norma Técnica NT-01 da Equatorial Energia, que regulamenta o fornecimento de energia elétrica em baixa tensão, as quais estabelecem que, em áreas urbanas, residências com demanda instalada de até 12 kW devem ser atendidas por meio de ligação monofásica [19].

A disposição dos componentes no quadro de distribuição foi definida de forma a permitir acessibilidade, clareza na identificação e possibilidade de futuras ampliações da instalação. Dessa forma, o quadro de distribuição foi elaborado para atender aos requisitos técnicos e normativos, contribuindo para a segurança, a confiabilidade e a organização do projeto elétrico residencial.

De acordo com a NBR 5410 [10] e considerando um total de 9 circuitos elétricos na residência, o quadro deve possuir 3 espaços reservas para possíveis futuros disjuntores, conforme observa-se na Tabela 3.6.

Por meio do Autodesk Revit, em conjunto com o *template* disponibilizado pelo *plugin* PRO-Elétrica, torna-se possível a visualização interna do quadro de distribuição, permitindo a análise da disposição e da organização de cada dispositivo de proteção que o compõe, como pode ser visto na Figura 4.5.

Figura 4.5: Vista isométrica do quadro de distribuição



Fonte: Autoria própria.

4.3.1.10 Representação gráfica do projeto

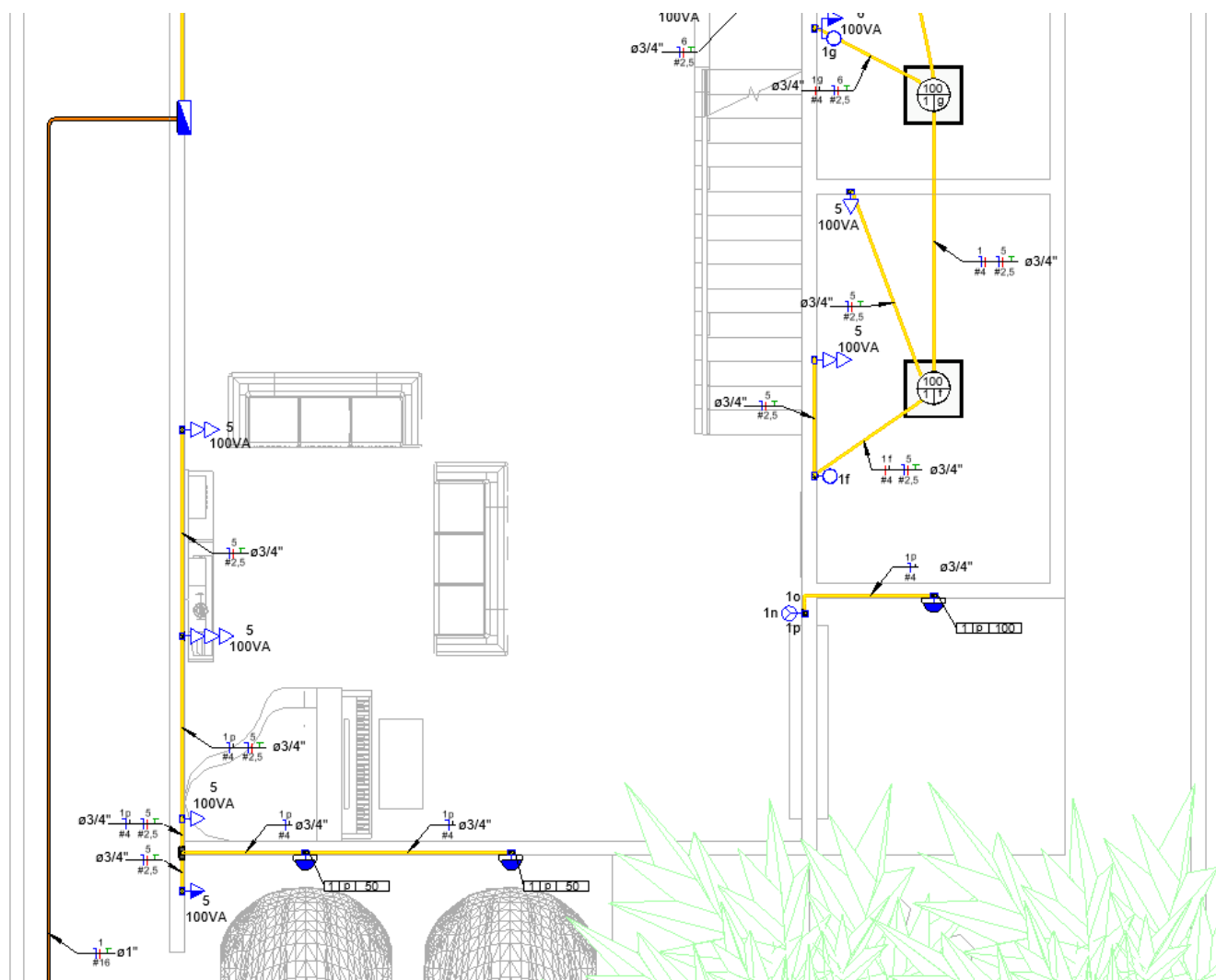
As plantas elétricas (Figuras 4.6 à 4.10) apresentam a localização dos pontos de iluminação, tomadas de uso geral e específico, trajetos dos eletrodutos, identificação dos circuitos e a posição do quadro de distribuição, utilizando simbologia e legendas adequadas para facilitar a leitura e a compreensão do projeto. Essa documentação gráfica consolida as etapas de dimensionamento e organização do sistema elétrico abordadas nas seções anteriores.

Além das plantas baixas, foram incluídas representações complementares que auxiliam na interpretação do projeto como um todo. A vista tridimensional do modelo elétrico, para visualização da distribuição dos componentes, pode ser observada na Figura 4.11 e alguns cortes que contribuam para o detalhamento de pontos específicos do projeto podem ser vistos nas Figuras 4.12, 4.13 e 4.14. Essas representações finais sintetizam o desenvolvimento do projeto elétrico residencial e reforçam a consistência

técnica e a organização da documentação apresentada.

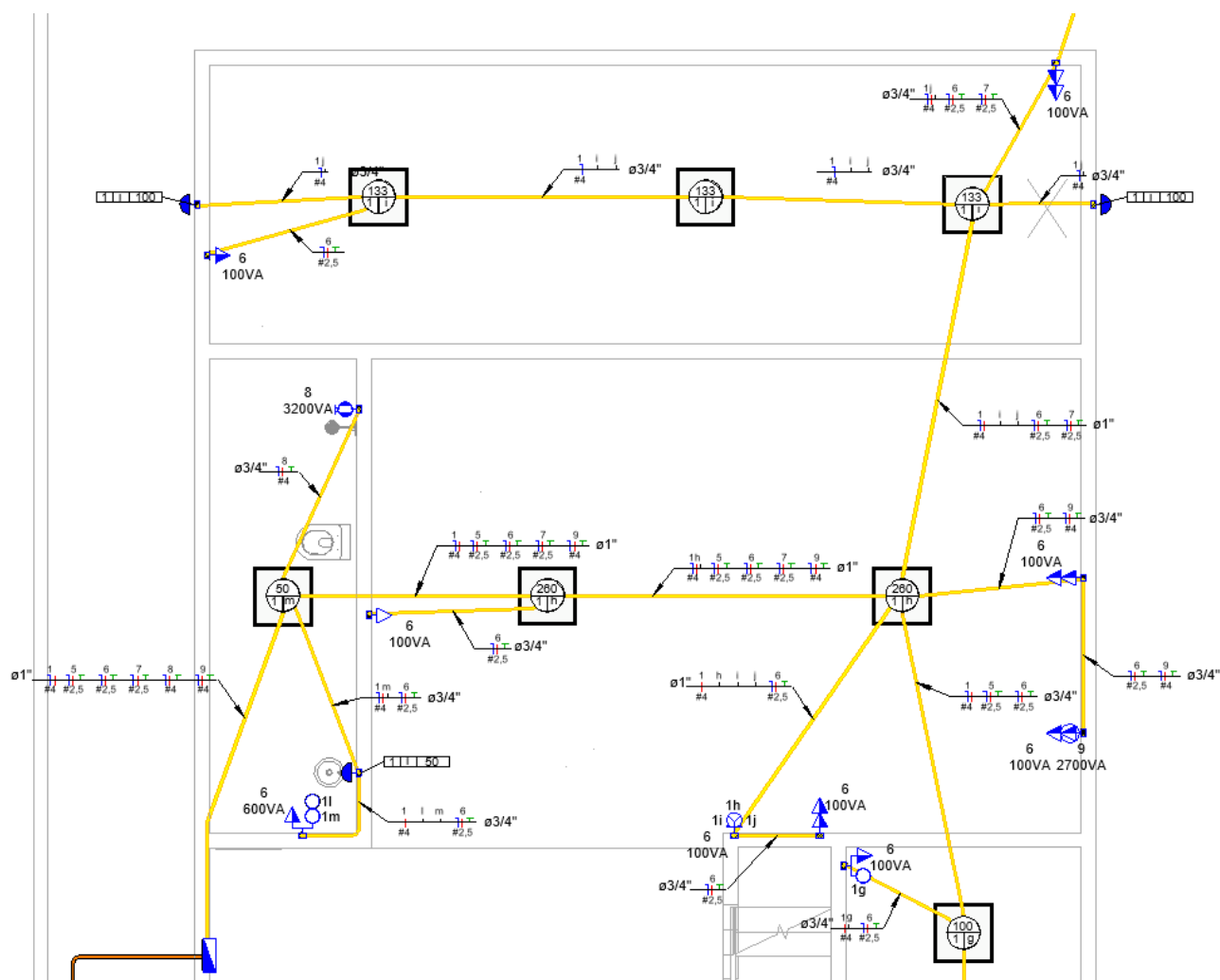
Com isso, destaca-se que ao elaborar o projeto em ambiente BIM foi proporcionado vantagens significativas em relação aos métodos tradicionais baseados em CAD. Enquanto o CAD é voltado principalmente para a representação gráfica em duas ou três dimensões, exigindo atualizações manuais entre vistas e documentos, o BIM trabalha com modelos paramétricos integrados que armazenam informações geométricas e não geométricas dos elementos projetados. Dessa forma, alterações realizadas no modelo são automaticamente refletidas em plantas, cortes, vistas e demais documentos, reduzindo a possibilidade de inconsistências e retrabalhos. Além disso, a modelagem BIM possibilitou uma visualização tridimensional mais precisa do sistema elétrico, facilitando a compatibilização com outras disciplinas da edificação, a identificação de interferências e a extração de quantitativos. Assim, as representações apresentadas nas Figuras 4.11 a 4.14 não constituem apenas elementos gráficos, mas fazem parte de um modelo digital integrado que agrega informações ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento, evidenciando uma evolução em relação aos processos convencionais desenvolvidos em CAD.

Figura 4.6: Plantas baixas do projeto elétrico térreo - parte I



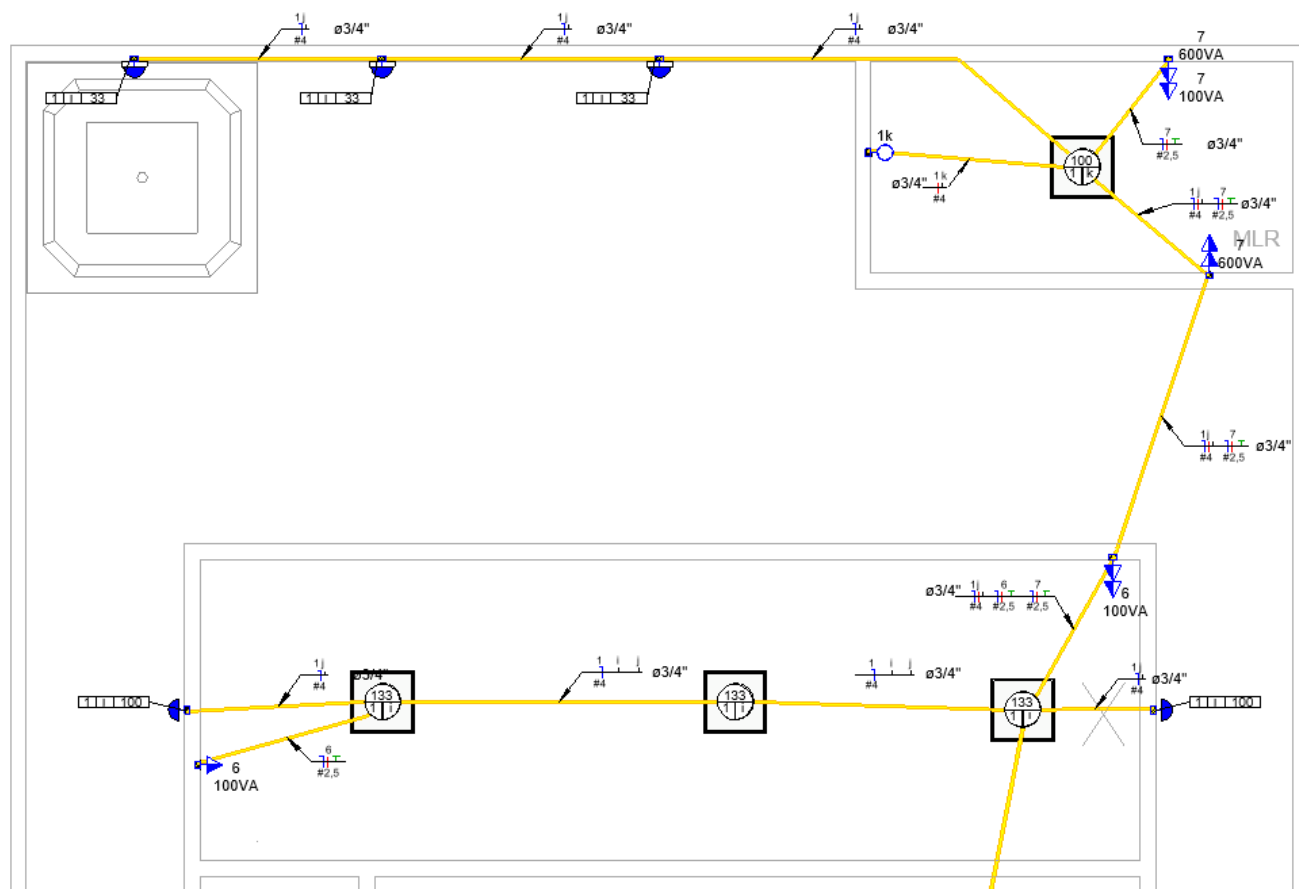
Fonte: Autoria própria.

Figura 4.7: Plantas baixas do projeto elétrico térreo - parte II



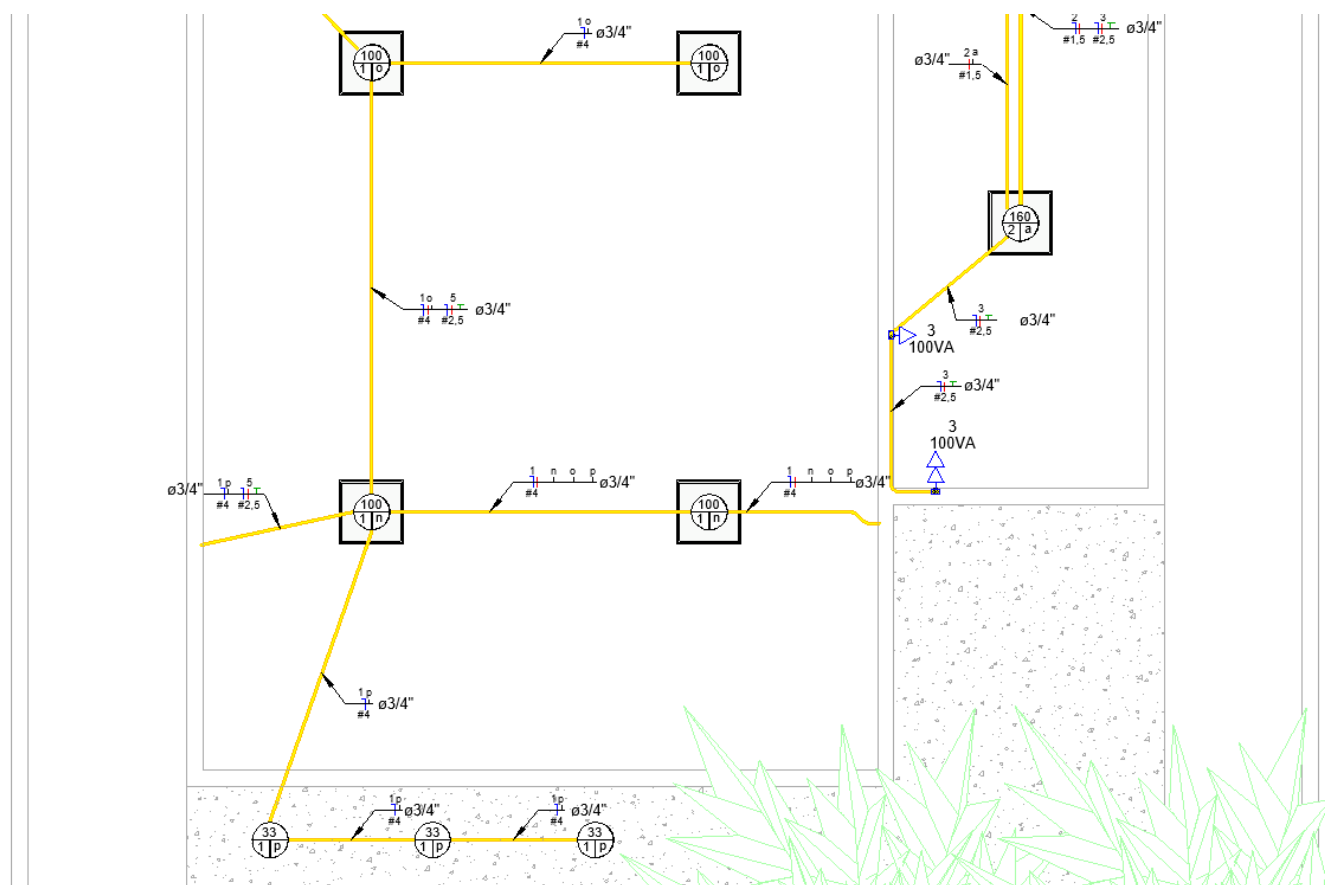
Fonte: Autoria própria.

Figura 4.8: Plantas baixas do projeto elétrico térreo - parte III



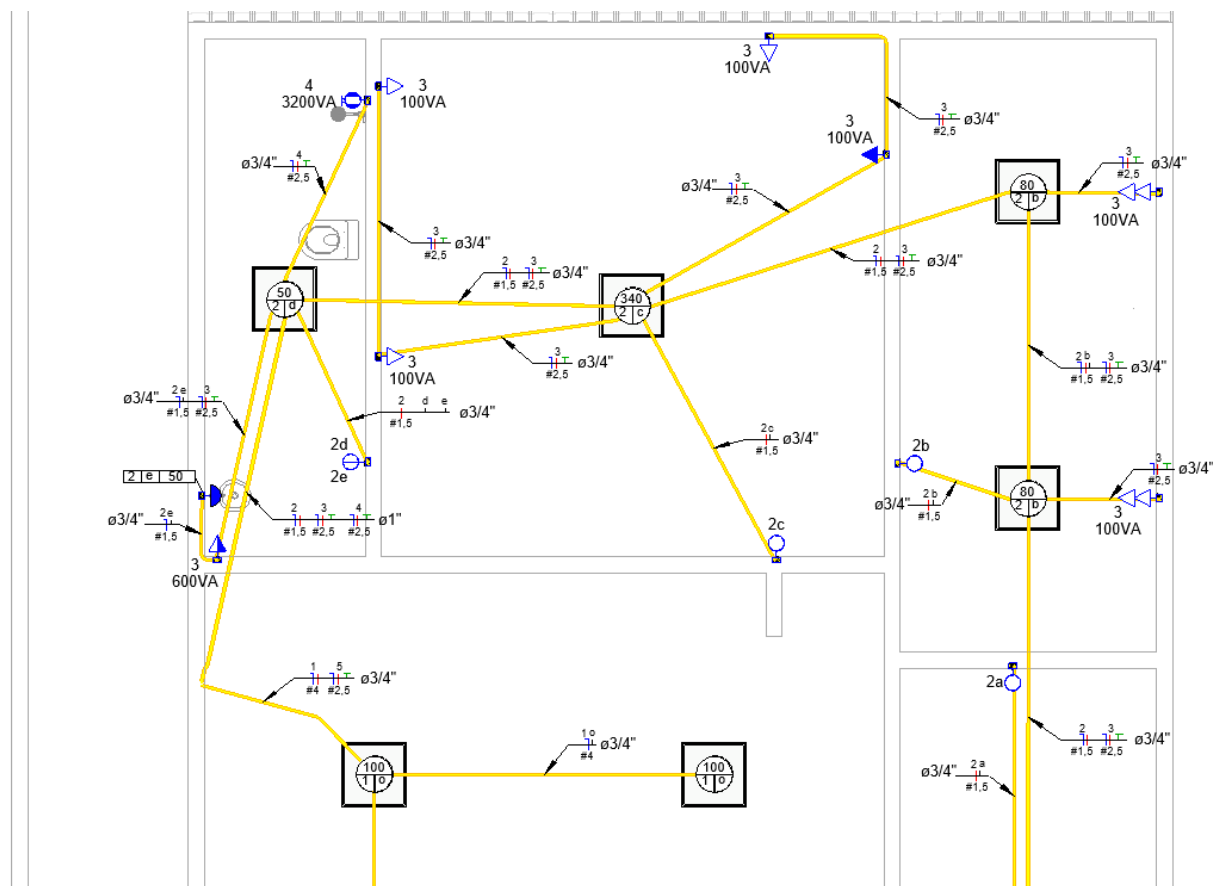
Fonte: Autoria própria.

Figura 4.9: Plantas baixas do projeto elétrico 1º pavimento - parte I



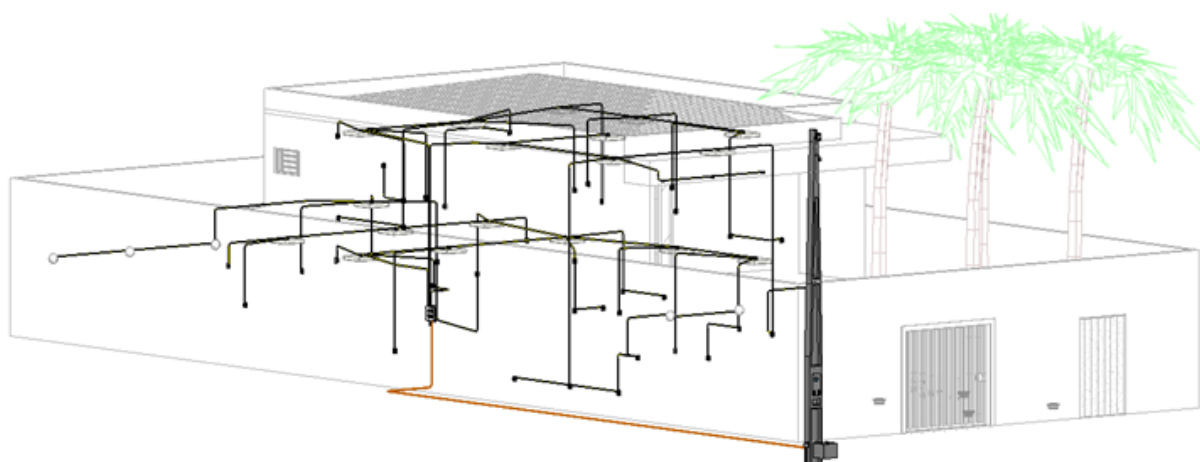
Fonte: Autoria própria.

Figura 4.10: Plantas baixas do projeto elétrico 1º pavimento - parte II



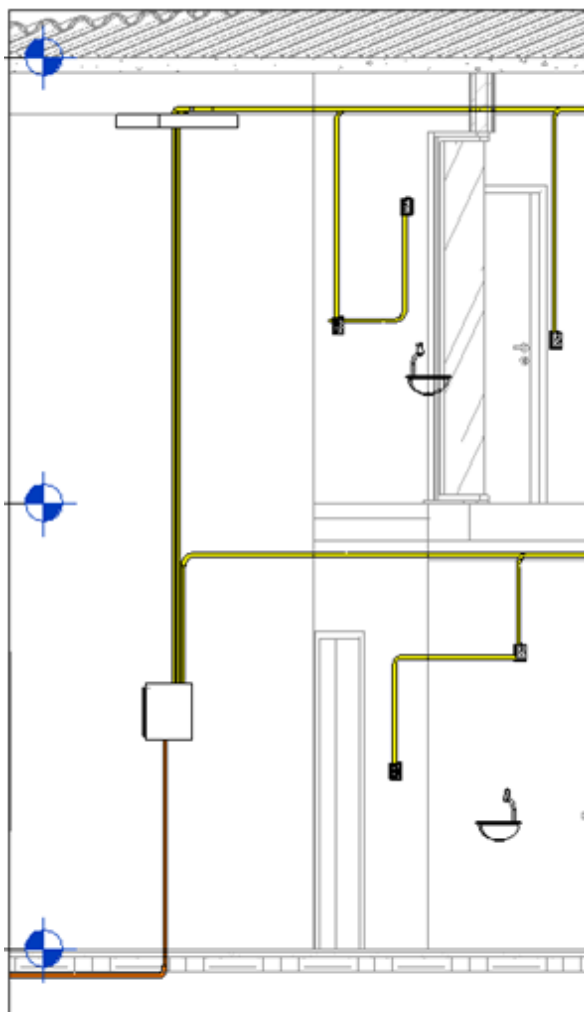
Fonte: Autoria própria.

Figura 4.11: Vista isométrica do projeto elétrico residencial



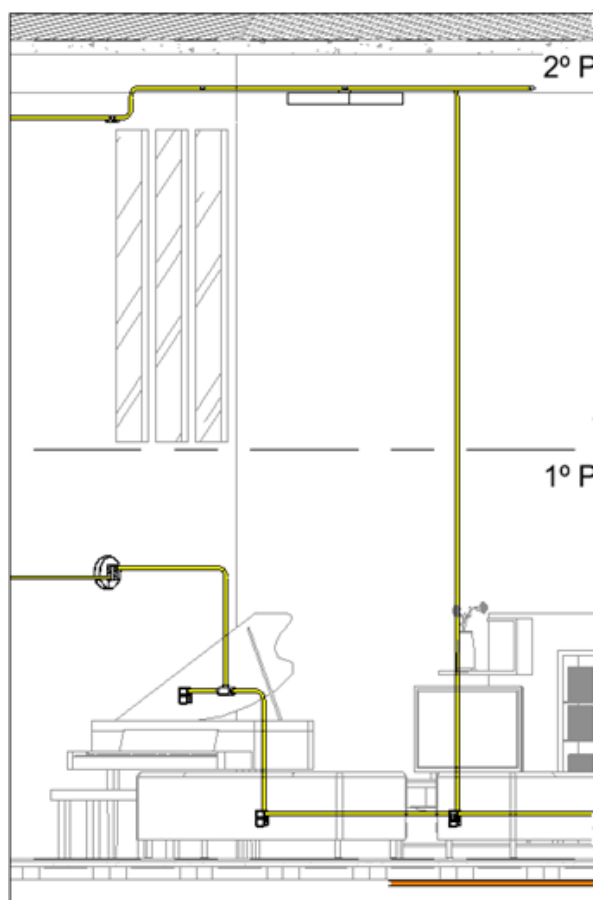
Fonte: Autoria própria.

Figura 4.12: Distribuição do quadro entre os dois pavimentos



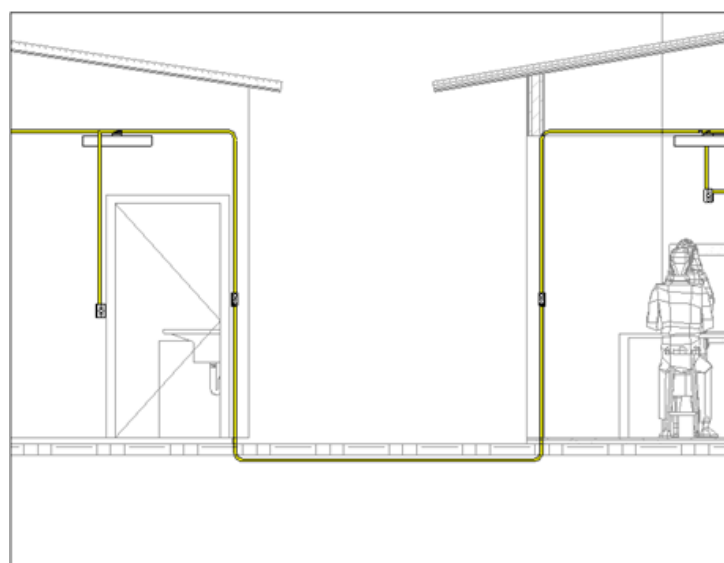
Fonte: Autoria própria.

Figura 4.13: Alimentação das tomadas do térreo por meio do ponto de luz em pé-direito alto



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.14: Alimentação da área de serviço pelo piso

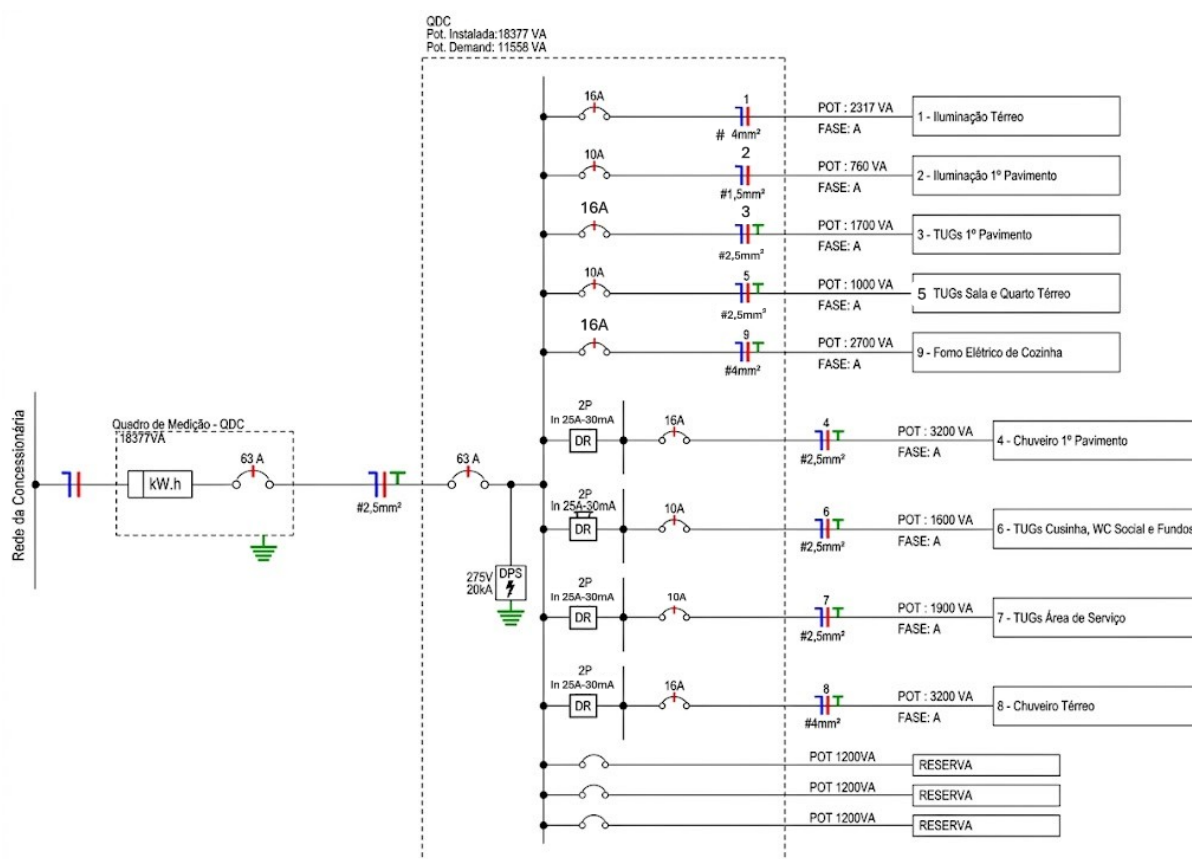


Fonte: Autoria própria.

4.3.1.11 Geração de quadro de carga e diagrama elétrico

A elaboração do quadro de cargas e dos diagramas elétricos foi realizada de forma automática pelo *plugin* PRO-Elétrica a partir das informações consolidadas no modelo do projeto, permitindo a obtenção organizada dos dados dos circuitos. O quadro de cargas (Tabela 4.13) apresenta as potências instaladas, correntes, fatores adotados e dispositivos de proteção correspondentes, servindo como síntese do dimensionamento elétrico realizado. De forma complementar, o diagrama elétrico unifilar, mostrado na Figura 4.15, representa graficamente a distribuição dos circuitos a partir do quadro de distribuição, facilitando a compreensão do sistema, a execução da instalação e a verificação da conformidade com os critérios técnicos e normativos adotados ao longo do projeto.

Figura 4.15: Diagrama unifilar



Fonte: Autoria própria.

Tabela 4.13: Quadro de cargas

Cíc.	Descrição	Tomadas													Esquema	Tensão V	Pot. W	Pot. VA	Demanda %	Fat. Pot.	I A	Fases	Prot. A	Cond. mm²	Fase A	FCA	FCT	Ic A	Dist. m	QT %	Tipo
		80W	2700W	3200W	33W	50W	80W	100W	133W	160W	260W	340W	480W	3200W																	
1	Iluminação Térreo				6	4		10	3		2			FNT	220	2317	2317	100	1	10,5	1	16	4	2317	0,6	1	18,5	45,3	1,5	PVC	
2	Iluminação 1º Pavimento					2	2			1		1		FNT	220	760	760	100	1	3,45	1	10	1,5	760	0,8	1	4,32	29,6	1,1	PVC	
3	TUGs 1º Pavimento						11						1	FNT	220	1360	1700	100	0,8	7,73	1	16	2,5	1700	0,8	1	9,66	27,2	0,9	PVC	
4	Chuveiro 1º Pavimento			1										FNT	220	3200	3200	80	1	14,6	1	16	2,5	3200	0,8	1	14,6	9,79	1	PVC	
5	TUGs Sala e Quarto Térreo						10							FNT	220	800	1000	100	0,8	4,55	1	10	2,5	1000	0,6	1	7,97	22,2	0,6	PVC	
6	TUGs Cozinha, Banheiro Térreo e Fundos	1					9						1	FNT	220	1280	1600	100	0,8	7,27	1	10	2,5	1600	0,6	1	12,8	17,9	0,7	PVC	
7	TUGs Área de Serviço						1						3	1	FNT	220	1520	1900	100	0,8	8,64	1	10	2,5	1900	0,6	1	15,2	29,1	1,5	PVC
8	Chuveiro Térreo													FNT	220	3200	3200	80	1	14,6	1	16	4	3200	0,6	1	20,4	6,87	0,4	PVC	
9	Forno Elétrico da Cozinha		1											FNT	220	2700	2700	100	1	12,3	1	16	4	2700	0,6	1	21,5	15,6	1	PVC	
Res.	Reserva													FNT	220	1200	1200	100	1	5,45	1	16	2,5	1200							
Res.	Reserva													FNT	220	1200	1200	100	1	5,45	1	16	2,5	1200							
Res.	Reserva													FNT	220	1200	1200	100	1	5,45	1	16	2,5	1200							
Total		1	1	1	6	6	33	10	3	1	2	1	5	1		20737	21977														
Aliment.															220	20737	21977	62,9		52,5	1		2,5								

Fonte: Autoria própria.

4.3.1.12 Listagem de materiais e quantitativos

A listagem de materiais e os quantitativos do projeto elétrico residencial foram obtidos a partir do próprio Revit e do PRO-Elétrica de maneira automática. Essa listagem contempla itens como condutores, eletrodutos, dispositivos de proteção, pontos elétricos e demais acessórios, organizados de forma sistemática e coerente com o projeto. A extração automática desses dados contribui para a redução de erros, facilita a elaboração de orçamentos e reforça a confiabilidade das informações apresentadas, uma vez que os quantitativos estão diretamente vinculados aos elementos modelados no projeto elétrico, como pode ser visto na Tabela [4.14](#).

Diferentemente da metodologia BIM, no processo tradicional de desenvolvimento de projetos elétricos em ambiente CAD, a obtenção dos quantitativos geralmente é realizada de forma manual ou semiautomática, exigindo a contagem individual dos componentes representados nas plantas e o levantamento dos comprimentos de eletrodutos e condutores por meio de medições gráficas. Esse procedimento demanda maior tempo de execução e está mais sujeito a inconsistências decorrentes de falhas humanas, omissões ou desatualizações entre os desenhos e as planilhas de quantitativos.

No BIM, por outro lado, qualquer alteração realizada no modelo é automaticamente refletida nas tabelas e listas de materiais, garantindo que as informações permaneçam sempre atualizadas e compatíveis com o projeto. Essa característica proporciona maior confiabilidade ao planejamento, ao orçamento e à execução da obra, além de reduzir retrabalhos e aumentar a produtividade dos profissionais envolvidos.

Tabela 4.14: Lista de materiais

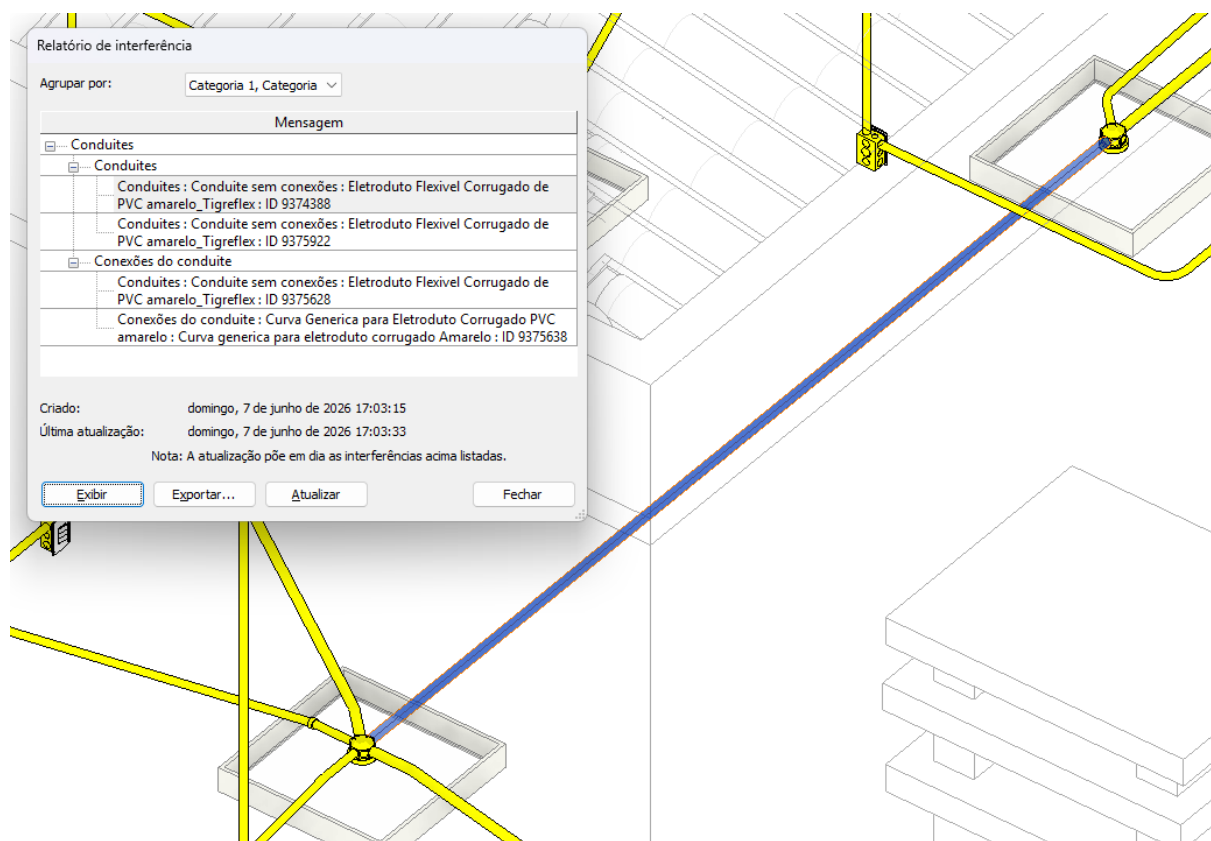
Lista de Material			
Descrição do Material	Dimensões	Unidade	Quantidade
Cabo 1,5 mm ² , Isolado PVC, 750 V, cor: vermelho	1,5 mm ²	m	31,30
Cabo 1,5 mm ² , Isolado PVC, 750 V, cor: azul	1,5 mm ²	m	22,53
Cabo 1,5 mm ² , Isolado PVC, 750 V, cor: branco	1,5 mm ²	m	25,07
Cabo 2,5 mm ² , Isolado PVC, 750 V, cor: vermelho	2,5 mm ²	m	166,35
Cabo 2,5 mm ² , Isolado PVC, 750 V, cor: azul	2,5 mm ²	m	166,35
Cabo 2,5 mm ² , Isolado PVC, 750 V, cor: verde	2,5 mm ²	m	166,35
Cabo 4,0 mm ² , Isolado PVC, 750 V, cor: vermelho	4 mm ²	m	88,03
Cabo 4,0 mm ² , Isolado PVC, 750 V, cor: azul	4 mm ²	m	118,09
Cabo 4,0 mm ² , Isolado PVC, 750 V, cor: branco	4 mm ²	m	133,69
Cabo 4,0 mm ² , Isolado PVC, 750 V, cor: verde	4 mm ²	m	23,62
Cabo 16,0 mm ² , Isolação HEPR, 0,6/ 1kV, cor: vermelho	16 mm ²	m	18,06
Cabo 16,0 mm ² , Isolação HEPR, 0,6/ 1kV, cor: azul	16 mm ²	m	18,06
Cabo 16,0 mm ² , Isolação HEPR, 0,6/ 1kV, cor: verde	16 mm ²	m	18,06
Caixa de luz 4"x2", de embutir, em PVC na cor amarelo para eletroduto corrugado	4"x2"	un	46
Caixa octogonal 4"x4"com fundo móvel, em PVC na cor amarela para eletroduto corrugado	4"x4"	un	21
Condutete de alumínio Tipo "T"sem rosca, com tampa cega, parafusos, em aço zincado, pintura epoxi cor cinza	1"	un	1
DPS - Disjuntor de proteção contra surtos, monopolar, máxima tensão de operação continua UC = 275, corrente de descarga máxima = 20 kA, fixação em trilho DIN 35 mm	VCL 275 V 20 kA Slim	un	2
IDR Interruptor Diferencial Residual Bipolar In = 25 A, 30 mA	In = 25 A, 30 mA	un	4
Mini Disjuntor Monopolar 10 A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35 mm	B 10 A	un	4
Mini Disjuntor Monopolar 16 A Curva B, conforme ABNT NBR NM 60898, encaixe perfil DIN 35 mm	B 16 A	un	5
Mini Disjuntor Monopolar 63 A Curva C, conforme IEC 60947-28, encaixe perfil DIN 35 mm	C 63 A	un	1
Conjunto montado com 1 Interruptor Simples, 10 A 250 V~, 4"x2"	1S, 4"x2"	un	5
Conjunto montado de Interruptor com 2 teclas simples, 4"x2"	2xS, 4"x2"	un	1
Conjunto montado de Interruptor com 3 teclas simples, 4"x2"	3xS, 4"x2"	un	2
Conjunto montado de 1 Interruptor Simples + 1 Tomada 2P + T, 10 A, 4"x2"	1S+1Tom.10 A, 4"x2"	un	1
Conjunto montado de 2 Interruptores Simples + 1 Tomada 2P + T, 10 A, 4"x2"	2S+1Tom.10 A, 4"x2"	un	1
Conjunto montado de 1 Placa para Saída de Fio 11mm, 4"x2"	Saída de fio	un	2
Quadro de Distribuição 18/24 Disjuntores, de embutir, fabricado em PVC antichamas, com barramento de terra e neutro, porta branca, dimensões 350x379x78,7mm.	18/24 Disjuntores	un	1
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10 A, posto horizontal, 4"x2"	10 A, 4"x2"	un	12
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10 A e 1 Tomada 2P+T 20 A e, postos horizontais, 4"x2"	2x10 A + 1x20 A, 4"x2"	un	1
Conjunto montado de 2 Tomadas 2P+T, 10 A, postos horizontais, 4"x2"	2x10 A, 4"x2"	un	10
Conjunto montado de 3 Tomadas 2P+T, 10 A, postos horizontais, 4"x2"	10 A, 4"x2"	un	1
Eletroduto flexível corrugado Reforçado, em PVC na cor laranja antichamas, conforme NBR15465	DN 32 mm	m	25,18
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarela antichamas, conforme NBR15465	DN 32 mm	m	32,25
Eletroduto flexível corrugado, em PVC na cor amarela antichamas, conforme NBR15465	DN 25 mm	m	233,53

Fonte: Autoria própria.

4.4 RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES

A aplicação da metodologia BIM no desenvolvimento do projeto elétrico residencial mostrou ser eficiente para a organização e o gerenciamento das informações do projeto. A modelagem em 3D associada aos dados técnicos possibilitou melhor visualização do sistema elétrico, facilitando a identificação de interferências, como problemas em conexões de eletrodutos, conforme a Figura 4.16, e contribuindo para a redução de erros ainda na fase de projeto. Observou-se uma maior consistência entre plantas, diagramas e tabelas, uma vez que toda a documentação é gerada a partir de um único modelo, o que reduz inconsistências comuns em métodos tradicionais.

Figura 4.16: Interferência nos conduítes



Fonte: Autoria própria.

Outro resultado relevante foi a extração automática de quantitativos de materiais, proporcionando maior precisão no levantamento de custos e auxiliando no planejamento da obra. A utilização do BIM também favoreceu a padronização dos componentes e

a centralização das informações, tornando o projeto mais claro, confiável e de fácil atualização, o que pode beneficiar futuras manutenções ou ampliações da instalação elétrica.

Entre as principais vantagens da metodologia BIM destacam-se a redução de retrabalhos, o aumento da qualidade da documentação técnica e a melhoria na compatibilização das informações do projeto. A visualização em três dimensões facilita a compreensão do sistema elétrico, inclusive para profissionais que não participaram diretamente da etapa de projeto, além de otimizar o processo de tomada de decisões.

Por outro lado, algumas limitações foram possíveis de se perceber, especialmente relacionadas à necessidade de capacitação dos profissionais, uma vez que a correta utilização das ferramentas BIM exige conhecimento técnico específico. O custo inicial de implementação, envolvendo aquisição de softwares e adaptação dos processos de trabalho, também pode representar um obstáculo, principalmente em projetos residenciais de pequeno porte. Além disso, a ausência ou limitação de bibliotecas padronizadas (famílias ou *templates*) pode dificultar o processo de modelagem.

Diante dos resultados obtidos, recomenda-se a adoção da metodologia BIM em projetos elétricos residenciais, principalmente quando se busca maior qualidade, organização e confiabilidade das informações. Sugere-se o investimento contínuo em capacitação profissional e na padronização de componentes e processos, bem como a integração do projeto elétrico com as demais disciplinas desde as etapas iniciais.

Capítulo 5

CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

5.1 CONCLUSÕES GERAIS

A partir do desenvolvimento deste trabalho, foi possível concluir que a utilização da metodologia BIM aplicada ao projeto de instalações elétricas residenciais se mostrou uma abordagem eficiente e consistente, contribuindo para a qualidade e a organização do projeto.

Além disso, o atendimento aos critérios estabelecidos pela NBR 5410 foi facilitado pelo uso do ambiente BIM, que permitiu maior controle sobre o dimensionamento dos condutores, dispositivos de proteção, eletrodutos e quadro de distribuição. A possibilidade de revisar e ajustar o projeto de forma dinâmica contribuiu para a conformidade normativa e para o aumento da segurança da instalação elétrica proposta.

A extração automática de quantitativos elétricos (como a metragem exata de cabos e eletrodutos, contagem de tomadas, interruptores e luminárias, além de dados de carga e circuitos dos quadros de distribuição) contribuiu para a redução de erros, aumento da precisão dos quantitativos e otimização do tempo necessário para a elaboração da documentação técnica, quando comparada a métodos tradicionais baseados em desenhos bidimensionais.

Com o objetivo de sintetizar as principais diferenças entre a metodologia BIM e

os métodos tradicionais — como o desenho em CAD bidimensional (2D), a compatibilização visual por sobreposição de pranchas e a extração manual de quantitativos em planilhas —, a Tabela 5.1, elaborada baseada na referência [1], apresenta uma comparação entre ambas as abordagens, destacando aspectos relacionados à compatibilização, gestão das informações, produtividade e confiabilidade dos dados.

Tabela 5.1: Tabela comparativa entre BIM e métodos tradicionais

Critério de comparação	Método Tradicional (Tecnologia CAD / AutoCAD)	Tecnologia BIM / Revit
Abrangência do processo	Transporta o desenvolvimento de desenhos técnicos para o computador, focando na fase de projetos.	Abrange uma tecnologia integrada que engloba, além da fase de projetos, o processo construtivo como um todo.
Base de desenho e elementos	A geometria é baseada em coordenadas para o desenvolvimento de entidades gráficas (elementos de representação). A matriz é gerada basicamente usando o comando "Line".	Adota modelos paramétricos dos elementos construtivos. Ao modelar, atribui-se características aos objetos (dimensão, revestimento, material, custo, tempo).
Execução de alterações	A alteração do projeto implica modificações manuais de cada objeto. Todas as informações devem ser inseridas e editadas manualmente.	Permite alterações dinâmicas no modelo gráfico com reflexos e reajustes automáticos em todos os desenhos, tabelas, planilhas e medidas.
Geração de cortes e vistas	Cortes e fachadas precisam ser feitos de forma manual.	Os cortes, vistas e perspectivas são gerados automaticamente a partir da planta ou modelo central.
Ambiente e visualização 3D	Faz apenas uma representação tridimensional da realidade.	Aperfeiçoa o trabalho em ambiente 3D, integrando tudo em um só modelo virtual onde o projeto já é visto como uma construção real.
Planejamento, custos e tempo	Focado nos desenhos bidimensionais ou modelagem de peças.	Usa parâmetros 4D (tempo) e 5D (custo), fornecendo planilhas de cronograma, previsão e estimativa de custos integrados.
Interoperabilidade e colaboração	Apresenta maior dificuldade na comunicação direta entre diferentes setores (hidráulico, elétrico, estrutural).	Permite a sobreposição de projetos específicos em um modelo virtual centralizado, facilitando o acesso ao banco de dados por todos os envolvidos.
Prevenção de erros	Reduz erros dimensionais em comparação ao desenho manual, mas não analisa interferências de forma automática.	Permite simular e verificar interferências internas/externas antes que a obra comece, otimizando o tempo e evitando erros.
Custo de implementação e mercado	Possui custo de implantação menor, é o mais usado no mercado e possui ampla oferta de profissionais que dominam o sistema.	Exige maior tempo e investimento para implantação devido à escassez de profissionais qualificados e à resistência de adaptação do mercado.

Fonte: Autoria própria.

A opção pelo Revit em conjunto com o *plugin* PRO-Elétrica fundamentou-se no perfeito equilíbrio entre interoperabilidade tecnológica e conformidade normativa. Ao incorporar as diretrizes da metodologia BIM, o Revit viabilizou a modelagem paramé-

trica e a identificação precisa de interferências (*clash detection*) entre as diferentes disciplinas de projeto. Paralelamente, o suporte do PRO-Elétrica assegurou o rigor técnico exigido pela NBR 5410, automatizando rotinas essenciais e garantindo a perfeita adequação do dimensionamento elétrico aos padrões nacionais.

Por fim, a aplicação do BIM em projetos elétricos residenciais representa um avanço relevante em relação aos métodos convencionais, proporcionando ganhos em precisão, organização e compatibilização. Apesar da implementação da metodologia demandar maior planejamento e conhecimento do uso das ferramentas, os resultados obtidos demonstram que o BIM se apresenta como uma solução eficaz e promissora para o desenvolvimento de projetos de instalações elétricas, contribuindo tanto para a prática profissional quanto para o meio acadêmico.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

Como proposta de trabalhos futuros, recomenda-se a realização de uma compatibilização mais detalhada entre o projeto elétrico e os demais projetos complementares, como estrutural, hidrossanitário e de aterramento, com o uso da metodologia BIM, reforçando seu potencial como ferramenta de coordenação interdisciplinar. Além disso, sugere-se a exploração mais aprofundada do BIM nas fases de execução, operação e manutenção, ampliando os benefícios da metodologia ao longo de todo o ciclo de vida da edificação.

Bibliografia

- [1] COSTA, G.; FIGUEIREDO, S.; RIBEIRO, S. Estudo comparativo da tecnologia cad com a tecnologia bim.
- [2] EASTMAN, C. et al. *Manual de BIM*. [S.l.]: Bookman, 2021.
- [3] SUCCAR, B.; KASSEM, M. Macro-bim adoption: Conceptual structures.
- [4] VACCARI, L.; VIEIRA, L. *Caderno BIM: infraestrutura rodoviária*. [S.l.]: Governo do Estado de Paraná, 2022.
- [5] ALMEIDA, M.; BONALDO, E. *Building Information Modeling (BIM): princípios e tendências*. [S.l.]: Poisson, 2023.
- [6] MEDEIROS, F. A utilização de uma plataforma bim para “clash detection”.
- [7] AUTODESK. *Autodesk Revit: software BIM para projetar e criar qualquer coisa*. Acesso em: 07 de junho de 2026. Disponível em: <<https://sl1nk.com/zctfqv4>>.
- [8] WORKS, B. *DDS-CAD*. Acesso em: 07 de junho de 2026. Disponível em: <<https://bimworks.com.br/dds-cad/>>.
- [9] BENTLEY. *OpenBuildings Designer Software para projeto de edifícios e análise de energia*. Acesso em: 07 de junho de 2026. Disponível em: <<https://br.bentley.com/software/openbuildings-designer/>>.
- [10] ABNT. *Instalações elétricas de baixa tensão - NBR5410*. [S.l.]: ABNT, 2004.
- [11] FONSECA, C. et al. *Apostila de instalações elétricas residenciais*. [S.l.]: Instituto Federal Paraná, 2022.

- [12] WATANABE, E. *Apostila de Projeto de Instalações Elétricas Residenciais e Prediais (Parte III)*. [S.l.]: Instituto Federal Santa Catarina, 2010.
- [13] CAVALIN, G.; CERVELIN, S. *Instalações elétricas prediais*. [S.l.]: Érica Ltda, 2006.
- [14] SEIDEL, L. R. *Instalações elétricas de baixa tensão*. [S.l.]: Uniasselvi, 2019.
- [15] COTRIM, A. *Instalações elétricas*. [S.l.]: Pearson, 2008.
- [16] LARA, L. *Instalações elétricas*. [S.l.]: Instituto Federal Paraná, 2012.
- [17] FINDER. *Guia para aplicação de Dispositivos de Proteção contra Surtos - DPS*. [S.l.]: Finder, 2012.
- [18] MULTIPLUS. *PRO-Elétrica Software para projetos elétricos*. Acesso em: 07 de junho de 2026. Disponível em: <<https://l1nq.com/x0ggpxh>>.
- [19] GRUPO EQUATORIAL ENERGIA. *NT.00001: Fornecimento de energia elétrica em baixa tensão*. [S.l.], 2025.

Anexo A

Tabela A.1: Capacidades de condução de corrente para os métodos A1, A2, B1, B2, C e D em PVC

Seções nominais mm²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652

Fonte: NBR 5410 [10]

Tabela A.2: Capacidades de condução de corrente para os métodos A1, A2, B1, B2, C e D em EPR ou XLPE

Seções nominais mm²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1122	923	711	596
800	885	792	805	721	1158	1020	952	837	1311	1074	811	679
1000	1014	908	923	826	1332	1173	1088	957	1515	1237	916	767

Fonte: NBR 5410 [10]

Tabela A.3: Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares											Tabelas dos métodos de referência	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19		>=20
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fonte: NBR 5410 [\[10\]](#)

Tabela A.4: Fatores de correção para temperaturas

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

Fonte: NBR 5410 [10]