

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

FELIPE DRAGO ROMANO

**AVALIAÇÃO DE UM PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR PARA
ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA NORMA DE DESEMPENHO - ABNT NBR
15575:2021**

CAMPO MOURÃO

2023

FELIPE DRAGO ROMANO

**AVALIAÇÃO DE UM PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR PARA
ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA NORMA DE DESEMPENHO - ABNT NBR
15575:2021**

**Evaluation of a single-family residential electrical project to meet the
requirements of the performance standard - ABNT NBR 15575:2021**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Jucélia Kuchla Vieira.

CAMPO MOURÃO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

FELIPE DRAGO ROMANO

**AVALIAÇÃO DE UM PROJETO ELÉTRICO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR PARA
ATENDIMENTO AOS REQUISITOS DA NORMA DE DESEMPENHO - ABNT NBR
15575:2021**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 31 de maio de 2023

Jucélia Kuchla Vieira
Doutorado em Arquitetura e Urbanismo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Evandro Luis Volpato
Mestrado em Inovações Tecnológicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Valdomiro Lubachevski Kurta
Mestrado em Engenharia Civil
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**CAMPO MOURÃO
2023**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por Sua orientação constante e Sua graça abundante ao longo dessa jornada. Sua presença em minha vida tem sido uma bênção inestimável, fortalecendo-me em momentos de dúvida e incerteza. Sou grato por Sua fidelidade e por me capacitar a perseverar e alcançar meus objetivos.

Minha amada mãe, Ceila Romano, e meu pai, Francisco Romano, meu coração transborda de gratidão por vocês. Seu amor incondicional, apoio e incentivo foram meu porto seguro durante toda essa jornada. Vocês foram meus maiores defensores, sempre acreditando em mim e me encorajando a nunca desistir. Agradeço por cada sacrifício que fizeram em prol do meu sucesso e por serem minha inspiração diária. Vocês são os pilares da minha vida, e sou eternamente grato por tudo o que fizeram e continuam fazendo por mim.

Aos meus irmãos, meu agradecimento por estarem sempre ao meu lado. Vocês são minha família, meu apoio constante, e sou grato por ter irmãos tão maravilhosos como vocês.

Minha professora Jucélia, não tenho palavras suficientes para expressar minha gratidão pela sua paciência e orientação ao longo deste processo. Agradeço por ter sido uma mentora incrível, por ter me ouvido atentamente e por ter compartilhado sua sabedoria e conhecimento de maneira generosa. Sua paciência e apoio foram inestimáveis e sempre vou valorizar o impacto positivo que você teve na minha jornada.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado em cada etapa dessa jornada, agradeço do fundo do coração. Sua amizade, risadas e apoio mútuo foram fundamentais para manter meu espírito elevado e minha motivação forte.

Agradeço, também, minha amada namorada Helen Sakuma. Seu amor, apoio e compreensão foram o combustível que me impulsionou durante todo o processo do TCC.

Por último, mas certamente não menos importante, agradeço a todos os meus professores que se fizeram presentes na minha vida acadêmica.

RESUMO

Tendo em vista que, pela falta de maturidade nas construções, pouco se fala sobre o desempenho das edificações, que deve ser pensado desde a fase de projeto, pesquisa-se sobre a aplicação da Norma de Desempenho 15575:2021 em um projeto elétrico unifamiliar, a fim de, após verificar os atendimentos da norma em questão, propor as adequações necessárias. Para tanto, foi necessário analisar um projeto elétrico, verificar quais itens estavam atendidos e para aqueles não atendidos, propor formas de se adequar a Norma de Desempenho. Foi feita uma pesquisa sobre quais assuntos um projetista eletricitista necessita ter conhecimento para atender todos os requisitos solicitados pela NBR 15575:2021. Ao verificar os itens necessários para o atendimento, nota-se que sempre que a Norma de Desempenho solicita o atendimento da NBR 5410:2004 em algum requisito, o projetista conseguiu atender de forma satisfatória, com apenas algumas ressalvas, mas quando o requisito não envolvia a NBR 5410:2004, ele não era atendido.

Palavras-chave: NBR 15575; projeto elétrico; desempenho de edificações.

ABSTRACT

Considering that, due to the lack of maturity in construction, little is said about the performance of buildings, which should be thought about from the design phase, this study investigates the application of performance standard 15575:2021 in a single-family electrical design, in order to, after verifying the fulfillment of the standard in question, propose the necessary adjustments. To do so, it is necessary to analyze an electrical project, check which items have already been met and for those that have not, propose ways to adapt to the performance standard. A research was done on what subjects an electrical designer needs to know in order to meet all the requirements requested by NBR 15575:2021. When verifying the necessary items for compliance, it was noted that whenever the performance standard requested compliance with NBR 5410:2004 in some requirement, the designer was able to meet it satisfactorily, with only a few exceptions, but when the requirement did not involve NBR 5410:2004, it was not met.

Keywords: NBR 15575; electrical design; building performance.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Formas de dimensionamento para dispositivos diferenciais residuais.....	35
Quadro 2: Suportabilidade a impulso exigível dos componentes da instalação	41
Quadro 3: Valor mínimo de U_c exigível do DPS, em função do esquema de aterramento.....	42
Quadro 4: Fator de potência em função da corrente de curto-circuito presumida (I_{k0})	44
Quadro 5: Dimensões dos eletrodutos corrugados de PVC	45
Quadro 6: Fatores de demanda de motores	51
Quadro 7: Resumo dos fatores de potência para residências	52
Quadro 8: Vida útil de projeto mínima e superior	56
Quadro 9: Atribuições do projetista de instalações elétrica: NBR 15575-1	59
Quadro 10: Atribuições ao projetista de instalações elétrica: NBR 15575-3	60
Quadro 11: Atribuições do projetista de instalações elétrica: NBR 15575-5	61
Quadro 12: Atribuições do projetista de instalações elétrica: NBR 15575-6	62
Quadro 13: Dimensionamento do DR presente no QD1	72
Quadro 14: Dimensionamento do DR presente no QD2	72
Quadro 15: Quadro resumo dos itens relacionados à dificultar o princípio do incêndio.....	75
Quadro 16: Atendimentos da NBR 15575-1.....	79
Quadro 17: Atendimentos da NBR 15575-3.....	82
Quadro 18: Atendimentos da NBR 15575-6.....	84
Quadro 19: Dimensionamento QD1	93
Quadro 20: Dimensionamento QD2	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Equipotencialização principal hipotética	22
Figura 2: Método de referência para condutores em eletrodutos em alvenaria	23
Figura 3: Método de referência para condutores em eletrodutos enterrados ...	23
Figura 4: Capacidades de condução de corrente, em ampères	24
Figura 5: Fatores de correção para temperaturas (FCT)	25
Figura 6: Fatores de correção de agrupamento (FCA)	26
Figura 7: Queda de tensão em V/A·km – Cabo 750 V	28
Figura 8: Seção mínima para o condutor de proteção	29
Figura 9: Seções mínimas de condutores de aterramento enterrados no solo.	30
Figura 10: Exemplo de valores comerciais de disjuntores termomagnéticos ...	32
Figura 11: Exemplo de curva de disparo magnético	33
Figura 12: Quadros de distribuição – Espaço de reserva	33
Figura 13: Valores comerciais para os dispositivos diferenciais residuais	36
Figura 14: Aterramento TN-S sem DPS no neutro	39
Figura 15: Aterramento TN-S com DPS no neutro	39
Figura 16: Aterramento TN-C-S sem DPS no neutro	40
Figura 17: Aterramento TN-C-S com DPS no neutro	40
Figura 18: Mapa de curvas isocerânicas e parâmetros de cálculo	43
Figura 19: Dimensões das fiações	46
Figura 20: Desvio nos eletrodutos	46
Figura 21: Exemplo do cálculo de carga instalada	48
Figura 22: Divisão das cargas em grupos	48
Figura 23: Fatores de demanda referentes a tomadas e iluminação residencial	49
Figura 24: Fatores de demanda de chuveiros, torneiras, aquecedores de água de água de passagem e ferros elétricos	49
Figura 25: Fatores de demanda de aquecedor central ou de acumulação (boiler)	50
Figura 26: Fatores de demanda de secadora de roupa, forno elétrico, máquina de lavar louças e micro-ondas	50
Figura 27: Fatores de demanda de fogões elétricos	50
Figura 28: Fatores de demanda para aparelhos de ar condicionado	51
Figura 29: Fatores de demanda de equipamentos especiais	52
Figura 30: Tabela de dimensionamento CPFL	53
Figura 31: Capacidade de curto-circuito em função da corrente nominal	54
Figura 32: Características técnicas dos DPS no padrão	54
Figura 33: Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF), em minutos	58
Figura 34: Carga total instalada	64
Figura 35: Fiação entre quadro de medição e quadro geral	64
Figura 36: Detalhamento de equipotencialização	65

Figura 37: Compartilhamento do condutor de proteção.....	66
Figura 38: Equipotencialização de tubulações metálicas.....	66
Figura 39: Lista de dispositivos de proteção do Térreo	67
Figura 40: Carga instalada - Iluminação e TUG	69
Figura 41: Carga instalada - Chuveiros	69
Figura 42: Carga instalada - Forno elétrico, Micro-ondas e lava-louças	70
Figura 43: Carga instalada - Aparelhos de ar condicionado	70
Figura 44: Carga instalada - Bombas hidráulicas	70
Figura 45: Eletroduto que vai para o QD2.....	73
Figura 46: Eletroduto mais carregado do Pavimento 1	73
Figura 47: Terceiro eletroduto mais carregado do projeto.....	74
Figura 48: Exemplo de especificação de eletrodutos em memorial descritivo ..	76
Figura 49: Uso do disjuntor em caso de sobrecarga momentânea	77
Figura 50: Planejamento da gestão das manutenções	77
Figura 51: Previsão para sistema fotovoltaico	78
Figura 52: Indicação para futura instalações de placas fotovoltaicas	78
Figura 53: Circuitos reservas para o QD1	79
Figura 54: Circuitos reservas para o QD2.....	79
Figura 55: Passagem de tubulação elétrica pela laje	81
Figura 56: Selagem corta-fogo a base de silicone	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BEP	Barramento de equipotencialização principal
DR	Dispositivo diferencial residual
EC	Condutor de equipotencialização
FCA	Fator de correção de agrupamento
FCT	Fator de correção de temperatura
NBR	Normas Brasileiras
PE	Condutor de proteção
VUP	Vida útil de projeto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral	14
2.2	Objetivos Específicos	14
3	JUSTIFICATIVA.....	15
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
4.1	ABNT NBR 15575:2021 – Norma de desempenho	17
4.1.1	Requisitos para os sistemas de pisos	18
4.1.2	Requisitos para os sistemas de coberturas	18
4.1.3	Requisitos para sistemas hidrossanitários	19
4.2	ABNT NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão	19
4.2.1	Equipotencialização.....	20
4.2.2	Dimensionamento dos condutores de fases e condutor neutro.....	22
4.2.3	Dimensionamento do condutor de aterramento e proteção.....	29
4.3	Dispositivos de proteção	30
4.3.1	Disjuntores termomagnéticos	30
4.3.2	Dispositivo diferencial residual	33
4.4	Proteção contra cargas atmosféricas.....	36
4.4.1	Aterramento TN-C	38
4.4.2	Aterramento TN-S	38
4.4.3	Aterramento TN-C-S.....	40
4.5	Seleção do DPS	41
4.5.1	Nível de proteção (Up)	41
4.5.2	Máxima tensão de operação contínua (Uc).....	42
4.5.3	Suportabilidade a tensões temporárias	42
4.5.4	Corrente nominal de descarga (I_n) e/ou de impulso (I_{imp})	42
4.5.5	Suportabilidade à curto-circuito	43
4.6	Eletroduto	45
4.7	Dimensionamento da entrada de serviço.....	47
4.7.1	Potência ou carga instalada	48
4.7.2	Demanda de utilização	48
4.7.3	Fator de demanda	49
4.7.4	Especificações da entrada de energia.....	52

4.7.5	Especificação da entrada de energia	53
4.8	Proteção contra riscos de ignição nas instalações elétricas	54
4.9	Segurança na utilização dos imóveis	55
4.10	Vida útil do projeto do edifício e dos sistemas que o compõe	56
4.10.1	Vida útil de projeto	56
4.10.2	Durabilidade	57
5	METODOLOGIA	59
5.1	Requisição do projeto elétrico	59
5.2	Análise do projeto	59
5.3	Indicações no projeto	62
6	RESULTADOS.....	63
6.1	Requisição do projeto elétrico	63
6.2	Análise do projeto elétrico de acordo com a NBR 15575:2021-1	63
6.2.1	Dificultar o princípio do incêndio.....	63
<u>6.2.1.1</u>	<u>Verificação de aterramento e equipotencialização</u>	<u>64</u>
<u>6.2.1.2</u>	<u>Dimensionamento dos DPS</u>	<u>66</u>
<u>6.2.1.3</u>	<u>Dimensionamento dos dispositivos de proteção</u>	<u>68</u>
<u>6.2.1.4</u>	<u>Cálculo da carga de curto-circuito presumida nos quadros de distribuição</u>	<u>74</u>
6.2.2	Segurança na utilização dos sistemas	76
6.2.3	Segurança na utilização das instalações.....	76
6.2.4	Vida útil do projeto do edifício e dos sistemas que o compõe	77
<u>6.2.4.1</u>	<u>Possibilidade de ampliação da unidade habitacional</u>	<u>77</u>
6.3	Análise do projeto elétrico de acordo com a NBR 15575:2021-3	80
6.3.1	Dificultar a propagação de incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação	81
<u>6.3.1.1</u>	<u>Selagem corta-fogo</u>	<u>81</u>
6.4	Análise do projeto elétrico de acordo com a NBR 15575:2021-5	83
6.5	Análise do projeto elétrico de acordo com a NBR 15575:2021-6	83
6.5.1	Riscos de choques elétricos e queimaduras	83
<u>6.5.1.1</u>	<u>Verificações de aterramento dos aparelhos aquecedores, eletrodomésticos e eletroeletrônicos</u>	<u>84</u>
<u>6.5.1.2</u>	<u>Verificações das correntes de fugas.....</u>	<u>84</u>
<u>6.5.1.3</u>	<u>Dispositivo de proteção para aquecedores de acumulação</u>	<u>84</u>
6.5.2	Temperatura de utilização de água	84
6.6	Principais itens obtidos	85

7	CONCLUSÃO	87
	REFERÊNCIAS.....	88
	APÊNDICE A – Dimensionamento de condutores e disjuntores.....	92
	APÊNDICE B – Resumo dos atendimentos.....	94
	ANEXO A – Projeto elétrico	98

1 INTRODUÇÃO

Em uma residência, as instalações elétricas presentes possuem diversos elementos, como condutores básicos até instalações mais complexas, sendo de grande importância, para o projetista eletricista, que tenha conhecimento sobre todos os componentes que fazem parte do sistema, para que assim, garanta a segurança e o conforto dos usuários (BARBOSA *et al.*, 2019).

Para isso, as normas técnicas trazem os critérios mínimos necessários para garantir a segurança e funcionalidade das instalações, porém, a interpretação das normas necessita que o leitor não seja leigo na área, para que não ocorra equívocos no entendimento (BARBOSA *et al.*, 2019).

Sendo um dos bens mais preciosos da humanidade, a eletricidade requer alguns cuidados, visto que o uso indevido e sem as instalações adequadas, pode vir a causar inúmeros acidentes. É importante ressaltar que as instalações elétricas é uma das etapas da construção com índice de acidentes elevados, tanto pela má execução, projeto mal dimensionado, ou até mesmo ausência dele, mão de obra desqualificada e mal uso do sistema (MAMEDE FILHO, 2010).

Por lei, o engenheiro civil possui a competência de realizar todos os projetos complementares, ou seja, o projeto elétrico pode ser elaborado por um profissional dessa área (ABENC, 2017).

As normas de desempenho possuem a função de complementar as normas técnicas já existentes, abordando conceitos que não são explorados nas normas prescritivas, como por exemplo a durabilidade dos sistemas das edificações, presente na NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a).

O bem-estar, o conforto e a segurança devem sempre ser levados em consideração desde a fase de projetos, então é essencial que o projetista de instalações elétricas conheça todas as normas necessária para se elaborar um projeto claro e conciso, além de conhecer os principais erros a fim de prevê-los e evitá-los (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

A fim de aplicar os conceitos da NBR 15575 e as demais normas vigentes, um projeto elétrico será analisado e adequado, nos pontos que forem necessários, ao longo deste trabalho.

2 OBJETIVOS

Esse capítulo visa apresentar os objetivos do trabalho de conclusão de curso.

2.1 Objetivo Geral

Verificar o atendimento da norma ABNT NBR 15.575:2021 – Norma de Desempenho, em um projeto elétrico de uma residência unifamiliar e propor adequações necessária.

2.2 Objetivos Específicos

- Requisitar um projeto elétrico de uma residência unifamiliar, para uma empresa de projetos de Campo Mourão – PR, elaborado após a aprovação da ABNT NBR 15.575:2021;
- Verificar o atendimento dos requisitos presentes na ABNT NBR 15.575:2021 no projeto elétrico, de acordo com GEALH (2018);
- Apresentar proposta de adequações necessárias para que o projeto elétrico respeite todas as solicitações das normas ABNT NBR 15.575:2021.

3 JUSTIFICATIVA

A palavra desempenho está ligada a se cumprir com a obrigação, satisfazer as expectativas e ter bons resultados. Quando esse termo é implementado à construção civil, pode se entender como construir da melhor forma possível, levando em consideração todos os sistemas que fazem parte da edificação, garantindo o funcionamento de forma correta e garantindo o conforto e segurança para os moradores da edificação (BORGES, 2008).

Aplicando essa ideia em projetos elétricos, muitos equipamentos, se negligenciados, podem causar riscos à vida humana, por exemplo o aquecimento de fios em um conduto mal dimensionado causando derretimento do plástico e gerando um curto-circuito (SATO; RAMOS, 2014).

Falta de aterramentos, materiais no mercado que não atendem as especificações da norma e dimensionamentos equivocados são algumas das falhas mais comuns nas instalações elétricas (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Outro exemplo que pode ser mencionado é em residências onde ao ligar o forno micro-ondas, a intensidade da iluminação diminui, causando desconforto ao usuário e deixando claro o não cumprimento da NBR 5410:2004 (SATO; RAMOS, 2014).

Segundo Cavalin e Cervelin (2006) a maioria das instalações não possuem condições mínimas de qualidade, sendo que muitas vezes, existem problemas graves e os usuários ficam expostos à riscos.

No Brasil é comum não se aplicar as normas no momento da execução das instalações e isso é o reflexo de um projeto sem indicações claras e precisas, abrindo brechas para improvisos do eletricista (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

“Por mais complexa que seja a instalação elétrica, (nova ou reformada) nada pode justificar o imprevisto” (CAVALIN; CERVELIN, 2006, p.387).

Esses problemas podem ser contornados com um bom projeto, sendo um projeto bem-sucedido, ou seja, alcançando suas metas e atendendo às expectativas dos usuários (KEELLING; BRANCO, 2018).

O conceito de comportamento de uso dos componentes e sistemas das edificações, abordado pela Norma de Desempenho, promove o amadurecimento e melhoria das habitações e, um dos atores mais importantes na indução dessa

melhoria, é o projetista, pois a ele compete as primeiras aplicações da NBR 15575 (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013).

A pesquisa foi realizada a fim de verificar a maturidade da construção civil, no âmbito do atendimento aos critérios da Norma de Desempenho relacionados aos sistemas elétricos. Com esse trabalho pode-se contribuir para o entendimento dos projetistas eletricitistas em relação ao cumprimento dos requisitos na NBR 15575.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse capítulo visa abordar o referencial teórico para a realização do trabalho de pesquisa.

4.1 ABNT NBR 15575:2021 – Norma de desempenho

Normas de Desempenho buscam atender os requisitos dos usuários e a NBR 15575:2021 se faz responsável pela edificação e seus sistemas, transformando os requisitos dos usuários em requisitos e critérios (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a).

A NBR 15575 busca o avanço na qualidade de produção habitacional, mudanças na cultura da engenharia habitacional, com um olhar mais refinado e criterioso em todas as etapas do empreendimento, desde a concepção do projeto (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013).

É de grande importância ressaltar que essa é uma norma considerada complementar às normas prescritivas, ou seja, ela vem para auxiliar várias normas já existentes, mas quando houver um requisito na NBR 15.575:2021 o mesmo tema for abordado em outra norma, deve ser considerado aquela que for mais rigorosa (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a).

Segundo a NBR 15575-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a), a durabilidade dos sistemas, a manutenção da edificação, o conforto que se espera em uma residência, são exemplos de conceitos explorados na norma, que muitas vezes não são encontradas nas normas prescritivas.

A norma de desempenho, NBR 15575-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a), se encontra dividida em seis partes, sendo elas:

- Parte 1: Requisitos gerais
- Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE;
- Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- Parte 6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

Cada parte da NBR 15575 tem uma divisão visando a organização dos elementos da construção, que percorre uma sequência de exigências à segurança, habitualidade e sustentabilidade (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013).

Segundo Gealh (2018), o projetista eletricitista precisa atender diversos pontos espalhados pelas diversas partes da NBR 15575, mais especificamente nas partes 1, 3, 5 e 6.

4.1.1 Requisitos para os sistemas de pisos

A NBR 15575-3 Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 3: Requisitos para os Sistemas de Pisos, apresenta critérios e requisitos que devem ser aplicados nos sistemas de pisos das habitações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021b).

Em relação aos projetos elétricos, a NBR 15575 apresenta requisitos importantes a serem seguidos pelo projetista eletricitista, como a aplicação de materiais que não gere fumaças agressivas em caso de incêndios (GEALH, 2018).

Além disso, em alguns casos, é necessário que seja projetado mais sistemas para garantir a segurança, como sistemas de detecção de fumaças e alarmes de incêndios (GEALH, 2018).

Alguns sistemas, apesar de garantirem a segurança, não necessitam ser instalados em edificações unifamiliares, devendo ser consultado a legislação vigente na região, como é o caso do Decreto 63.911, que isenta edificações unifamiliares de instalarem alarmes de incêndio no estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2018).

Conforme observado na tese de Gealh (2018), toda ação do projetista eletricitista da terceira parte da NBR 15575 está localizada no item 8.3, onde o tema trata de dificultar a propagação de incêndios e fumaças.

4.1.2 Requisitos para os sistemas de coberturas

A NBR 15575-5 Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 5: Requisitos para os Sistemas de coberturas, é focada nos sistemas de coberturas para edificações habitacionais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021c).

Essa parte da norma apresenta alguns itens importantes para o projetista eletricitista, onde, ao analisar as tabelas presentes na tese de Gealh (2018), é possível notar que grande parte dos itens, recorrem ao atendimento da NBR 5419.

Além disso, deve conter no projeto elétrico como deve ser executado o sistema de aterramento da cobertura, quando houver telhas e/ou estruturas metálicas, pois o atrito do vento pode fazer com que seja acumulada cargas eletrostáticas e, também, evitar a corrosão dos materiais, caso haja contato com componentes eletrizado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021c).

4.1.3 Requisitos para sistemas hidrossanitários

Na sexta parte da Norma de Desempenho, NBR 15575-6 Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 6: Requisitos para os Sistemas hidrossanitários, apresenta requisitos e critérios a serem seguidos para os sistemas hidrossanitários (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021d).

Apesar de estar sendo especificado itens dos sistemas hidrossanitários, há equipamentos elétricos no sistema, como chuveiros e aquecedores de acumulação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021d).

Para o projetista eletricitista, é importante que seja atendidos requisitos sobre aterramento dos equipamentos elétricos, eliminando os riscos de choques e queimaduras, além de verificar se há corrente de fuga nos equipamentos, após a instalação realizada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021d).

Outro fator a ser analisado é quando a edificação possui sistema de água quente, pois o projetista eletricitista deve prever formas da água possuir temperaturas menores que 50°C no ponto de utilização (GEALH, 2018).

Os sistemas elétricos das edificações habitacionais fazem parte de um conjunto mais amplo de normas e, portanto, os requisitos de desempenho para esses sistemas não são estabelecidos na ABNT NBR 15575 (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013, p. 226).

Por tanto, se faz necessário os estudos da NBR 5410:2004, para que seja possível atender a NBR 15575:2021.

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

A norma ABNT NBR 5410 é uma norma prescritiva, tendo como base a norma europeia IEC 60634, responsável pelas instalações elétricas de baixa tensão,

estabelecendo condições para garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento das instalações e conservação dos bens (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

As edificações residenciais brasileiras, em suas instalações elétricas, têm seus componentes dimensionados segundo a NBR 5410, pois se tratam de instalações elétricas de baixa tensão (BARBOSA *et al.*, 2019).

É necessário que se sigam alguns princípios fundamentais para que a norma ABNT NBR 5410:2004 seja atendida, sendo eles (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004):

- a) Proteção contra choques elétricos;
- b) Proteção contra efeitos térmicos;
- c) Proteção contra sobrecorrentes;
- d) Circulação de corrente de falta;
- e) Proteção contra sobretensão;
- f) Serviços de segurança;
- g) Desligamento de emergência;
- h) Seccionamento;
- i) Independência da instalação elétrica;
- j) Acessibilidade dos componentes;
- k) Seleção dos componentes;
- l) Prevenção de efeitos danosos ou indesejados;
- m) Instalação dos componentes;
- n) Verificação da instalação;
- o) Qualificação profissional.

4.2.1 Equipotencialização

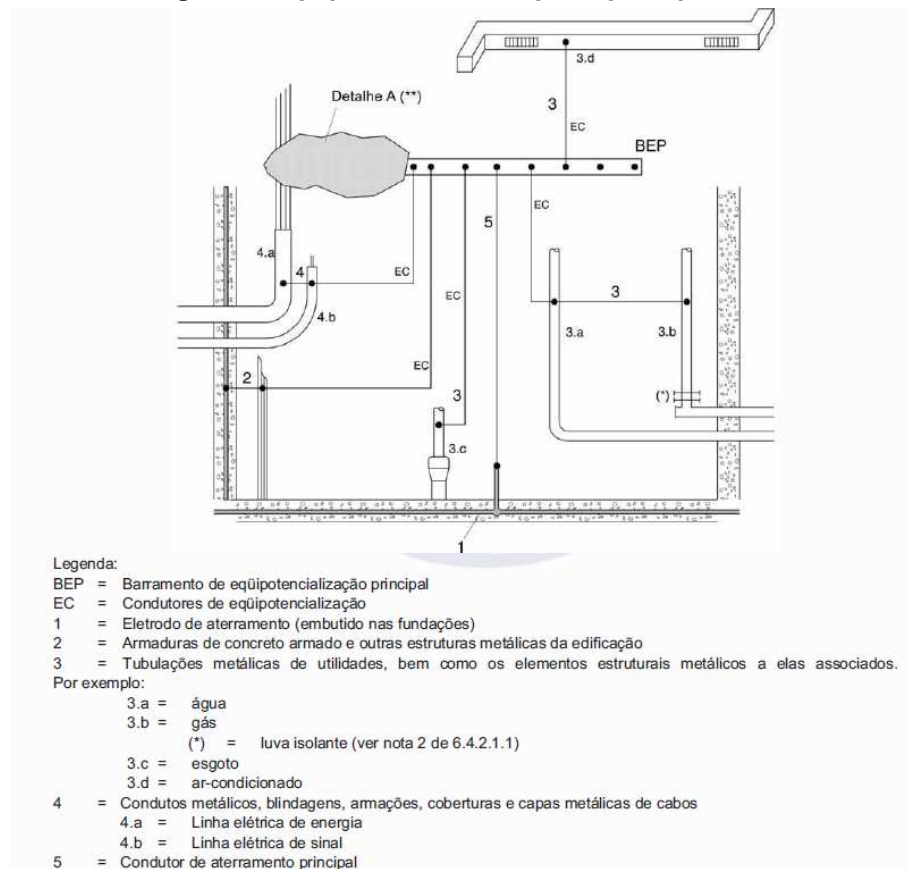
Todos os elementos metálicos de uma edificação, precisa estar no mesmo potencial elétrico, então é necessário que, de alguma forma, essas massas sejam conectadas e ligadas ao barramento de proteção principal (BEP) por meio de condutores de equipotencialização (EC). Esse seria o princípio básico de uma equipotencialização (LIMA FILHO, 2011).

Os elementos que devem ser equipotencializados, são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 145):

- a) as armaduras de concreto armado e outras estruturas metálicas da edificação;
- b) as tubulações metálicas de água, de gás combustível, de esgoto, de sistemas de ar-condicionado, de gases industriais, de ar comprimido, de vapor etc., bem como os elementos estruturais metálicos a elas associados;
- c) os condutos metálicos das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- d) as blindagens, armações, coberturas e capas metálicas de cabos das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- e) os condutores de proteção das linhas de energia e de sinal que entram e/ou saem da edificação;
- f) os condutores de interligação provenientes de outros eletrodos de aterramento porventura existentes ou previstos no entorno da edificação;
- g) os condutores de interligação provenientes de eletrodos de aterramento de edificações vizinhas, nos casos em que essa interligação for necessária ou recomendável;
- h) o condutor neutro da alimentação elétrica, salvo se não existente ou se a edificação tiver que ser alimentada, por qualquer motivo, em esquema TT ou IT;
- i) o(s) condutor(es) de proteção principal(is) da instalação elétrica (interna) da edificação.

De forma genérica, a NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), apresenta uma imagem para mostrar a equipotencialização das massas.

Figura 1: Equipotencialização principal hipotética



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004, p. 198.

4.2.2 Dimensionamento dos condutores de fases e condutor neutro

Os condutores são dimensionados para que atuem abaixo do limite de temperatura, abaixo do limite de queda de tensão, suportem correntes maiores que os dispositivos de proteção e suporte uma corrente de curto-circuito por um tempo (CRUZ; ANICETO, 2012).

É preciso se atentar sobre a queda de tensão, dos circuitos terminais, não deve ter seção menor que 1,5 mm² para iluminação e 2,5 mm² para tomadas. Além disso, o valor da queda de tensão não pode ultrapassar 4%, considerando o quadro de medição como ponto inicial (BARBOSA *et al.*, 2019).

Inicialmente é elaborado o cálculo da corrente de projeto (I_p) que é calculada pelas seguintes equações (CRUZ; ANICETO, 2012):

$$I_p = \frac{P}{V} \quad (1)$$

em casos monofásicos e bifásicos e

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} * V} \quad (2)$$

para sistemas trifásicos, onde:

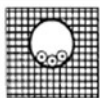
I_p = corrente de projeto (A);

V = tensão entre condutores do circuito (V);

P = potência do circuito (W)

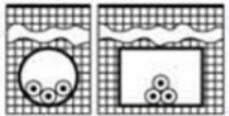
Como os condutores precisam estar abaixo do limite de temperatura, é importante prever o local que serão instalados, pois isso influencia na troca de calor com o ambiente. Por esse motivo, a NBR 5410, determina a capacidade de condução de corrente (I_z) das fiações baseados no tipo de linha elétrica, sendo a embutida em alvenaria a mais comum nas residências, cujo método de referência é B1 e, alguns exemplos são representados nas Figuras 2 e 3 (CRUZ; ANICETO, 2012):

Figura 2: Método de referência para condutores em eletrodutos em alvenaria

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

Figura 3: Método de referência para condutores em eletrodutos enterrados

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
61A		Cabos unipolares em eletroduto(de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a) ⁶⁾	D

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

Após a determinação da linha elétrica, é possível determinar a capacidade de condução de corrente (I_z) analisando a Figura 4 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004):

Figura 4: Capacidades de condução de corrente, em ampères

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

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

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	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

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

Com os valores da corrente de projeto (I_p) determinados para cada circuito terminal, é necessário aplicar os fatores de correção, para adequar cada caso às suas condições e comparar com a os valores da Figura 4 (LIMA FILHO, 2011).

São dois fatores de correção que precisam ser levados em consideração, o fator de correção de temperatura (FCT) e o fator de correção de agrupamento (FCA) (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

A NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), apresenta uma tabela com os FCT, que deve ser consultada para temperaturas ambientes diferentes de 30° e temperatura do solo diferente de 20°.

Figura 5: Fatores de correção para temperaturas (FCT)

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

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004, p. 106.

Quando vários circuitos são instalados em um mesmo eletroduto, é preciso considerar o calor gerado pelos demais circuitos presentes e, para isso, se aplica o fator correção de agrupamento (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Figura 6: Fatores de correção de agrupamento (FCA)

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: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

Utilizando os valores das tabelas, se encontra o valor da corrente corrigida (I_p'), pela Equação 3 e compara-se esse valor com a capacidade de condução de corrente (I_z) (CRUZ; ANICETO, 2012):

$$I_p' = \frac{I_p}{FCA * FCT} \quad (3)$$

Consultando a Figura 4, deve-se encontrar uma seção nominal que respeite a Equação 4:

$$I_z \geq I_p' \quad (4)$$

Assim que dimensionado a seção pelo critério da capacidade de corrente, é necessário que faça o dimensionamento pelo critério do limite da queda de tensão e adote a maior seção encontrada entre os dois critérios. Lembrando que é preciso respeitar as dimensões mínimas citadas na NBR 5410 (CRUZ; ANICETO, 2012).

A queda de tensão é provocada pela resistência dos condutores elétricos e, em casos onde a corrente necessita percorrer uma grande distância, a tensão que chega no equipamento pode ser menor do que os nominais, podendo danificar os equipamentos, além de não funcionarem satisfatoriamente (LIMA FILHO, 2011).

Alguns valores de queda de tensão são tolerados pela NBR 5410 e não devem possuir valores maiores que (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 115):

- a) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);
- b) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;

- c) 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- d) 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.

Em circuitos terminais, ou seja, do quadro de medição até o ponto de utilização, os valores da queda de tensão não pode ser superior a 4% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

O cálculo da queda de tensão pode ser feito de várias maneiras, mas há duas maneiras muito usadas e apresentadas por Cavalin e Cervelin (2006):

- a) Método da queda de tensão unitária;
- b) Método da queda de tensão trecho a trecho.

O método da queda de tensão unitária se inicia estabelecendo o limite da queda de tensão percentual ($\Delta V\%_{m\acute{a}x}$), com os dados da NBR 5410 e, em seguida, calcula-se o valor da queda de tensão unitária (ΔV_u) pela Equação 5 (CRUZ; ANICETO, 2012):

$$\Delta V_u = \frac{\Delta V\%_{m\acute{a}x} * V}{100 * I_p * L} \quad (5)$$

Onde:

ΔV_u = queda de tensão unitária (V/A x km);

$\Delta V\%_{m\acute{a}x}$ = limite de queda de tensão, conforme NBR 5410;

V = tensão entre fase e neutro (V);

I_p = corrente de projeto do circuito (A);

L = comprimento (km).

Após determinar o valor de ΔV_u , consulta-se a Figura 7 e escolhe a seção nominal que tenha um valor abaixo do calculado (CRUZ; ANICETO, 2012).

Figura 7: Queda de tensão em V/A·km – Cabo 750 V

Seção nominal (mm²)	Eletroduto e eletrocalha ⁽¹⁾ (material magnético)		eletroduto e eletrocalha ⁽¹⁾ (material não magnético)			
	Circuitos monofásico e trifásico		Circuito monofásico		Circuito trifásico	
	FP = 0,80	FP = 0,95	FP = 0,80	FP = 0,95	FP = 0,80	FP = 0,95
1,5	23,00	27,4	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14,00	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9,00	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15
6	5,87	7,00	6,03	7,07	5,25	6,14
10	3,54	4,20	3,63	4,23	3,17	3,67
16	2,27	2,70	2,32	2,68	2,03	2,33
25	1,50	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09
50	0,86	0,95	0,85	0,94	0,76	0,82
70	0,64	0,67	0,62	0,67	0,55	0,59
95	0,50	0,51	0,48	0,50	0,43	0,44
120	0,42	0,42	0,40	0,41	0,36	0,36
150	0,37	0,35	0,35	0,34	0,31	0,30
185	0,32	0,30	0,30	0,29	0,27	0,25
240	0,29	0,25	0,26	0,24	0,23	0,21
300	0,27	0,22	0,23	0,20	0,21	0,18
400	0,24	0,20	0,21	0,17	0,19	0,15
500	0,23	0,19	0,19	0,16	0,17	0,14

Fonte: Cruz e Aniceto, 2012, p. 343.

O valor de FP na tabela, representa o fator de potência médio do circuito, sendo, normalmente 0,95 para circuitos terminais e 0,80 para motores e lâmpadas de descarga (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

O método da queda de tensão de trecho a trecho utiliza uma variação da Equação 5, adotando um valor fixo para ΔV_u , de acordo com o dimensionamento da capacidade de condução de corrente e encontrando um valor de $\Delta V\%$ para cada trecho, utilizando a Equação 6, onde a soma das porcentagens encontradas, deve ser menor que a imposta pela NBR 5410, como apresentado na Equação 7 (CRUZ; ANICETO, 2012).

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V_u * 100 * I_p * L}{V} \quad (6)$$

$$\sum \Delta V\% \leq 4\%, \text{ a partir do quadro de medição} \quad (7)$$

O condutor neutro deve possuir a mesma seção dos condutores de fase e, para cada circuito monofásico, é necessário um condutor neutro individual saindo do barramento de neutro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

4.2.3 Dimensionamento do condutor de aterramento e proteção

Diferente do condutor neutro, o condutor de proteção não necessita ser da mesma seção que o condutor de fase, mas é dimensionado de acordo com o resultado obtido para seção das fases, pela Figura 8 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004):

Figura 8: Seção mínima para o 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: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004, p. 150.

A Figura 8 só pode ser utilizada em casos onde todas as fiações possuírem o mesmo material de fabricação, o que ocorre praticamente em todas as instalações residenciais (CRUZ; ANICETO, 2012).

O condutor de proteção pode ser comum a dois ou mais circuitos, mas, para isso, as fases dos circuitos precisam estar em um mesmo eletroduto e a seção para o dimensionamento deve ser baseada na maior bitola presente no eletroduto, desde que seja observada a Equação 8 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

$$S = \frac{\sqrt{I^2 * t}}{k} \quad (8)$$

Onde:

S = seção do condutor (mm^2);

I = é o valor eficaz da corrente de falta presumida, considerando falta direta (A);

t = tempo de atuação do dispositivo de proteção responsável pelo seccionamento automático (s);

$k = 133$, para condutores de cobre com isolamento PVC, até 300 mm^2 .

O condutor de aterramento, que interliga o BEP e o eletrodo de aterramento, é dimensionado da mesma maneira, quando houver proteção mecânica e à corrosão (CRUZ; ANICETO, 2012).

Quando o condutor estiver enterrado no solo, deve se utilizar as seções mínimas apresentadas na Figura 9 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004):

Figura 9: Seções mínimas de condutores de aterramento enterrados no solo

	Protegido contra danos mecânicos	Não protegido contra danos mecânicos
Protegido contra corrosão	Cobre: 2,5 mm ² Aço: 10 mm ²	Cobre: 16 mm ² Aço: 16 mm ²
Não protegido contra corrosão	Cobre: 50 mm ² (solos ácidos ou alcalinos) Aço: 80 mm ²	

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004, p. 145.

4.3 Dispositivos de proteção

Com o propósito de garantir a segurança das pessoas, animais domésticos e bens, a NBR 5410 estabelece prescrições e recomendações sobre os dispositivos de proteção (CRUZ; ANICETO, 2012).

Esses dispositivos têm como objetivo (LIMA FILHO, 2011):

- Proteção contra sobre correntes e incêndios: Disjuntores termomagnéticos;
- Proteção contra choques elétricos: Dispositivo diferencial residual;
- Proteção contra surtos atmosféricos: DPS.

4.3.1 Disjuntores termomagnéticos

O disjuntor termomagnético pode trabalhar com dispositivo de manobra, ou seja, abrindo e fechando o circuito, como proteção contra curto circuito e contra sobrecarga (COTRIM, 2008).

É importante garantir as condições ideais de funcionamento do sistema, protegendo a rede e os equipamentos de qualquer acidente causado por alteração de corrente, podendo até gerar incêndios (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Os disjuntores podem possuir diferente números de polos, podendo ser unipolar, bipolar ou tripolar (CRUZ; ANICETO, 2012).

Outra classificação que pode ser feita em relação aos disjuntores é a curva do dispositivo, que relaciona o tempo de atuação com a corrente, podendo ser curva B, curva C ou curva D (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Cada tipo e curva, possui uma aplicação diferente (CRUZ; ANICETO, 2012):

- a) Curva B: o disparo instantâneo ocorre para correntes de circuitos de 3 a 5 vezes maior que a corrente nominal (I_n). É comumente usado em cargas resistivas, como chuveiro e lâmpadas incandescentes;
- b) Curva C: o disparo instantâneo ocorre para correntes de circuitos de 5 a 10 vezes maior que a corrente nominal (I_n). É comumente usado em cargas levemente indutivas, como lâmpadas incandescentes, pequenos motores e tomadas;
- c) Curva D: o disparo instantâneo ocorre para correntes de circuitos de 10 a 20 vezes maior que a corrente nominal (I_n). É comumente usados em cargas sujeitas a picos elevados de corrente ou para motores que alta corrente de partida.

A NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) apresenta as Equações 9 e 10 que devem ser satisfeitas para dimensionar um disjuntor:

$$I_p \leq I_n \leq I_z \quad (9)$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_z \quad (10)$$

Onde:

I_p = corrente de projeto do circuito (A);

I_n = corrente nominal do dispositivo de proteção (A);

I_z = capacidade de condição de corrente (A);

I_2 = corrente convencional de atuação (A).

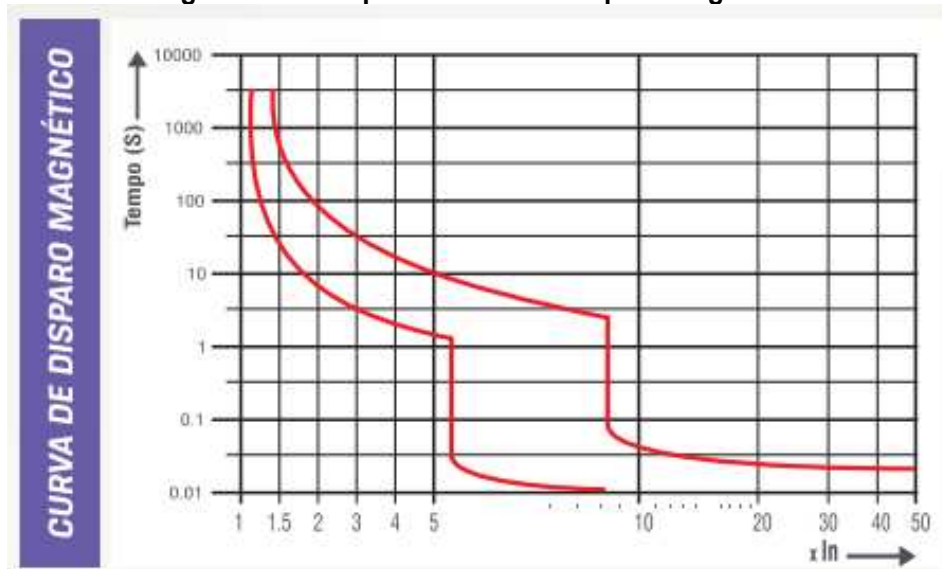
O valor de I_2 pode ser considerado 1,35 vezes o valor de I_n , devendo ser consultado o fabricante para determinação desses dois parâmetros (LIMA FILHO, 2011).

Figura 10: Exemplo de valores comerciais de disjuntores termomagnéticos

Número de polos	Corrente nominal [In]	Capacidade de Interrupção [kA]	
		3kA	6kA
1P monopolar	A	DT3-E1C6	--
	10A	DT3-E1C10	--
	16A	DT3-E1C16	--
	20A	DT3-E1C20	--
	25A	DT3-E1C25	--
	32A	DT3-E1C32	--
	40A	DT3-E1C40	--
	50A	DT3-E1C50	DT6-E1C50
	63A	DT3-E1C63	DT6-E1C63
	70A	DT3-E1C70	DT6-E1C70
	80A	DT3-E1C80	--
	100A	DT3-E1C100	--
2P bipolar	125A	DT3-E1C125	--
	6A	DT3-E2C6	--
	10A	DT3-E2C10	--
	16A	DT3-E2C16	--
	20A	DT3-E2C20	--
	25A	DT3-E2C25	--
	32A	DT3-E2C32	--
	40A	DT3-E2C40	--
	50A	DT3-E2C50	DT6-E2C50
	63A	DT3-E2C63	DT6-E2C63
	70A	DT3-E2C70	DT6-E2C70
	80A	DT3-E2C80	--
3P tripolar	100A	DT3-E2C100	--
	125A	DT3-E2C125	--
	6A	DT3-E3C6	--
	10A	DT3-E3C10	--
	16A	DT3-E3C16	--
	20A	DT3-E3C20	--
	25A	DT3-E3C25	--
	32A	DT3-E3C32	--
	40A	DT3-E3C40	--
	50A	DT3-E3C50	DT6-E3C50
	63A	DT3-E3C63	DT6-E3C63
	70A	DT3-E3C70	DT6-E3C70
	80A	DT3-E3C80	--
	100A	DT3-E3C100	--
	125A	DT3-E3C125	--

Fonte: Adaptado de Enerbras, 2022.

Figura 11: Exemplo de curva de disparo magnético



Fonte: Adaptado de Enerbras, 2022.

A NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), prevê que seja contabilizado espaços extras no quadro de distribuição, em caso de ampliações futuras, e a decisão do número de espaços é em função dos circuitos projetados (Figura 12).

Figura 12: Quadros de distribuição – Espaço de reserva

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

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004, p. 157.

4.3.2 Dispositivo diferencial residual

Os dispositivos diferenciais residuais, também são conhecidos como DRs, são utilizados no mundo todo como um meio de proteção contra choques elétricos, tanto para contatos diretos, quanto para contatos indiretos (COTRIM, 2008).

Segundo a NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), contatos diretos são aqueles em que o contato se dá diretamente

a um condutor carregado, já o indireto, é quando o contato se dá em um condutor que não era pra estar carregado, como a carcaça metálica de um aparelho, por exemplo.

O DR consegue fazer uma soma fasorial e, se essa soma estiver maior que o valor permitido, o dispositivo atua interrompendo a corrente (COTRIM, 2008).

De maneira mais simples, a corrente que passa pelo condutor da linha de alimentação, deve ser a mesma que passa pelo outro condutor de linha, caso haja uma fuga, as correntes dos dois condutores serão diferentes (CRUZ; ANICETO, 2012).

Esses dispositivos podem ser encontrados com duas variações, em relação aos seus polos, sendo bipolar, para circuitos apenas com fase e neutro, e tetrapolar, quando o circuito protegido tem mais de uma fase e o neutro (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Outra classificação usada é em relação as funções do DR (CRUZ; ANICETO, 2012).:

- a) Interruptor DR: possui a função de manobra e proteção contra choques elétricos;
- b) Disjuntor DR: além das funções do interruptor DR, também acumula funções de um disjuntor termomagnético, atuando, também, contra sobrecargas e curto-circuito.

Independentemente do dispositivo DR, ele pode ser utilizado em um único circuito terminal ou em um conjunto de circuitos (CRUZ; ANICETO, 2012).

A utilização do dispositivo diferencial residual de alta sensibilidade, que detecta fugas de correntes menores que 30 mA ($I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$), é obrigatória para aterramentos do tipo TT e para os seguintes casos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004):

- a) Em circuitos que alimentem pontos em locais contendo banheira ou chuveiro;
- b) Em circuitos de tomadas de corrente em áreas externas à edificação ou internas que possam alimentar equipamentos externamente;
- c) Em circuitos que alimentem pontos situados em cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas;
- d) Para circuitos com tomadas de correntes, a corrente nominal não deve ser superior a 32 A.

A NBR 15575-6 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021d), exige que sejam medidas as fugas de correntes após a execução das instalações, e limita as fugas em 15 mA nos aparelhos, como por exemplo, em um chuveiro.

Para o seu dimensionamento, deve-se verificar qual circuito ou grupo de circuitos estão fazendo a proteção, pois, para cada caso, deve ser pensado de formas distintas, como demonstra o Quadro 1 (ALTO QI, 2022).

Quadro 1: Formas de dimensionamento para dispositivos diferenciais residuais

LOCAL DE INSTALAÇÃO	DIMENSIONAMENTO
Barramento principal	Deve ser dimensionado de acordo com a corrente de projeto do quadro, encontrando a fase com a maior corrente
Circuito individual	Dever ser usado como base o disjuntor de proteção do circuito e adotar um DR com corrente nominal maior ou igual a do disjuntor
Grupo de circuitos	Deve ser feita uma soma escalar das correntes de projeto dos circuitos protegidos e, quando estiver protegendo equipamentos ligados em fases diferentes, adotar aquela com maior valor

Fonte: Alto Qi, 2022.

Assim como os disjuntores termomagnéticos, devem ser especificados de acordo com a corrente nominal comercial, exemplificado pela Figura 13 (CRUZ; ANICETO, 2012).

Figura 13: Valores comerciais para os dispositivos diferenciais residuais

	
BIPOLAR [2P] (embalagem c/ 1 peça)	
CORRENTE DE SENSIBILIDADE [mA]	
30mA	
CORRENTE NOMINAL [A]	CÓDIGO
25	IDR30-E2/25
40	IDR30-E2/40
63	IDR30-E2/63
80	IDR30-E2/80

	
TETRAPOLAR [4P] (embalagem c/ 1 peça)	
CORRENTE DE SENSIBILIDADE [mA]	
30mA	
CORRENTE NOMINAL [A]	CÓDIGO
25	IDR30-E4/25
40	IDR30-E4/40
63	IDR30-E4/63
80	IDR30-E4/80
100	IDR30-E4/100

Fonte: Adaptado de Enerbras, 2022.

4.4 Proteção contra cargas atmosféricas

O Brasil é atingido por, em média, 60 milhões de raios por ano, sendo o território com mais incidência de raios, então, se faz necessário meios de proteger as edificações das descargas atmosféricas (SIEMENS, 2021).

Segundo a NBR 5419-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015a), um dos efeitos das descargas atmosféricas é o incêndio, então, para evitar que ocorra esse evento, é necessário o dimensionamento e instalação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, também conhecido por SPDA.

O SPDA tem como função geral captar as correntes elétricas provenientes dos raios e, com segurança, direcioná-las para o sistema de aterramento da edificação (SOUZA *et al.*, 2014).

Para assegurar que as descargas atmosféricas vão direto para o solo, é recomendado, a utilização de um dos três subsistemas (SOUZA *et al.*, 2014):

- Método Franklin;
- Método das esferas rolantes;
- Método das malhas.

Além dos três métodos de captação das descargas atmosféricas, é necessário a utilização de condutores para levar a corrente até os sistemas de aterramento e, os sistemas mais recomendados, são (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004. p. 142):

- a) Uso das próprias armaduras da fundação de concreto;
- b) Uso de fitas, barras ou cabos metálicos, imersos no concreto das fundações e previstos anteriormente;
- c) Uso de malhas metálicas enterradas, no nível das fundações, cobrindo a área da edificação e complementadas, quando necessário, por hastes verticais e/ou cabos dispostos radialmente;
- d) Uso de anel metálico enterrado, ao redor de todo o perímetro da edificação e sendo complementado, se houver necessidade, por hastes verticais e/ou cabos dispostos no perímetro.

Segundo Machado (2017) o aterramento possui a função de conduzir as descargas elétricas de qualquer origem, inclusive a provenientes de descargas atmosféricas.

A ligação entre o eletrodo de aterramento e o barramento de equipotencialização principal, dever ser feito da seguinte maneira (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004. p. 145):

- a) o primeiro elemento, que realiza a derivação do eletrodo para fora do concreto, deve ser constituído por barra de aço zincada, com diâmetro de no mínimo 10 mm, ou fita de aço zincada de 25 mm x 4 mm e ligada ao eletrodo por solda elétrica. A barra ou fita deve ser protegida contra corrosão;
- b) o segundo elemento, destinado a servir como ponto de conexão do condutor de aterramento, deve ser constituído por barra ou condutor de cobre, ligado ao primeiro elemento por solda exotérmica (ou processo equivalente do ponto de vista elétrico e da corrosão).

Apesar da importância, nem todas as edificações precisam de um SPDA instalado, a sua necessidade vem da análise de riscos de acordo com a NBR 5419-2 (SOUZA *et al.*, 2014).

A análise para verificar a necessidade da instalação de um SPDA é algo complexo, possuindo muitos fatores a serem levados em consideração, como o ponto de impacto, os tipos de danos, tipos de perdas e tipos de riscos. Todos esses e outros fatores são utilizados para calcular os riscos e, assim, determinar o nível de proteção necessária para aquela edificação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015a).

Segundo o decreto estadual de São Paulo (SÃO PAULO, 2018), que institui as normas no âmbito de fiscalização e execução das medidas de prevenção de combate a incêndio em edificações, o SPDA não é um sistema obrigatório em residências unifamiliares.

Outro fator para ser levado em consideração é o valor da carga instalada na edificação, que se for superior a 75kW, o SPDA deverá ser instalado (BRASIL, 2004).

Também é importante a proteção dos equipamentos, que são feitos pelos dispositivos de proteção contra surtos (DPS), e devem ser dimensionados de acordo

com alguns parâmetros, como tensão entre fase e neutro, local da edificação, suportabilidade à corrente de curto-circuito, bem como o tipo de aterramento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

A NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), traz diferentes tipos de aterramento, sendo elas:

- a) Aterramento TT: neste tipo de ligação, cada equipamento é ligado diretamente em um eletrodo exclusivo e o ponto de neutro vindo do transformador, não é conectado direto à terra. Esse esquema é utilizado em instalações passíveis de grandes fugas de correntes;
- b) Aterramento IT: neste tipo de ligação, assim com o esquema TT, o neutro do transformador não é ligado direto à terra e a diferença está no uso de uma impedância de valor elevado no aterramento, fazendo com que a rede não seja desligada facilmente;
- c) Aterramento TN: neste tipo de ligação, o neutro e o terra são aterrados nos mesmos eletrodos, ficando assim, equipotencializados. A norma apresenta 3 variações desse sistema, sendo o TN-C, TN-S e TN-C-S.

Quando se trata de uma instalação de baixa tensão, o aterramento mais comum, no Brasil, é o sistema TN e suas variações (COSTA; MORENO, 2018).

4.4.1 Aterramento TN-C

Nesta variação de aterramento TN, o condutor neutro e o condutor de proteção (PE), são combinados em um único condutor e passa a ser referenciado com PEN (SOUZA *et al.*, 2014).

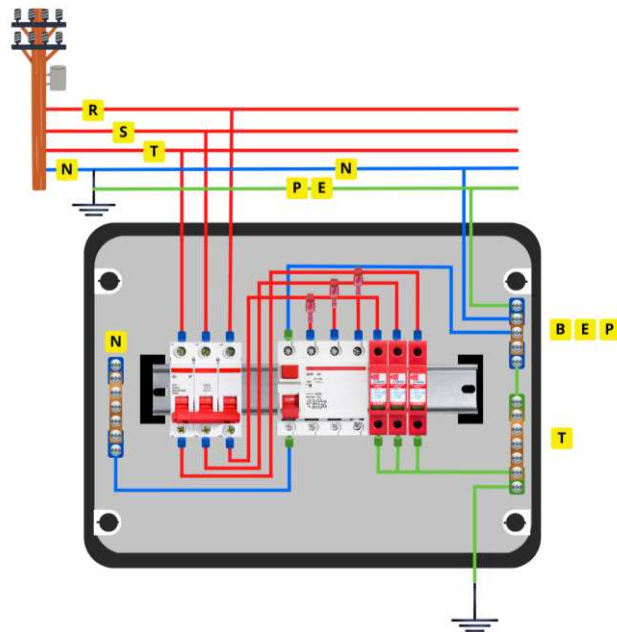
A NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), proíbe o uso do dispositivo diferencial residual (DR) para aterramentos TN-C. Para isso é necessário a instalação de uma das outras variantes de aterramento TN.

4.4.2 Aterramento TN-S

Nesta variação de aterramento TN, o condutor neutro e o condutor de proteção (PE), não são combinados em um único condutor e são equipotencializados na haste de aterramento da concessionária e no barramento de proteção principal (BEP) (SOUZA *et al.*, 2014).

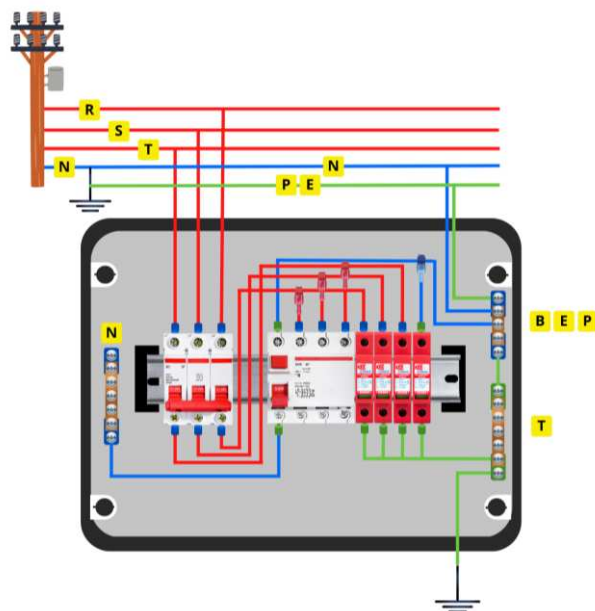
A NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), exige que tenha, no mínimo um DPS para cada fase, ou seja, não há a necessidade de um DPS para o condutor neutro, podendo ou não ser instalado. Isso ocorre pelo fato do neutro já estar conectado ao eletrodo de aterramento da edificação.

Figura 14: Aterramento TN-S sem DPS no neutro



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 15: Aterramento TN-S com DPS no neutro



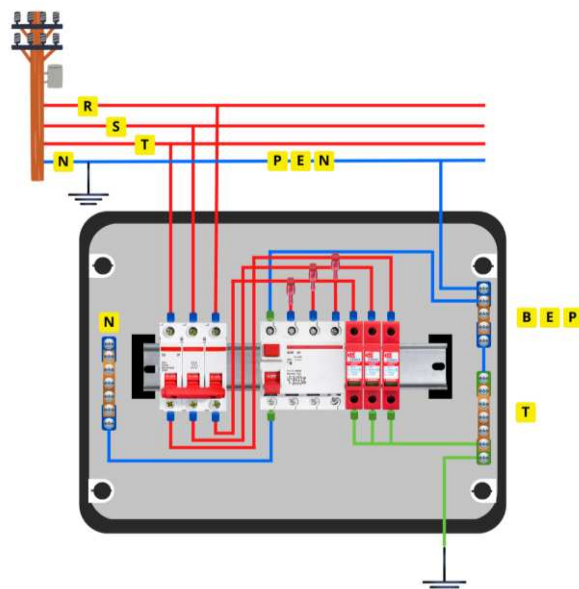
Fonte: Autoria própria, 2023.

4.4.3 Aterramento TN-C-S

Esta variação de aterramento TN, se trata de uma junção das duas outras variações, sendo iniciado pelo aterramento TN-C, ou seja, com o condutor PEN e, ao chegar no barramento de equipotencialização principal (BEP), os condutores seguem de formas distintas, assim como o TN-S (SOUZA *et al.*, 2014).

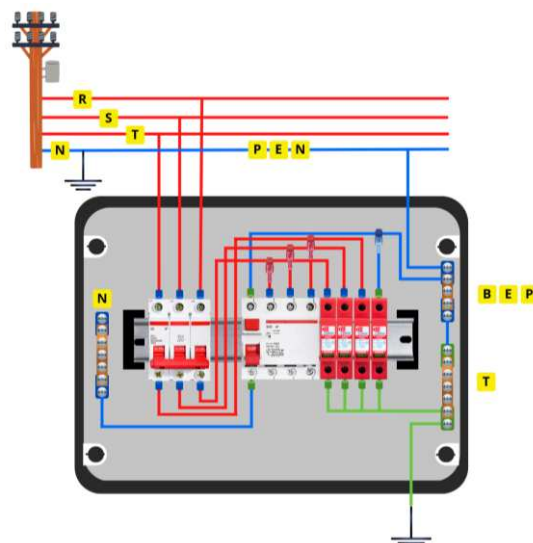
A NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), exige que tenha, no mínimo um DPS para cada fase, ou seja, não há a necessidade de um DPS para o condutor neutro, podendo ou não ser instalado.

Figura 16: Aterramento TN-C-S sem DPS no neutro



Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 17: Aterramento TN-C-S com DPS no neutro



Fonte: Autoria própria, 2023.

4.5 Seleção do DPS

Sobretensões são definidas como uma tensão que excede o valor nominal da instalação e podem ser classificadas como transitórias quando esse pico de tensão ocorre na ordem de microssegundos. Para evitar que essas sobretensões danifiquem os equipamentos de uma edificação, foi desenvolvido o DPS (SIEMENS, 2021)

Para a escolha do dispositivo de proteção contra surtos, é preciso levar em consideração, com base no mínimo, as seguintes categorias (CAVALIN; CERVELIN, 2006):

- Nível de proteção (U_p);
- Máxima tensão de operação contínua (U_c);
- Suportabilidade a tensões temporárias;
- Corrente nominal de descarga (I_n) e/ou de impulso (I_{imp});
- Suportabilidade à corrente de curto-circuito.

4.5.1 Nível de proteção (U_p)

O valor de U_p pode ser entendido como a tensão que o dispositivo deixa passar para a instalação, sendo uma tensão que os equipamentos possam suportar em casos de sobretensões transitórias (SIEMENS, 2021).

O valor deve ser menor ou igual com a categoria II do Quadro 2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004):

Quadro 2: Suportabilidade a impulso exigível dos componentes da instalação

Tensão nominal da instalação (V)		Tensão de impulso suportável requerida (kV)			
		Categoria do produto			
Sistema trifásico	Sistemas monofásicos com neutro	Produto a ser utilizado na entrada da instalação	Produto a ser utilizados em circuitos de distribuição e circuitos terminais	Equipamentos de utilização	Produtos especialmente protegidos
		Categoria de suportabilidade a impulsos			
		IV	III	II	I
120/208 127/220	115-230 120-240 127-254	4	2,5	1,5	0,8
220/380 230/400 277/480	-	6	4	2,5	1,5
400/690	-	8	6	4	2,5

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

4.5.2 Máxima tensão de operação contínua (U_c)

Para a classificação desse parâmetro, é necessário que o sistema de aterramento seja definido antes e, após isso, utilizar o Quadro 3 para dimensionar tal valor.

Quadro 3: Valor mínimo de U_c exigível do DPS, em função do esquema de aterramento

DPS conectado entre				Esquema de aterramento		
Fase	Neutro	PE	PEN	TT	TN-C	TN-S
X	X	-	-	$1,1 * U_0$	-	$1,1 * U_0$
X	-	X	-	$1,1 * U_0$	-	$1,1 * U_0$
X	-	-	X	-	U_0	-
-	X	X	-	U_0	-	U_0
Notas						
1. U_0 é a tensão						
2. Os valores de U_c podem ser superiores aos valores mínimos da tabela						

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

4.5.3 Suportabilidade a tensões temporárias

O DPS deve atender os ensaios presentes na IEC 61643-1, ensaios esses que preveem que o dispositivo suporte sobretensões decorrente de faltas na instalação de baixa tensão (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

4.5.4 Corrente nominal de descarga (I_n) e/ou de impulso (I_{imp})

É possível simular correntes de raios com pulsos criados em laboratórios. Esses pulsos são chamados de formas de ondas de impulso (SIEMENS, 2021).

Os pulsos usados para a simulação são (SIEMENS, 2021):

- $(10/350 \mu_s)$ – simulam cargas diretas;
- $(8/20 \mu_s)$ – simulam as descargas indiretas.

O DPS utilizado para cargas indiretas é o de classe II, e não deve ter um I_n inferior a 5 kA $(8/20 \mu_s)$ e, em caso de instalação em redes trifásicas, o valor não deve ser inferior a 20 kA $(8/20 \mu_s)$ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Já os valores de I_{imp} são determinados apenas para DPS de classe I, que são destinados para descargas diretas $(10/350 \mu_s)$ (SIEMENS, 2021).

Apesar da NBR 5410 trazer os valores mínimos para o DPS classe II, em alguns lugares é preciso um valor maior que o mínimo e, para determinar o valor, há um método prático e rápido para determinar esse valor (SIEMENS, 2021):

$$F = Td (1,6 + 2 LBT + \delta) \tag{11}$$

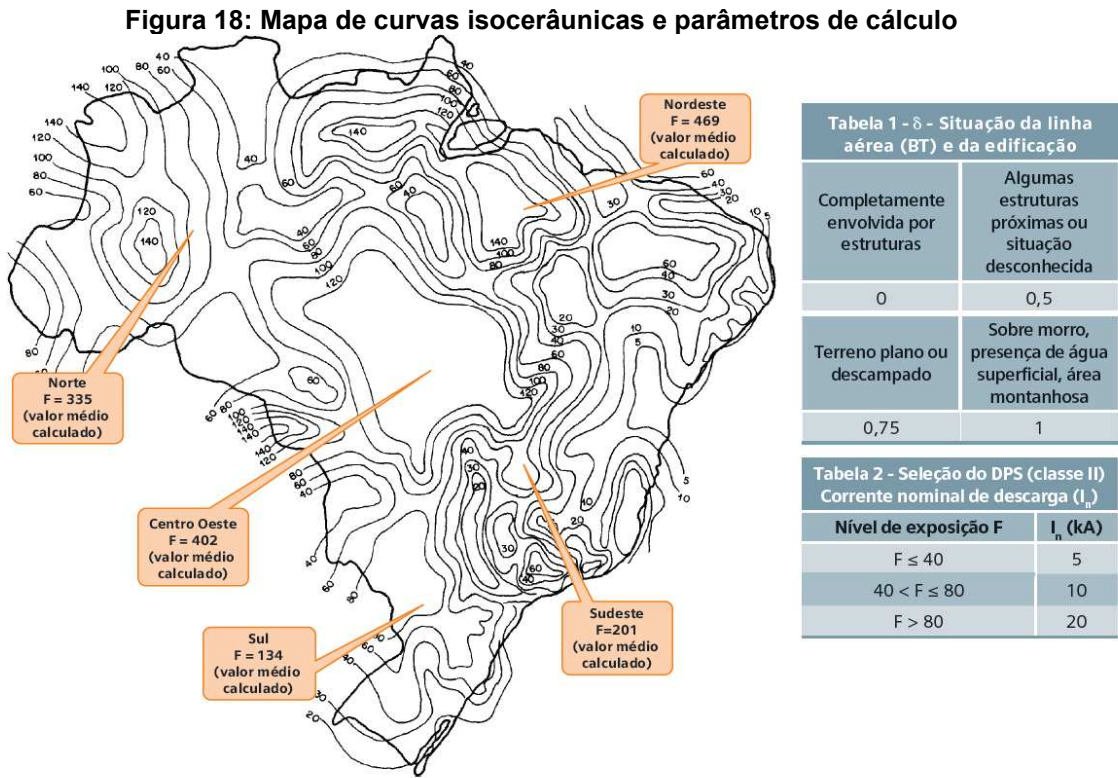
Sendo que:

F = nível de exposição a sobretensões de origem transitórias;

Td = Nível ceurânico local

LBT = comprimento da linha aérea que alimenta a instalação (para valores $\geq$ 0,5 km considerar LBT = 0,5);

δ = situação da linha aérea e da edificação



Fonte: SIEMENS, 2021, p. 15.

4.5.5 Suportabilidade à curto-circuito

Em caso de falha do DPS, o disjuntor que protege os dispositivos precisa ser capaz de suportar a corrente de curto-circuito, ou seja, é necessário conhecer o valor

da corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Em sua obra, Cotrim (2008), desenvolve uma expressão matemática que permite o cálculo da corrente de curto-circuito presumida em um ponto, de forma simplificada, desde que se tenha algumas informações, como o valor de corrente de curto-circuito presumida em um ponto a montante.

Essas expressões são válidas para sistemas trifásicos, fiação de cobre e condutores com seção de até 50 mm², podendo ser usado em sistemas monofásicos, mas o comprimento (l) deve ser dobrado (MORENO, 2022).

Para uma instalação onde a tensão fase-neutro é 127 V, usa-se a Equação 12 (COTRIM, 2008):

$$I_k = \frac{12,7}{\sqrt{\frac{162}{I_{k0}^2} + \frac{100 * \cos \varphi_{k0} * l}{I_{k0} * S} + \frac{5l^2}{S^2}}} \quad (12)$$

E, para uma instalação onde a tensão fase-neutro é 220 V, usa-se a Equação 13 (COTRIM, 2008):

$$I_k = \frac{22}{\sqrt{\frac{484}{I_{k0}^2} + \frac{100 * \cos \varphi_{k0} * l}{I_{k0} * S} + \frac{5l^2}{S^2}}} \quad (13)$$

Onde:

I_k = corrente de curto-circuito presumida em um ponto (kA);

I_{k0} = corrente de curto-circuito presumida em um ponto a montante (kA);

l = comprimento do condutor entre os pontos (m);

S = área do condutor (mm²);

$\cos \varphi_{k0}$ = fator de potência em função de I_{k0} .

O valor de fator de potência ($\cos \varphi_{k0}$), pode ser determinado pelo Quadro 4:

Quadro 4: Fator de potência em função da corrente de curto-circuito presumida (I_{k0})

$I_{k0} (kVA)$	1,5 a 3	3,1 a 4,5	4,6 a 6	6,1 a 10	10,1 a 20	Maior que 20
$\cos \varphi_{k0}$	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,25

Fonte: Adaptado de Cotrim, 2008.

4.6 Eletroduto

Os eletrodutos são um dos tipos de conduto que tem como funções, além de ser um invólucro para os condutores, proporcionar proteção mecânica, proporcionar proteção contra ataques do meio ambiente e fornecer proteção contra riscos de incêndios (LIMA FILHO, 2011).

A NBR 5410, apresenta vários itens a serem seguidos, tanto na especificação do material, quanto no seu dimensionamento, como (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004):

- a) Não é permitido o uso de outras matérias, como mangueiras de borracha;
- b) O eletroduto necessita ser não-propagantes de chamas;
- c) É necessário que o eletroduto possua resistência mecânica adequada para suportar os esforços que o meio construtivo em questão possa gerar;
- d) É permitido apenas cabos multipolares, unipolares ou condutores isolados.

De acordo com o número de condutores, a soma das áreas externas dos condutores não deve ser superior a 53%, no caso de um condutor, 31% no caso de dois condutores e, para o caso de 3 condutores ou mais, a taxa de ocupação não deve ser superior a 40% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Para o cálculo da taxa de ocupação, é necessário que se consulte, em catálogos de fabricantes, o diâmetro interno do eletroduto e o diâmetro externo dos condutores (CRUZ; ANICETO, 2012).

Quadro 5: Dimensões dos eletrodutos corrugados de PVC

Diâmetro externo		Diâmetro interno	Área
mm	pol.	mm	mm ²
25	3/4"	20	314,16
32	1"	26	530,93
40	1.1/4"	34	907,92
50	1.1/2"	40	1256,6

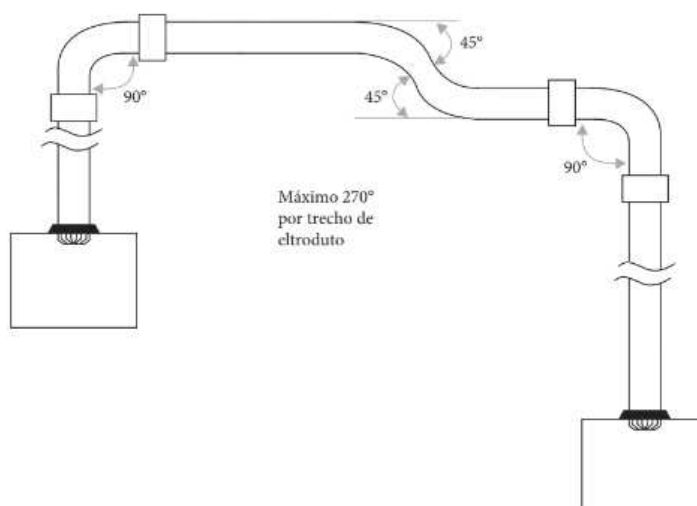
Fonte: Adaptado de Cruz e Aniceto, 2012.

Figura 19: Dimensões das fiações

Seção Nominal (mm ²)	Pirastic Antiflam		Pirasticflex Antiflam	
	Diâmetro Externo (1)	Área Total (mm ²)	Diâmetro Externo (mm)	Área Total (mm ²)
1,5	2,8 / 3,0	6,2 / 7,1	3,0	7,1
2,5	3,4 / 3,7	9,01 / 10,7	3,6	10,2
4	3,9 / 4,2	11,9 / 13,8	4,2	13,8
6	4,4 / 4,8	15,2 / 18,1	4,7	17,3
10	5,6 / 5,9	24,6 / 27,3	6,1	29,2
16	6,5 / 6,9	33,2 / 37,4	7,8	47,8
25	8,5	56,7	9,6	72,4
35	9,5	71,0	10,9	93,3
50	11,0	95	13,2	136,8
70	13,0	133	15,0	176,7
95	15,0	177	-	-
120	16,5	214	-	-
150	18,0	254	-	-
185	20,0	314	-	-
240	23,0	415	-	-

Fonte: Adaptado de Lima Filho, 2011.

Deve ser levado em consideração, também, as distâncias máximas dos eletrodutos sendo, entre caixinhas intermediárias, 15 metros para linhas internas e 30 metros para linhas externas e, a cada curva de 90°, a distância diminui 3 metros, sendo limitadas a 270° de desvio no total, não podendo haver um único desvio maior que 90° (LIMA FILHO, 2011).

Figura 20: Desvio nos eletrodutos

Fonte: Adaptado de Cruz e Aniceto, 2011.

Se não for possível a instalação de uma caixinha intermediária quando ultrapassar a distância, deve-se aumentar um diâmetro nominal para cada 6 metros ou fração disso (CRUZ; ANICETO, 2012).

Dessa forma, ao utilizar as Equações 14 e 15 pode-se determinar quantos diâmetros nominais acima do que já foi calculado pela taxa de ocupação, em linhas internas (LIMA FILHO, 2011):

$$L_{m\acute{a}x} = 15 - 3N \quad (14)$$

$$A = \frac{L_{real} - L_{m\acute{a}x}}{6} \quad (15)$$

Onde:

$L_{m\acute{a}x}$ = comprimento máximo de um trecho entre duas caixas (m);

L_{real} = comprimento real do trecho (m);

N = número de curvas de 90° presente no trecho (de 0 a 3);

A = aumento de bitolas nominais do eletroduto.

4.7 Dimensionamento da entrada de serviço

O fornecimento de energia elétrica deve ser de acordo com a concessionária, assim como os equipamentos que deverão ser instalados no padrão de entrada (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Na determinação da potência de alimentação, é levado em consideração a segurança e a economia de uma instalação, dimensionando os dispositivos de proteção e fiação pensando na possibilidade da não-simultaneidade de funcionamento dos equipamentos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Cavalin e Cervelin (2006), apresentam uma sequência a ser seguida para se realizar o dimensionamento da entrada de serviço, mas deve ser consultado a concessionária da região em questão, para ver quais os tipos de fornecimento disponíveis.

- a) Potência ou carga instalada;
- b) Demanda de utilização;
- c) Fator de demanda;
- d) Fator de potência.
- e) Especificação da entrada de energia.

4.7.1 Potência ou carga instalada

A carga instalada é a soma da potência das tomadas de uso geral, iluminação, motores, eletrodomésticos e equipamentos especiais, não podendo ser maior que 75 kVA (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 2022).

Figura 21: Exemplo do cálculo de carga instalada



Fonte: Adaptado de Companhia Paulista de Força e Luz, 2022.

4.7.2 Demanda de utilização

O cálculo da demanda é um método estatístico que leva em consideração a não-simultaneidade de uso dos equipamentos, garantindo que não haja superdimensionamento nos elementos da entrada de serviço (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Para efetuar o dimensionamento, é necessário que seja separada as cargas em grupos, para aplicar o fator de demanda. Essas divisões podem variar de acordo com a concessionária (CRUZ; ANICETO, 2012).

A Companhia Paulista de Força e Luz (2022), estabelece que seja feita a divisão em nove grupos, conforme a Figura 22:

Figura 22: Divisão das cargas em grupos



Fonte: Adaptado de Companhia Paulista de Força e Luz, 2022.

4.7.3 Fator de demanda

Para grupo determinado pela concessionária, há um fator de demanda, em seus manuais, que devem ser considerados (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Para o manual da Companhia Paulista de Força e Luz (2020), o fator de demanda para a soma das potências nominais das tomadas de uso geral (TUG) e iluminação, pode ser determinado pela Figura 23:

Figura 23: Fatores de demanda referentes a tomadas e iluminação residencial

Carga instalada (kW)	Fator de demanda
$0 < C \leq 1$	0,86
$1 < C \leq 2$	0,75
$2 < C \leq 3$	0,66
$3 < C \leq 4$	0,59
$4 < C \leq 5$	0,52
$5 < C \leq 6$	0,45
$6 < C \leq 7$	0,40
$7 < C \leq 8$	0,35
$8 < C \leq 9$	0,31
$9 < C \leq 10$	0,27
$C > 10$	0,24

Fonte: Companhia Paulista de Força e Luz, 2020, p. 98.

O próximo fator de demanda que o manual da Companhia Paulista de Força e Luz (2020) apresenta, é o referente a carga instalada dos chuveiros, torneiras elétricas, aquecedores de água de passagem e ferros elétricos:

Figura 24: Fatores de demanda de chuveiros, torneiras, aquecedores de água de água de passagem e ferros elétricos

Nº de aparelhos	Fator de demanda	Nº de aparelhos	Fator de demanda
1	1,00	14	0,45
2	1,00	15	0,44
3	0,84	16	0,43
4	0,76	17	0,42
5	0,70	18	0,41
6	0,65	19	0,40
7	0,60	20	0,40
8	0,57	21	0,39
9	0,54	22	0,39
10	0,52	23	0,39
11	0,49	24	0,38
12	0,48	25	0,38
13	0,46	Acima de 25	0,38

Fonte: Companhia Paulista de Força e Luz, 2020, p. 99.

Continuando o cálculo da demanda prevista, utilizando a Figura 25, pode ser previsto um fator de demanda para aquecedores centrais ou de acumulação (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 2020):

Figura 25: Fatores de demanda de aquecedor central ou de acumulação (boiler)

Número de aparelhos	Fator de demanda
1	1,00
2	0,72
3	0,62
Acima de 3	0,62

Fonte: Companhia Paulista de Força e Luz, 2020, p. 99.

O quarto fator de demanda apresentado pela Companhia Paulista de Força e Luz (2020), é referente a secadoras de roupa, forno elétrico, máquina de lavar louças e micro-ondas, determinado pela Figura 26:

Figura 26: Fatores de demanda de secadora de roupa, forno elétrico, máquina de lavar louças e micro-ondas

Número de aparelhos	Fator de demanda
1	1,00
2 a 4	0,70
5 a 6	0,60
7 a 8	0,50
Acima de 8	0,50

Fonte: Companhia Paulista de Força e Luz, 2020, p. 99.

É apresentado um grupo específico para fogões elétricos no manual da Companhia Paulista de Força e Luz (2020), conforme apresentado na Figura 27:

Figura 27: Fatores de demanda de fogões elétricos

Número de aparelhos	Fator de demanda
01	1,00
02	0,60
03	0,48
04	0,40
05	0,37
06	0,35
07	0,33
08	0,32
09	0,31
10 a 11	0,30
12 a 15	0,28
16 a 20	0,26
21 a 25	0,26
Acima de 25	0,26

Fonte: Companhia Paulista de Força e Luz, 2020, p. 100.

Os aparelhos de ar condicionado são o sexto item para ser determinado o fator de demanda, e pode-se ser determinado pela Figura 28 (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 2020):

Figura 28: Fatores de demanda para aparelhos de ar condicionado

Número de aparelhos	Fator de demanda
1 a 10	1,00
11 a 20	0,90
21 a 30	0,82
31 a 40	0,80
41 a 50	0,77
51 a 75	0,75
76 a 100	0,75
Acima de 100	0,75

Fonte: Adaptado de Companhia Paulista de Força e Luz, 2020.

Para a determinação dos fatores de demanda para os motores, deve ser feito um levantamento de todos os motores e classificados do maior para o menor, onde cada um receberá um fator de demanda diferente e, para casos onde dois ou mais motores ligam simultaneamente, esse devem ter suas potências somadas e consideradas com um único motor (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 2020).

Quadro 6: Fatores de demanda de motores

Potência do motor	Fator de demanda
1º Maior	1,0
2º Maior	0,9
3º, 4º e 5º Maior	0,8
Soma dos demais	0,7

Fonte: Adaptado de Companhia Paulista de Força e Luz, 2022.

As hidromassagens devem seguir o mesmo critério dos motores, tomando como referência os valores do Quadro 6 (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 2020).

E, por fim, quando houver equipamentos especiais, a Companhia Paulista de Força e Luz (2020) orienta os projetistas a seguirem os valores da Figura 29:

Figura 29: Fatores de demanda de equipamentos especiais

Equipamento	Potência	Fator de demanda
Solda a arco e Galvanização	1º maior	1,00
	2º maior	0,70
	3º maior	0,40
	Soma dos demais	0,30
Solda a resistência	Maior	1,00
	Soma dos demais	0,60
Raios-x	Maior	1,00
	Soma dos demais	0,70

Fonte: Companhia Paulista de Força e Luz, 2020, p. 102.

4.7.4 Especificações da entrada de energia

O fator de potência é um índice que relaciona a potência aparente, que é aquela que está sendo fornecida pela concessionária e a potência ativa, que é a que realmente está sendo útil para o funcionamento do equipamento (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

Para cargas resistivas, tem-se que o valor do fator de potência é igual a 1, ou seja, a aparente e a ativa são iguais (CRUZ; ANICETO, 2012).

Em uma instalação elétrica, o ideal é saber qual o fator de potência para todos os pontos previstos (COTRIM, 2008).

A Companhia Paulista de Força e Luz (2020) apresenta em seu manual os fatores de potência para cada grupo de demanda. O Quadro 7 apresenta os fatores para residências.

Quadro 7: Resumo dos fatores de potência para residências

Grupo de demanda	Fator de potência ($\cos \varphi$)
Iluminação e TUGs	1
Chuveiros, torneiras, aquecedores de água de passagem e ferros elétricos	1
Aquecedor central ou boiler	1
Secadora de roupa, forno elétrico, máquina de lavar louça e forno de micro-ondas	1
Fogões elétricos	1
Aparelho de ar condicionado	Consultar manual do fabricante
Motores	Consultar manual do fabricante
Equipamentos especiais	0,75
Hidromassagens	1

Fonte: Adaptado de Companhia Paulista de Força e Luz, 2020.

Com o fator de potência, pode-se determinar o valor em kVA da demanda (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 2022).

4.7.5 Especificação da entrada de energia

Após a determinação da demanda prevista, pode-se consultar a tabela da concessionária e determinar em qual categoria de fornecimento a instalação se enquadra (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 2022).

Figura 30: Tabela de dimensionamento CPFL

Tabela 1 A – Dimensionamento em Tensão 127/220V – Ramal de Entrada Cobre PVC												
Categoria		A1 ⁽¹⁾	A2 ⁽¹⁾	B1	B2	C1	C2	C3	C4 ⁽⁵⁾	C5 ⁽⁵⁾	C6 ⁽⁵⁾	
Carga instalada individual ou soma de 2 ou mais clientes (kW)		C ≤ 6	C ≤ 12	12<C≤18	18<C≤25	25 < C ≤ 75						
Demanda Individual ou Demanda de 2 ou mais clientes (kVA)		-	-	-	-	D≤23	23<D≤30	30<D≤38	38<D≤47	47<D≤57	57<D≤76	
Limitação motores (cv)	FN ⁽¹⁾	1	2	2	2	2	2	3	5	7,5	7,5	
	FF	-	-	3	5	3	5	7,5	7,5	10	15	
	FFFN ⁽³⁾	-	-	-	-	15	20	25	30	40	50	
Ramal de Entrada Cabo Cu PVC mm² BWF 70°C 750 V		6	16	16	25	16	25	35	50	70 ⁽⁴⁾	95 ⁽⁴⁾	
Caixa		II ⁽²⁾				III			H			
Disjuntor (A)		32	63	63	80	63	80	100	125	150	200	
Eletroduto mm (pol)		32 (1)		40 (1 ¼)					50 (1 ½)		60 (2)	
Aterramento	Condutor nu (mm²)	6	10					16	25	35		
	Eletroduto mm (pol)	20 (¾)										
Poste padrão (daN)		90 - Mini 100 - Multi 100		100 - Multi 100					300 - Multi 200			
Tubular de aço (mm)		Circular 101,6x5,0 (diâmetro ext. x esp.) ou Quadrado 80x80x3 mm							-			
Concreto DT – Fibra de vidro (daN)		90							300			
Pontaleta Tubular de Aço (mm)		60,33 x 3,35 ou 80 x 80 x 3 (diâmetro externo x espessura)					-	-	-	-	-	
Ramal de Ligação		10 mm² Duplex	10 mm² Triplex 10 mm² Triplex Neutro Isolado ⁽¹⁾	16 mm² Triplex	25 mm² Triplex	10 mm² Quadru-plex	16 mm² Quadru-plex	25 mm² Quadru-plex	35 mm² Quadru-plex	50 mm² Quadru-plex	70 mm² Quadru-plex	

Fonte: Companhia Paulista de Força e Luz, 2020, p. 94.

Consultando a carga instalada (kW) e a demanda (kVA) na Figura 30, é possível determinar as características dos equipamentos importantes na entrada de energia (COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ, 2022).

Ainda consultando o manual da Companhia Paulista de Força e Luz (2022), nota-se algumas características dos dispositivos de proteção, como a obrigatoriedade de um DPS por fase junto à caixa da concessionária e a corrente de curto-circuito mínima para o disjuntor geral, conforme as Figuras 31 e 32:

Figura 31: Capacidade de curto-circuito em função da corrente nominal

Capacidade de corrente nominal	Norma	Capacidade de Interrupção	
		220 / 127 V	380 / 220 V
32 A até 63 A	NBR NM 60898	10000 A (10 kA)	5000 A (5 kA)
80 A até 100 A	NBR IEC 60947	> 10000 A (10 kA)	10000 A (10 kA)
125 A até 200 A	NBR IEC 60947 Caixa Moldada	> 12000 A (12 kA)	12000 A (12 kA)

Fonte: Companhia Paulista de Força e Luz, 2022, p. 32.

Figura 32: Características técnicas dos DPS no padrão

DPS – Dispositivos de proteção contra surto de tensão e descargas • Obrigatória instalação em padrões de entrada do consumidor • Deverá ser instalado junto ao disjuntor • Classe tipo II • Fixação em trilhos DIN 35 ou garras NEMA • Deverá possuir proteção interna para garantir continuidade de fornecimento Características técnicas: • Frequência nominal: 60 Hz • $I_n \rightarrow$ Corrente nominal de descarga com forma de onda 8/20 $\mu s = 5$ kA (mínimo) • $I_{máx} \rightarrow$ Corrente máxima de descarga com forma de onda 8/20 $\mu s = 12$ kA (mínimo) • Tensão residual para impulso atmosférico com forma de onda 8/20 μs e crista igual à corrente nominal = 1,5 kV • Tensão nominal: ✓ 175 V $\rightarrow$ Classe de tensão de 127/220 V ✓ 275 V $\rightarrow$ Classe de tensão de 220/380 V e 127/220 V • Deverá possuir indicador de estado de funcionamento • Condutores com 500 mm (mínimo) para conexão com bitolas mínimas: ✓ 4 mm² em cobre ✓ 6 mm² em alumínio

Fonte: Companhia Paulista de Força e Luz, 2022, p. 33.

4.8 Proteção contra riscos de ignição nas instalações elétricas

Para a proteção contra os riscos de ignição, é necessário prever os pontos de emendas elétricas e prever uma instalação onde o contato entre as fiações sejam seguros e confiáveis, como solicitado no item 4.1.13, da ABNT NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Outro fator importante, que é citado no item 5.2.2.1.6 da ABNT NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), é a necessidade de se utilizar materiais de difícil combustão e baixa condutividade térmica.

Um exemplo de material de difícil combustão é o eletroduto plástico de PVC, que necessita seguir alguns requisitos de desempenho de acordo com a ABNT NBR

15465 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2020), sendo realizados ensaios para garantir a não propagação das chamas.

O item 5.2.2.3.3 ABNT NBR 5410 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), trata sobre poeira combustível, gerados por grãos e especiarias, por exemplo e devendo ser verificado onde serão estocados os produtos considerados poeira combustível, para que, o lugar do armazenamento, não tenha equipamentos capazes de gerar calor suficiente para fazer com que essa poeira entre em combustão.

A NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a), no item 8.2.1.2, reforça a necessidade de atender os dimensionamentos da NBR 5410 para que não haja o risco de acidentes, que foram detalhados no capítulo 4.7 desse trabalho de pesquisa.

4.9 Segurança na utilização dos imóveis

Neste tópico a norma NBR 15575-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a) traz informações sobre como assegurar os usuários das edificações.

Segundo a NBR 15575-1, todos os sistemas da edificação, inclusive o elétrico, não deve apresentar deformações e defeitos não ultrapassem os limites especificados pela própria norma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a).

Deve-se, também, ser elaborado um memorial descritivo, deixando de forma explícita as características de cada material e seus respectivos cuidados a serem tomados (GEALH, 2018).

Em condições normais de uso, o usuário precisa estar seguro, com o mínimo de chance possível de vir a causar ferimentos e danos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a). Desta forma, a norma NBR 15575-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a) traz especificações a serem seguidas sobre esse tema.

O projetista deve atender todas as normas específicas, como as normas NBR 5410 e NBR 5419, apresentando, em memorial descritivo, todas as recomendações necessárias para que o usuário não venha a sofrer nenhum tipo de dano (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a)

4.10 Vida útil do projeto do edifício e dos sistemas que o compõe

O termo vida útil é definido pela NBR 15575-1 como:

O período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender aos requisitos do usuário preestabelecidos é denominado vida útil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a, p. 59).

4.10.1 Vida útil de projeto

Com base nas normas específicas, é possível fazer uma estimativa da vida útil dos equipamentos, podendo ser feita no próprio projeto ou em memorial descritivo (GEALH, 2018).

Um produto pode ter sua vida útil estimada a partir de ensaios de envelhecimento acelerado ou dados históricos de desempenho (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a).

A VUP é um valor que deve ser definida no início do projeto, para que, na hora de se projetar um sistema ou elemento, indicando suas respectivas recomendações de uso e manutenção, cada produto necessita ter vida útil igual ou superior à VUP (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a).

Apesar de existirem algumas formas para se adotar a VUP, a prevista na NBR 15575-1:2021 se baseia em três conceitos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a):

- Efeito em uma falha de um sistema;
- Dificuldade de manutenção, caso ocorra uma falha;
- Custo na correção, caso ocorra uma falha.

A NBR 15575-1 apresenta valores mínimos e máximos de alguns sistemas para a VUP, e é possível seguir o Quadro 8 para estimar esses valores (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a):

Quadro 8: Vida útil de projeto mínima e superior

Sistema	VUP (Anos)		
	Mínimo	Intermediário	Superior
Estrutura	≥ 50	≥ 63	≥ 75
Pisos internos	≥ 13	≥ 17	≥ 20
Vedação vertical externa	≥ 40	≥ 50	≥ 60
Vedação vertical interna	≥ 20	≥ 25	≥ 30
Cobertura	≥ 20	≥ 25	≥ 30

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021a.

O período de tempo a partir do qual se iniciam os prazos de vida útil deve ser sempre a data de conclusão do edifício habitacional, a qual, para efeitos desta Norma, é a data de expedição do auto de conclusão de edificação, “Habite-se” ou “auto de conclusão” ou outro documento legal que ateste a conclusão das obras (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a, p.61).

4.10.2 Durabilidade

A durabilidade está diretamente ligada à vida útil, podendo ser classificada como a característica do material de desempenhar suas funções ao longo da vida útil, levando em conta onde o material foi inserido, condições de uso, entre outras (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021a)

No memorial descritivo deve conter as especificações para manutenção, uso e operação e, também, deve ser estimado a durabilidade de acordo com as normas específicas, levando em consideração a exposição dos sistemas para o cálculo da vida útil do projeto (GEALH, 2018).

Prever a durabilidade não é uma tarefa simples, mas para que a previsão seja consolidada, há necessidade de se verificar (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, 2013):

- a) Utilização de materiais e componentes que atendam as normas técnicas brasileiras;
- b) Comprovação da durabilidade dos sistemas, elementos e componentes;
- c) Utilização correta da mão de obra, atendendo ao manual de uso, operação e manutenção, desenvolvido de acordo com a NBR 14037, e eficiente gestão de manutenção, atendendo a NBR 5674.

4.6 Propagação de incêndios

Quando se inicia um incêndio em uma edificação, é de extrema importância dificultar a propagação do fogo e da fumaça para os outros ambientes, além de preservar a estabilidade estrutural da mesma (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021b).

Os primeiros fatores a serem levados em consideração é a altura e o tipo de ocupação da construção e assim, determinar o tempo requerido de resistência ao fogo, conhecido com TRRF (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001).

Determinado o TRRF, os materiais do entre pisos e das vedações precisam ter resistência ao fogo pelo período igual ou superior ao TRRF e devem ser comprovados pela NBR 6479 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021b).

Figura 33: Tempos requeridos de resistência ao fogo (TRRF), em minutos

Grupo	Ocupação/uso	Divisão	Profundidade do subsolo		Altura da edificação				
			Classe S ₂	Classe S ₁	Classe P ₁	Classe P ₂	Classe P ₃	Classe P ₄	Classe P ₅
			$h_s > 10 \text{ m}$	$h_s \leq 10 \text{ m}$	$h \leq 6 \text{ m}$	$6 \text{ m} < h \leq 12 \text{ m}$	$12 \text{ m} < h \leq 23 \text{ m}$	$23 \text{ m} < h \leq 30 \text{ m}$	$h > 30 \text{ m}$
A	Residencial	A-1 a A-3	90	60 (30)	30	30	60	90	120
B	Serviços de hospedagem	B-1 e B-2	90	60	30	60 (30)	60	90	120
C	Comercial varejista	C-1 a C-3	90	60	60 (30)	60 (30)	60	90	120
D	Serviços profissionais, pessoais e técnicos	D-1 a D-3	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
E	Educacional e cultura física	E-1 a E-6	90	60 (30)	30	30	60	90	120
F	Locais de reunião de público	F-1, F-2, F-5, F-6 e F-8	90	60	60 (30)	60	60	90	120
G	Serviços automotivos	G-1 e G-2 não abertos lateralmente e G-3 a G-5	90	60 (30)	30	60 (30)	60	90	120
		G-1 e G-2 abertos lateralmente	90	60 (30)	30	30	30	30	60
H	Serviços de saúde e institucionais	H-1 a H-5	90	60	30	60	60	90	120
I	Industrial	I-1	90	60 (30)	30	30	60	30	120
		I-2	120	90	60 (30)	60 (30)	90 (60)	120 (90)	120
J	Depósitos	J-1	90	60 (30)	30	30	30	30	60
		J-2	120	90	60	60	90 (60)	120 (90)	120

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2001, p. 7.

O termo “resistência ao fogo” pode ser definido pela capacidade de suportar ao fogo sem perder suas propriedades mecânicas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

As aberturas nos pisos para passagem de tubulações elétricas, devem ser possuir selagem corta-fogo, e quando utilizado tubulações poliméricas, com diâmetro interno maior que 40 mm, a selagem corta-fogo deve possuir características expansivas na presença de calor, fazendo com que o buraco, deixado pelo tubo, se feche (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2021b).

Sistemas como detector de fumaça e alarme de incêndio, não são necessários para edificações unifamiliares (SÃO PAULO, 2018).

5 METODOLOGIA

Esse capítulo visa abordar os procedimentos realizados no trabalho de pesquisa.

5.1 Requisição do projeto elétrico

Inicialmente foi feito o contato com uma empresa da cidade de Campo Mourão e solicitado o projeto elétrico de uma residência unifamiliar, para assim, analisar os pontos que estão dentro e/ou fora da norma ABNT NBR 15575:2021.

5.2 Análise do projeto

Para a análise das conformidades do projeto com a Norma de Desempenho ABNT NBR 15575:2021, o trabalho teve como base as tabelas apresentadas na tese de Gealh (2018) onde é possível encontrar, de forma resumida, quais as ações atribuídas ao projetista eletricista.

Para atendimento ao tema central deste trabalho, foram utilizadas todas as partes onde se encontram as informações pertinentes para o projeto elétrico, portanto, não foram utilizadas as partes 2 e 4 da NBR 15575, pois de acordo com a análise de Gealh (2018) não apresentam requisitos relacionados ao projetista eletricista.

O Quadro 9 descreve as ações necessárias a serem atendidas pelo projetista eletricista na primeira parte da NBR 15575:2021.

Quadro 9: Atribuições do projetista de instalações elétrica: NBR 15575-1

Parte	Item	Requisitos	Item	Critérios	Atendimentos
1	8.2	Dificultar o princípio do incêndio	8.2.1.1	Proteção contra descargas atmosféricas	Atender as normas específicas, NBR 5419 e NBR 5410, bem como a NR 10. Esse atendimento deve ser apresentado em uma nota ou observação.
			8.2.1.2	Proteção contra risco de ignição nas instalações elétricas	Atender a NBR 5410, nos itens 4.1.13, 5.2.2.1.6 e 5.2.2.3.3.
	9.2	Segurança na utilização do imóvel	9.2.1	Segurança na utilização dos sistemas	Apontar as características dos materiais e cuidados quanto à segurança, em memorial descritivo.

9.3	Segurança das instalações	9.3.1	Segurança na utilização das instalações	Atender as normas específicas e apresentar as recomendações em memorial descritivo, a fim de evitar a ocorrência de ferimentos ou danos aos usuários, em condições normais de uso. Observar se todas as tubulações, equipamentos e acessórios do sistema elétrico e hidrossanitário estão direta ou indiretamente aterrados.
14.2	Vida útil do projeto do edifício e dos sistemas que o compõe	14.2.1	Vida útil de projeto	Estimar em seu projeto e/ou material descritivo a vida útil de acordo com as normas específicas.
		14.2.3	Durabilidade	Estimar em seu material descritivo a vida útil de acordo com as normas específicas. Atender premissas de projeto, item 14.2.5. NBR 15575-1
16.4	Possibilidade de ampliação da unidade habitacional	16.4.1	Ampliação de unidades habitacionais evolutivas	Elaborar projeto elétrico de ampliação prevista.

Fonte: Adaptado de Gealh, 2018.

A NBR 15575 foi atualizada em 2021 e os itens relacionados a Desempenho Térmico e Desempenho Acústico foram alterados, mas estes itens não estão relacionados ao atendimento por parte do projeto elétrico, conforme tese de Gealh (2018), portanto as análises dos quadros não foram alteradas.

Continuando as atribuições do projetista eletricista, o Quadro 10 descreve as ações necessárias a serem atendidas na terceira parte da NBR 15575:2021, sistemas de pisos.

Quadro 10: Atribuições ao projetista de instalações elétrica: NBR 15575-3

Parte	Item	Requisitos	Item	Crítérios	Atendimentos
3	8.3	Dificultar a propagação de incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação	8.3.3	Selagem corta-fogo nas prumadas elétricas e hidráulicas	Especificar em projeto e memorial descritivo os pontos onde serão necessários o uso de selagem corta fogo.
			8.3.5	Selagem corta-fogo de tubulações de material polimérico	Especificar em projeto e memorial descritivo os pontos entre pisos onde passam tubulações com diâmetro superior a 40mm e especificar o uso de selagem corta-fogo.

			8.3.7	Registro corta-fogo nas tubulações de ventilação	Projetar instalações para a implantação de sistemas de detecção de fumaça e alarme de incêndio.
			8.3.9	Prumadas enclausuradas	Verificar se as tubulações dispensam selagem corta-fogo por estarem passando por prumadas enclausuradas

Fonte: Adaptado de Gealh, 2018.

Na quinta parte da NBR 15575:2021, que trata dos sistemas de coberturas, têm-se mais requisitos a serem atendidos pelo projetista eletricista (Quadro 11).

Quadro 11: Atribuições do projetista de instalações elétrica: NBR 15575-5

Parte	Item	Requisitos	Item	Crítérios	Atendimentos
5	8.2	Reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento	8.2.1	Avaliação da reação da face interna dos sistemas de cobertura das edificações	Especificar adequadamente em relação à classificação de reação ao fogo os materiais incorporados ao sistema de cobertura.
	9.2	Manutenção e operação	9.2.5	Aterramento de sistemas de coberturas metálicas	Projetar aterramento para o sistema de cobertura constituído por estrutura e/ou telhas metálicas. Atender as normas NBR 5419 e NBR 13571.
	16.2	Manutenção dos equipamentos e dispositivos ou componentes constituintes e integrantes do sistema de cobertura	16.2.1	Instalação, manutenção e desinstalação de equipamentos e dispositivos da cobertura.	Atender a NBR 5419. Detalhamento em projeto e especificações em memorial descritivo de instalações, manutenção e desinstalação de equipamentos e dispositivos na cobertura (antenas, aquecedores solares, para-raios, etc.) de modo a não prejudicarem o sistema elétrico.

Fonte: Adaptado de Gealh, 2018.

Por fim, a última parte da NBR 15575, parte 6 – sistemas hidrossanitários. também apresenta informações para serem atendidas nos projetos elétricos (Quadro 12).

Quadro 12: Atribuições do projetista de instalações elétrica: NBR 15575-6

Parte	Item	Requisitos	Item	Critérios	Atendimentos
6	9.1	Risco de choques elétricos e queimaduras em sistemas de equipamentos de aquecimento e em eletrodomésticos ou eletroeletrônicos	9.1.1	Aterramento das instalações de aparelhos aquecedores, dos eletrodomésticos e eletroeletrônicos	Atender a NBR 5410 para projeto de aterramento das instalações dos aparelhos aquecedores, eletrodomésticos e dos eletroeletrônicos.
			9.1.2	Corrente de fuga em equipamentos	Prover corrente de fuga conforme a NBR 12090 para chuveiro elétricos e a NBR 14016 para aquecedores instantâneos de água e torneiras elétricas. Para os demais aparelhos a corrente de fuga deve se limitar à 15mA.
			9.1.3	Dispositivo de segurança em aquecedores de acumulação	Projetar dispositivo de alívio de sobrepressão e dispositivo de segurança que corte a alimentação de energia, para aquecedores elétricos de acumulação.
	9.4	Temperatura de utilização da água	9.4.1	Temperatura de aquecimento	Prever ponto de energia adequado para equipamento de aquecimento com controle de temperatura de água na saída do ponto de utilização sempre abaixo de 50°C.

Fonte: Adaptado de Gealh, 2018.

5.3 Indicações no projeto

Após a análise de todos os itens encontrados na tabela citada na seção anterior (5.2), foram feitas anotações no trabalho, evidenciando o que é necessário ser alterado para o enquadramento da NBR 15.575:2021, partes 1, 3, 5 e 6, e identificando os itens que estão sendo atendidos.

6 RESULTADOS

Esse capítulo visa abordar os resultados obtidos na análise de um projeto elétrico, baseado nos quadros presentes no capítulo anterior.

6.1 Requisição do projeto elétrico

Após apresentar a finalidade de utilização do projeto elétrico, a empresa A disponibilizou um projeto realizado em 2022, mas solicitou que não fossem apresentados dados do profissional e nem dados pessoais do cliente.

Apesar de ser elaborado por uma empresa de Campo Mourão – PR, sua execução será no interior de São Paulo, na cidade de São José dos Campos. Portanto foram seguidas diretrizes da Companhia Paulista de Força e Luz na elaboração do projeto.

6.2 Análise do projeto elétrico de acordo com a NBR 15575:2021-1

Com o projeto fornecido, foi feita a análise de um projeto elétrico de uma residência unifamiliar, conforme Quadro 9.

6.2.1 Dificultar o princípio do incêndio

Esse item foi analisado, inicialmente, verificando qual a carga instalada da residência unifamiliar e o valor foi de 53,475 kW. Sendo menor que 75 kW, tanto o Decreto 63.911 (2018) quanto a NR 10, isentam a edificação da instalação de um SPDA, como mostrado na Figura 34. Portanto não foi necessário atender a NBR 5419:2015.

Figura 34: Carga total instalada

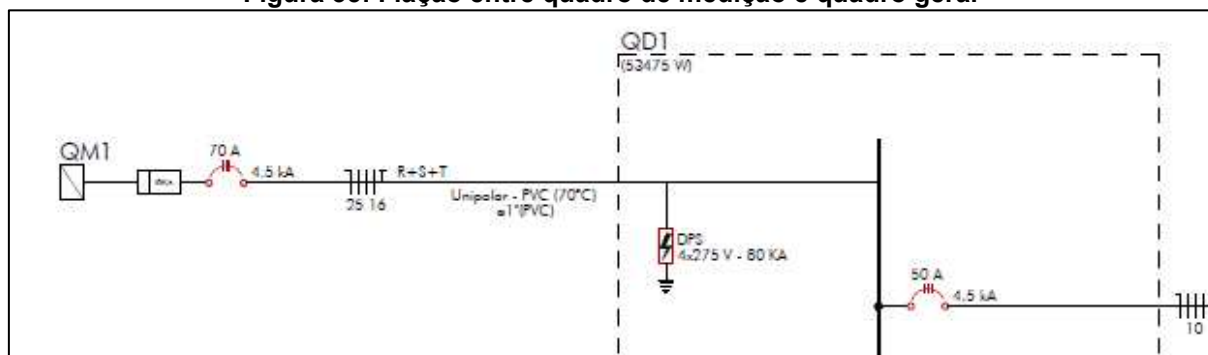
Quadro de Cargas (QD1) - Térreo						
Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)
QD2		3F+N+T	B1	220/127 V	24580	23678
INV1		-	B1	220/127 V	-	-
1	Iluminação interna	F+N+T	B1	127 V	734	734
2	Iluminação externa	F+N+T	B1	127 V	428	428
3	TUG - Garagem / Área Gourmet / Externa	F+F+T	B1	220 V	3000	2700
4	TUG - Sala / Patamar	F+F+T	B1	220 V	1111	1000
5	TUG - Cozinha	F+F+T	B1	220 V	3222	2900
6	TUG - Escritório / Corredor / Despensa	F+F+T	B1	220 V	1778	1600
7	TUG - BWC Social	F+F+T	B1	220 V	1333	1200
8	TUG - Lavanderia	F+F+T	B1	220 V	2000	1800
9	TUG - Fundos	F+F+T	B1	220 V	2167	1950
10	TUE - Torre Quente	F+F+T	B1	220 V	3667	3300
11	TUE - Lava-louças	F+F+T	B1	220 V	2000	1800
12	TUE - Chuveiro: BWC Social	F+F+T	B1	220 V	6800	6800
13	TUE - Ar Condicionado: Escritório	F+F+T	B1	220 V	1206	1085
14	TUE - Piscina	F+F+T	B1	220 V	1111	1000
15	Reserva	F+N+T	B1	127 V	500	500
16	Reserva	F+N+T	B1	127 V	500	500
17	Reserva	F+N+T	B1	127 V	500	500
TOTAL					56636	53475

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

Outro item analisado, foi a adequação a NBR 5410:2004, onde foi analisado:

- Verificação de aterramento e equipotencialização.
- Dimensionamento dos DPS;
- Dimensionamento dos dispositivos de proteção e eletrodutos;
- Cálculo da carga de curto-circuito presumida nos quadros de distribuição;

6.2.1.1 Verificação de aterramento e equipotencialização

Figura 35: Fiação entre quadro de medição e quadro geral

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

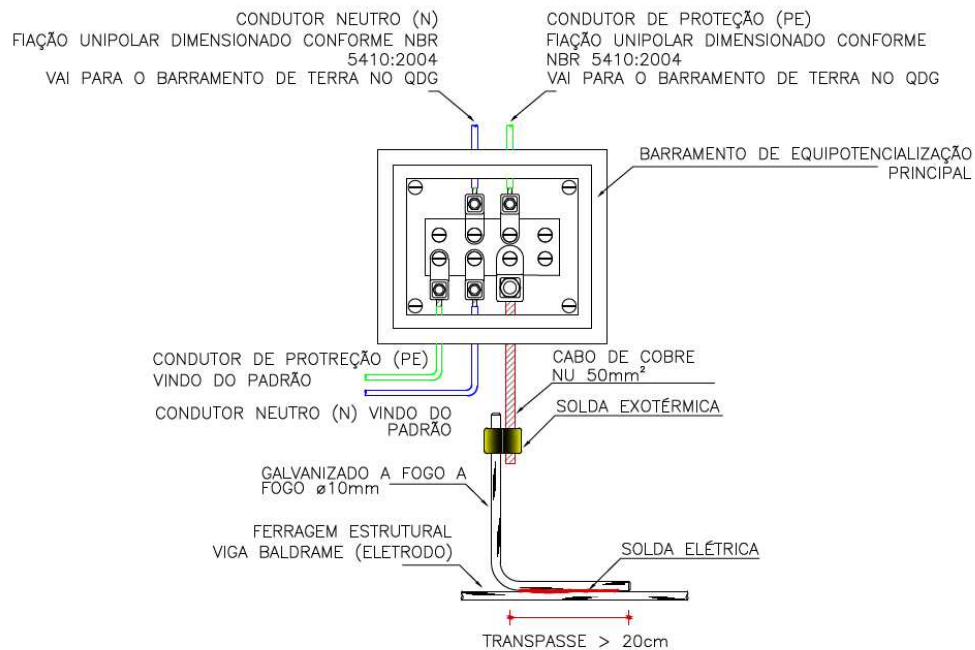
Ao analisar a Figura 35, pode-se perceber que o eletroduto que sai do quadro de medição (QM1) e vai até o quadro de distribuição (QD1), possui 3 fases, neutro e

o condutor de proteção, então é possível deduzir que o aterramento se trata de um sistema TN-C.

Não foi especificado qual será o eletrodo de aterramento e como será feita a ligação com o BEP.

Uma sugestão para resolver esse ponto, seria adicionar uma nota no projeto especificando qual o eletrodo e um detalhe para execução.

Figura 36: Detalhamento de equipotencialização

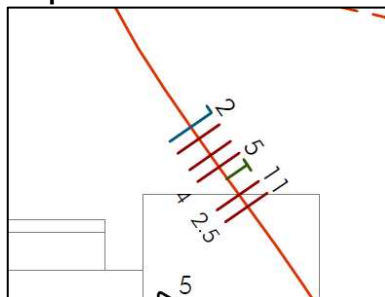


NOTAS (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004, p. 145);

- a) o primeiro elemento, que realiza a derivação do eletrodo para fora do concreto, deve ser constituído por barra de aço zincada, com diâmetro de no mínimo 10 mm, ou fita de aço zincada de 25 mm x 4 mm e ligada ao eletrodo por solda elétrica. A barra ou fita deve ser protegida contra corrosão;
- b) o segundo elemento, destinado a servir como ponto de conexão do condutor de aterramento, deve ser constituído por barra ou condutor de cobre, ligado ao primeiro elemento por solda exotérmica (ou processo equivalente do ponto de vista elétrico e da corrosão).

Fonte: Autoria própria, 2023.

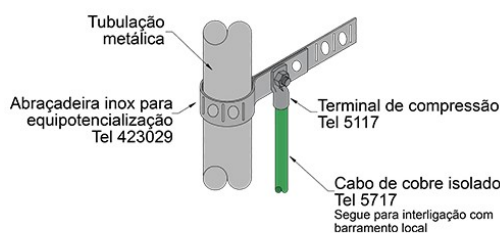
A distribuição do condutor de proteção, após o quadro de distribuição, foi feita considerando o compartilhamento da fiação, mas respeitando a NBR 5410:2004, onde o condutor compartilhado necessita ser da mesma seção que a maior fase presente no eletroduto. Todos os circuitos foram projetados com condutor de proteção, ou seja, está sendo prevista a equipotencialização dos circuitos (Figura 37).

Figura 37: Compartilhamento do condutor de proteção

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

Não há informação sobre a equipotencialização de elementos da edificação, como esquadrias de janelas, por exemplo.

Para solução dessa situação, poderia, em projeto, ser adicionado notas dos elementos que necessitam ser equipotencializados e dispor de algo semelhante a Figura 1, para melhor entendimento do eletricitista, bem como detalhamentos de como deveria ser feita a ligação com as peças metálicas (Figura 38).

Figura 38: Equipotencialização de tubulações metálicas

Fonte: Termotécnica, 2021, online.

6.2.1.2 Dimensionamento dos DPS

Foi feita uma análise dos DPS e nota-se que foi projetado 4 dispositivos no quadro de distribuição principal, ou seja, o neutro possui uma proteção própria, apesar de não ser obrigatório para esse caso (TN-S), se assemelhando a Figura 15, porém não consta nenhum DPS no quadro de medição, nem mesmo na lista de materiais (Figura 39).

Figura 39: Lista de dispositivos de proteção do Têrreo

Dispositivo de Proteção	
Disjuntor Tripolar Termomagnético - norma DIN (Curva C)	
25 A - 3 kA	1 pg
50 A - 4,5 kA	1 pg
70 A - 4,5 kA	1 pg
Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C)	
10 A - 3 kA	2 pg
Disjuntor bipolar termomagnético (380 V/220 V) - DIN (Curva B)	
10 A - 4.5 kA	8 pg
16 A - 4.5 kA	2 pg
20 A - 4.5 kA	1 pg
32 A - 4.5 kA	1 pg
Dispositivo de proteção contra surto	
275 V - 80 KA	4 pg
Interruptor tetrapolar DR (3 fases/neutro - In 30mA) - DIN	
100 A	1 pg

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

A Figura 34 mostra que a tensão nominal entre fase e neutro, é de 127 V e, comparando com o Quadro 3, verifica-se que o valor da máxima tensão de operação contínua (U_c), deve ser maior que 139,7 V, para os DPS entre fase e PE, e maior que 127 V para o DPS entre neutro e PE, então, como o valor U_c dos dispositivos projetados são de 275 V, estão de acordo com a NBR 5410:2004.

Outra característica do DPS que foi analisada é o valor da corrente nominal de descarga (I_n), onde foi projetado DPS de 80 kA.

Utilizou-se a Equação 11 e a Figura 18 para determinação mínima para o valor de I_n , determinando um valor de 186 para o parâmetro F, onde foi considerado 0,5 para o LBT.

Dessa forma, como o valor da Equação 11 foi superior a 80, o valor de I_n deve ser maior que 20 kA, então está dentro dos parâmetros.

Em nenhum lugar do projeto elétrico contempla mais informações sobre os DPS, faltando a descrição do nível de proteção (U_p) e qual a classe do dispositivo.

Para o valor de U_p , foi utilizado o Quadro 2 e determinado que o valor deveria ser igual ou menor a 1,5 kV.

Já a classe, deveria ser especificada como DPS classe II, por se tratar de uma área urbana, devendo ser protegida por contatos indiretos.

No padrão de entrada, deveria ser especificado o DPS classe II solicitado pela CPFL, por se tratar de uma residência no interior de São Paulo, como especificado na Figura 32, onde I_n necessita ser maior ou igual a 5 kA, a máxima tensão de operação contínua maior ou igual a 175 V e o nível de proteção menor ou igual a 1,5 kV:

Nota-se que, se fosse adotado o mesmo DPS para o padrão e para o QD1, estaria dentro dos parâmetros.

6.2.1.3 Dimensionamento dos dispositivos de proteção

Para garantir a segurança das instalações, serão dimensionados todos os dispositivos como solicitado pela NBR 5410:2004 e a Companhia Paulista de Força e Luz.

Ao analisar a Figura 34, nota-se as seguintes características:

- Disjuntor de 70 A de corrente nominal e 4,5 kA de proteção contra curto-circuito;
- Sistema trifásico com condutores de 25 mm² para fases e neutro e 16 mm² para condutor de proteção;
- Eletroduto com diâmetro comercial de 1".

Quando comparado com as informações da Figura 30, é possível notar que não há nenhuma categoria que se enquadra com essas características.

Como a carga instalada é maior que 25 kW, então foi necessário o cálculo da demanda prevista e para verificação, foram separados os circuitos, de acordo com a Figura 23.

A Figura 40 representa a carga instalada de iluminação e TUG:

Figura 40: Carga instalada - Iluminação e TUG

ILUMINAÇÃO + TUG						
Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)
1	Iluminação interna	F+N+T	B1	127 V	734	734
2	Iluminação externa	F+N+T	B1	127 V	428	428
3	TUG - Garagem / Área Gourmet / Externa	F+F+T	B1	220 V	3000	2700
4	TUG - Sala / Patamar	F+F+T	B1	220 V	1111	1000
5	TUG - Cozinha	F+F+T	B1	220 V	3222	2900
6	TUG - Escritório / Corredor / Despensa	F+F+T	B1	220 V	1778	1600
7	TUG - BWC Social	F+F+T	B1	220 V	1333	1200
8	TUG - Lavanderia	F+F+T	B1	220 V	2000	1800
9	TUG - Fundos	F+F+T	B1	220 V	2167	1950
18	Iluminação	F+N+T	B1	127 V	463	463
19	TUG - Quarto 1	F+F+T	B1	220 V	556	500
20	TUG - Quarto 2	F+F+T	B1	220 V	556	500
21	TUG - Suíte	F+F+T	B1	220 V	889	800
22	TUG - BWC Social	F+F+T	B1	220 V	1333	1200
23	TUG - BWC Suíte Master	F+F+T	B1	220 V	1333	1200
					20903	18975

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

Aplicando o fator de demanda presente na Figura 24, foi encontrado um valor de 5017 VA.

Outra divisão para o cálculo da demanda, foi para os circuitos de chuveiros, apresentado na Figura 41:

Figura 41: Carga instalada - Chuveiros

CHUVEIROS						
Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)
12	TUE - Chuveiro: BWC Social	F+F+T	B1	220 V	6800	6800
24	TUE - Chuveiro: BWC Social	F+F+T	B1	220 V	6800	6800
25	TUE - Chuveiro: BWC Suíte Master	F+F+T	B1	220 V	6800	6800
					20400	20400

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

Aplicando o fator de demanda presente na Figura 25, foi encontrado um valor de 17136 VA.

Como exigido pela Companhia Paulista de Força e Luz (2022), também foi feito a separação para fornos elétricos, micro-ondas e lava-louça (Figura 42):

Figura 42: Carga instalada - Forno elétrico, Micro-ondas e lava-louças

FORNO + MICRO-ONDAS + LAVA-LOUÇAS

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)
10	TUE - Torre Quente	F+F+T	B1	220 V	3667	3300
11	TUE - Lava-louças	F+F+T	B1	220 V	2000	1800
					5667	5100

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

Apesar de no projeto ser contemplado apenas dois circuitos, a torre quente é composta por micro-ondas e forno elétrico, por esse motivo, foi considerado 3 aparelhos e, de acordo com a Figura 26, foi obtido um valor de 3967 VA

A separação dos aparelhos de ar condicionado para a aplicação do fator de demanda teve um total de 4 circuitos (Figura 43):

Figura 43: Carga instalada - Aparelhos de ar condicionado

APARELHOS DE AR CONDICIONADO

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)
13	TUE - Ar Condicionado: Escritório	F+F+T	B1	220 V	1206	1085
26	TUE - Ar Condicionado: Quarto 1	F+F+T	B1	220 V	906	815
27	TUE - Ar Condicionado: Quarto 2	F+F+T	B1	220 V	906	815
28	TUE - Ar Condicionado: Suíte	F+F+T	B1	220 V	1206	1085
					4224	3800

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

Para esse número de aparelhos, não há alteração da carga instalada para a demanda, permanecendo 4224 VA.

Por último, há circuitos previstos para bombas hidráulicas, apresentado na Figura 44:

Figura 44: Carga instalada - Bombas hidráulicas

BOMBA HIDRÁULICAS

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)
14	TUE - Piscina	F+F+T	B1	220 V	1111	1000
29	TUE - Pressurizadores: Caixa d'água	F+F+T	B1	220 V	1333	1200
					2444	2200

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

Utilizando o Quadro 6, foi obtido um valor de 2333 VA:

Com todos os grupos de circuitos divididos e aplicado o fator de demanda, específico para cada caso, foi obtida a demanda prevista, de acordo com as

exigências da Companhia Paulista de Força e Luz (2020) e determinado que a demanda prevista é de 32,7 kVA.

Com esses cálculos realizados, foi necessário consultar as Figuras 30 e 31 para determinar as características da entrada de serviço.

Ao analisar a figuras, nota-se que os dispositivos necessários seriam:

- Disjuntor de 100 A de corrente nominal e valores maiores que 10 kA de proteção contra curto-circuito;
- Sistema trifásico com condutores de 35 mm² para fases e neutro e 16 mm² para condutor de proteção;
- Eletroduto com diâmetro comercial de 1.1/4".

Para o Quadro 20, foram aplicados os fatores de demanda apenas para os circuitos QD2, e utilizada a Equação 3 para calcular a corrente em cada fase, determinando os seguintes valores:

- Demanda prevista de aproximadamente 17 kVA;
- Disjuntor de 50 A de corrente nominal;
- Sistema trifásico com condutores de 10 mm² para fases e neutro e 10 mm² para condutor de proteção;
- Eletroduto com diâmetro comercial de 1" (Cálculo demonstrado neste capítulo).

Com o auxílio do Excel®, para realizar os dimensionamentos dos dispositivos de proteção, foram usadas as equações presentes nos Capítulos 4.2 e 4.3.

Analisando as tabelas do Apêndice A, pode-se notar que os dimensionamentos dos dispositivos do Projeto Elétrico (2022) estão de acordo com o que foi apresentado no Capítulo 4 desse trabalho.

Algumas considerações foram adotadas para os cálculos do Apêndice A, sendo mantido o fator correção de temperatura igual a 1, os fatores de potência foram mantidos, pois a média foi um valor de 0,92 e os comprimentos dos condutores para o cálculo da queda de tensão, foram medidos no AutoCad®, ou seja, os valores são aproximados.

Por último, foi necessário verificar os DRs, se estavam protegendo os circuitos que a NBR 5410:2004 exige e se o dimensionamento estava correto.

Ao analisar o Projeto Elétrico, presente no Anexo A, nota-se que os circuitos 6, 9 e 21 precisam ser protegidos por um DR, mas não estão.

Os circuitos 6 e 9 alimentam uma tomada externa e o circuito 21 alimenta uma tomada que, apesar de estar interna, pode ser utilizada em um equipamento externamente.

Foi calculado de acordo com o Quadro 1 e conferido se o Projeto Elétrico (2022) está correto.

Quadro 13: Dimensionamento do DR presente no QD1

Circuito	Descrição	I _p (A)	R (A)	S (A)	T (A)
3	TUG - Garagem / Área Gourmet / Externa	13,6	-	13,6	13,6
5	TUG - Cozinha	14,6	14,6	-	14,6
6	TUG - Escritório / Corredor / Despensa	8,1	8,1	8,1	-
7	TUG - BWC Social	6,1	6,1	-	6,1
8	TUG - Lavanderia	9,1	9,1	9,1	-
9	TUG - Fundos	9,8	-	9,8	9,8
10	TUE - Torre Quente	16,7	16,7	-	16,7
11	TUE - Lava-louças	9,1	9,1	9,1	-
12	TUE - Chuveiro: BWC Social	30,9	-	30,9	30,9
14	TUE - Piscina	5,1	5,1	5,1	-
			68,8	85,7	91,7

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

Fazendo uma análise sobre o Quadro 13, nota-se que, mesmo após a inclusão dos circuitos 6 e 9, a maior fase possui 91,7 A, dessa forma, o dispositivo pode ser mantido o tetrapolar de 100 A.

Quadro 14: Dimensionamento do DR presente no QD2

Circuito	Descrição	I _p (A)	R (A)	S (A)	T (A)
21	TUG - Suíte Master	4,0	4,0	4,0	-
22	TUG - BWC Social	6,1	6,1	6,1	-
23	TUG - BWC Suíte Master	6,1	6,1	6,1	-
24	TUE - Chuveiro: BWC Social	30,9	30,9	-	30,9
25	TUE - Chuveiro: BWC Suíte Master	30,9	9,1	30,9	30,9
29	TUE - Pressurizadores: Caixa d'água	6,1	6,1	6,1	-
			62,2	53,1	61,82

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

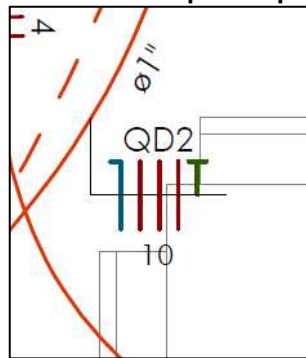
O Quadro 14 mostra que, mesmo após a inclusão do circuito 21, a maior fase possui 62,2 A, ou seja, o dispositivo especificado em projeto, um tetrapolar de 80 A, está superdimensionado, e pode ser substituído por um DR tetrapolar de 63 A.

Para completar o dimensionamento, foi feito os cálculos para os eletrodutos.

Foi realizado os cálculos para os conduítes mais carregados, até ser dimensionado um eletroduto de $\frac{3}{4}$ ". Desta forma, após encontrar um conduíte com essa seção, todos os demais foram adotados com $\frac{3}{4}$ ".

- I. Inicialmente foi calculado para o eletroduto que sai do QD1 e vai para o QD2.

Figura 45: Eletroduto que vai para o QD2



Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

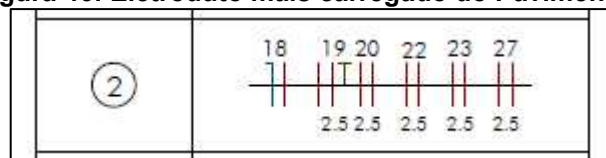
Foi retirado do projeto algumas informações:

- 2 curvas de 90°
- 6 metros de comprimento;
- 5 condutores de 10 mm².

Utilizando a Equação 14, o Quadro 5 e a Figura 20, foi determinado um eletroduto de 1".

- II. O segundo eletroduto mais carregado é um eletroduto que se encontra no pavimento 1, contendo 6 circuitos.

Figura 46: Eletroduto mais carregado do Pavimento 1



Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

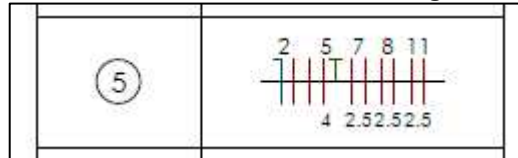
Foi retirado do projeto algumas informações:

- 1 curvas de 90°
- 3,5 metros de comprimento;
- 11 condutores de 2,5 mm²;
- 2 condutores de 1,5 mm²

Para esse eletroduto, também foi necessário um eletroduto de 1".

- III. O terceiro eletroduto mais carregado é um eletroduto que se encontra no Térreo, contendo 6 circuitos.

Figura 47: Terceiro eletroduto mais carregado do projeto



Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

Foi retirado do projeto algumas informações:

- 1 curvas de 90°
- 3,5 metros de comprimento;
- 3 condutores de 4,0 mm²;
- 6 condutores de 2,5 mm²;
- 2 condutores de 1,5 mm²

Para esse trecho, o dimensionamento foi um eletroduto de ¾".

Com isso, visto que não há conduítes com excesso de curvas no projeto, que poderiam ser necessário eletrodutos com seções maiores, foi concluído que os demais conduítes devem ser de ¾", da mesma forma que se encontra o Projeto Elétrico (2022).

6.2.1.4 Cálculo da carga de curto-circuito presumida nos quadros de distribuição

Para os cálculos utilizando a Equação 12, é necessário que tenha o conhecimento da carga de curto-circuito presumida em um ponto a montante do que está sendo calculado, então, foi utilizado o padrão de entrada como referência, onde

a Companhia Paulista de Força e Luz (2022) exige valores maiores que 10 kA, sendo adotado um valor de 12 kA.

Foi consultado o projeto e verificado que a distância entre QM1 e QD1, chegando em um valor de aproximadamente 21 metros.

Considerando a seção de 35 mm², calculado em 6.1.1.3 e os dados do Quadro 4, foi determinado um valor de 6 kA para I_k (corrente de curto-circuito presumida).

Então, os dispositivos do QD1 devem ter proteção de 6kA para curto-circuito e no Projeto Elétrico (2022) está projetado um valor de 4,5 kA, ou seja, não está de acordo com o exigido.

Também é necessário realizar os cálculos para o QD2, utilizando o QD1 como referência.

Para os cálculos foi considerado um comprimento de 6 metros entre QD1 e QD2 e seção de 10 mm² para os condutores, determinando um valor de 3,5 kA.

Como não há dispositivos com esse valor, foi escolhido, para o QD2, disjuntores de 4,5 kA, que é um valor comercial.

Verificando a Figura 38, nota-se que o disjuntor de 50 A, que protege o QD2, possui de 4,5 kA, ou seja, está de acordo com o exigido.

Para resumir esse item, foi feito um quadro para sintetizar as verificações.

Quadro 15: Quadro resumo dos itens relacionados à dificultar o princípio do incêndio

Aterramento e equipotencialização	• Condutores de proteção dimensionados de acordo com a NBR 5410; • Falta de detalhamentos e especificações sobre o sistema de aterramento; • Falta de detalhamentos sobre a equipotencialização dos elementos metálicos da edificação.
Dimensionamento dos DPS	• Não foi projetado DPS no padrão de entrada; • DPS do QD1 superdimensionados e faltando informações sobre o dispositivo.
Dimensionamento dos dispositivos de proteção	• Padrão de entrada não dimensionado de acordo com a concessionária; • Disjuntores termomagnéticos e DRs com corrente nominal dimensionadas de forma correta; • Circuito, onde a NBR 5410:2004 exige DR, sem proteção diferencial residual; • Eletrodutos bem dimensionados.
Cálculo da carga de curto-circuito presumida nos quadros de distribuição	• Carga de curto-circuito presumida dimensionada de forma errada.

Fonte: Autoria própria, 2023.

6.2.2 Segurança na utilização dos sistemas

Assim como especificado no Quadro 9, é necessário que as características dos materiais que serão utilizados, bem como os cuidados em relação à segurança na utilização dos sistemas sejam especificados em memorial descritivo, mas, para o Projeto Elétrico (2022), não foi elaborado um memorial descritivo, então esse ponto da norma não foi atendido.

Para que o projeto estivesse de acordo com a NBR 15575, em relação a esse tópico, seria necessário que fosse elaborado um memorial descritivo contendo as informações necessárias que cada material deveria ter, como por exemplo quais cabos unipolares devem ser comprados, com qual tipo de proteção e, se for necessário, até mesmo indicar a marca e modelo do produto a ser instalado.

Figura 48: Exemplo de especificação de eletrodutos em memorial descritivo

6. ELETRODUTOS

Os eletrodutos quando aparentes na subestação serão de ferro galvanizado, quando embutidos ou enterrados serão de PVC rígido anti-chama, rosqueáveis e fixos às caixas com buchas e arruelas galvanizadas.

Fonte: Adaptado de Teixeira, [s.d.].

6.2.3 Segurança na utilização das instalações

O Quadro 9, retoma a necessidade de atender as normas específicas, a NBR 5410 neste caso, exigindo a equipotencialização de equipamentos e acessórios metálicos.

Quando foi analisado o primeiro item do Quadro 9, acabou sendo verificado que há falta de detalhamento dos elementos metálicos, mas, para os equipamentos, o condutor de proteção foi dimensionado e distribuído de forma correta.

Outro ponto necessário a ser atendido é apresentar as recomendações de uso em memorial descritivo, a fim de evitar ferimentos e danos aos usuários.

Como para o Projeto Elétrico (2022) não foi elaborado um memorial descritivo, essa exigência não foi atendida por completo.

Para ficar de acordo com a NBR 15575, um memorial descritivo deveria ser feito e nele conter informações semelhantes a exemplificada na Figura 49:

Figura 49: Uso do disjuntor em caso de sobrecarga momentânea

- Em caso de sobrecarga momentânea, o disjuntor do circuito atingido se desligará automaticamente. Neste caso, religar o componente. Caso volte a desligar, significa sobrecarga contínua ou curto em algum aparelho ou no próprio circuito, o que torna necessário solicitar análise de profissional habilitado;

Fonte: Adaptado de SindusCon-SP, 2013.

6.2.4 Vida útil do projeto do edifício e dos sistemas que o compõe

Para atender a norma de desempenho nesse item, seria necessário um memorial descritivo e nele conter a estimativa da vida útil de projeto, durabilidade, informações técnicas do material e informações de uso e manutenção, a fim de ter a vida útil compatível com o que foi proposto.

É importante deixar claro quando é necessário fazer as manutenções e, para isso, deveria ser apresentado em memorial descritivo um planejamento da gestão das manutenções, semelhante a Figura 50:

Figura 50: Planejamento da gestão das manutenções

Periodicidade	Atividade	Responsável
A cada 6 meses	Testar o disjuntor tipo DR apertando o botão localizado no próprio aparelho. Ao apertar o botão, a energia será interrompida. Caso isso não ocorra, trocar o DR	Equipe de manutenção local/ empresa capacitada
A cada 1 ano	Rever o estado de isolamento das emendas de fios e, no caso de problemas, providenciar as correções	Empresa especializada
	Verificar e, se necessário, reapertar as conexões do quadro de distribuição	
	Verificar o estado dos contatos elétricos. Caso possua desgaste, substitua as peças (tomadas, interruptores e ponto de luz e outros)	
A cada 2 anos	Reapertar todas as conexões (tomadas, interruptores e ponto de luz e outros)	Empresa capacitada/ empresa especializada

Fonte: Adaptado de SindusCon-SP, 2013.

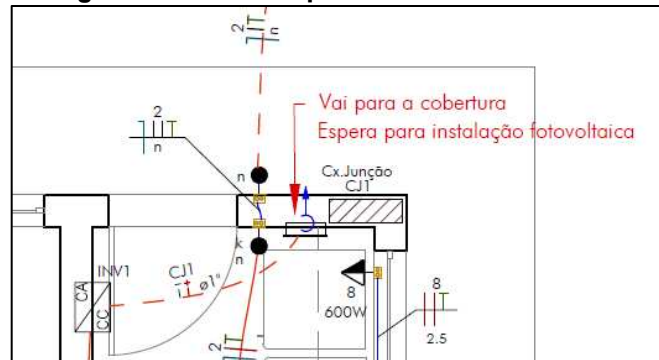
6.2.4.1 Possibilidade de ampliação da unidade habitacional

Esse item trata da ampliação física da residência, porém não há nenhuma previsão de ampliação neste projeto, pois o terreno já está sendo utilizado por completo, respeitando os recuos necessários.

Alguns pontos que podem ser abordados, apesar de não se tratar especificamente do que pede a NBR 15575-1, são as futuras instalações elétricas na residência, sem ampliação física do local.

No Projeto Elétrico (2022), há indicações claras de que será instalado um sistema fotovoltaico no futuro.

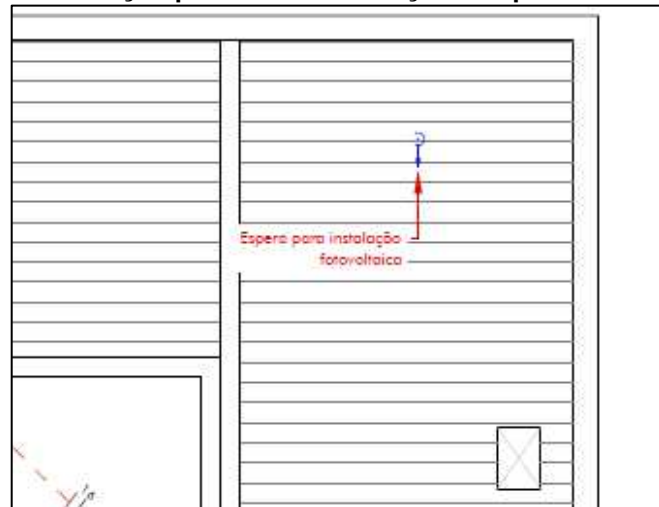
Figura 51: Previsão para sistema fotovoltaico



Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

Dessa forma, foi projetado apenas a infraestrutura para a instalação futura, locando os equipamentos e deixando as tubulações preparadas até o telhado.

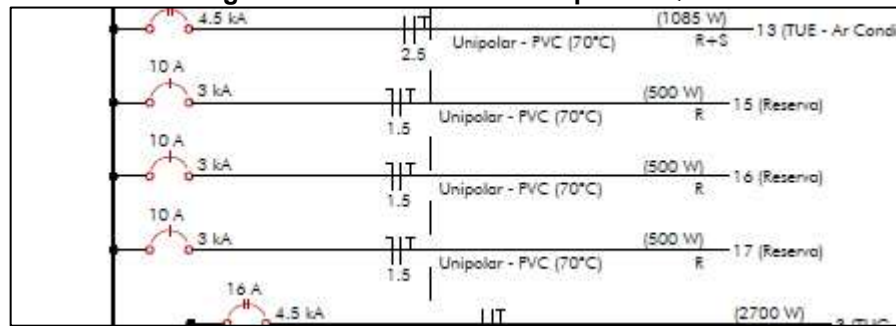
Figura 52: Indicação para futuras instalações de placas fotovoltaicas



Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

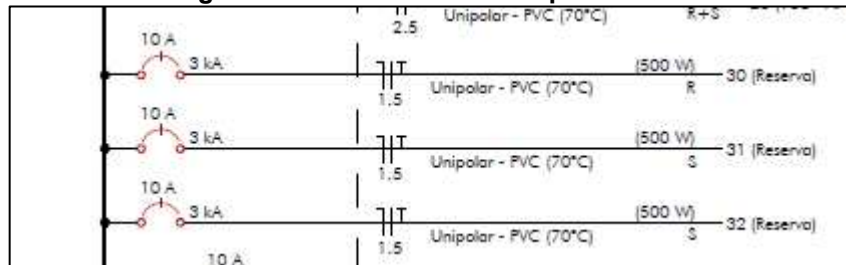
Outra ampliação que está sendo prevista em projeto elétrico, são os circuitos reservas, exigidos pela NBR 5410.

Para o QD1, foram previstos 3 circuitos reservas e, ao consultar a Figura 12, nota-se que o dimensionamento está errado, pois há 14 circuitos, então deveria ser previsto 4 espaços para disjuntores reservas.

Figura 53: Circuitos reservas para o QD1

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

Já para o QD2, o dimensionamento foi feito corretamente, pois há 12 circuitos e 3 circuitos reservas.

Figura 54: Circuitos reservas para o QD2

Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

Quadro 16: Atendimentos da NBR 15575-1

Parte	Item	Requisitos	Item	Critérios	Atendimentos	Análise
1	8.2	Difícultar o princípio do incêndio	8.2.1.1	Proteção contra descargas atmosféricas	Atender as normas específicas, NBR 5419 e NBR 5410, bem como a NR 10. Esse atendimento deve ser apresentado em uma nota ou observação.	Critério não atendido: Falta de informações e detalhamentos executivos. Para a NBR 5419, não foi necessária sua aplicação por se tratar de uma edificação unifamiliar.
			8.2.1.2	Proteção contra risco de ignição nas instalações elétricas	Atender a NBR 5410, nos itens 4.1.13, 5.2.2.1.6 e 5.2.2.3.3.	Critério atendido parcialmente: Padrão de entrada subdimensionado, mas sistemas internos dimensionados corretamente. Não há informações em memorial descritivo. Para o terceiro item, foi verificado que não há

						ambiente onde pode ter acúmulo de poeira combustível.
	9.2	Segurança na utilização do imóvel	9.2.1	Segurança na utilização dos sistemas	Apontar as características dos materiais e cuidados quanto à segurança, em memorial descritivo.	Não atendido: Não há um memorial descritivo.
	9.3	Segurança das instalações	9.3.1	Segurança na utilização das instalações	Atender as normas específicas e apresentar as recomendações em memorial descritivo, a fim de evitar a ocorrência de ferimentos ou danos aos usuários, em condições normais de uso. Observar se todas as tubulações, equipamentos e acessórios do sistema elétrico e hidrossanitário estão direta ou indiretamente aterrados.	Não atendido: Não há um memorial descritivo.
	14.2	Vida útil do projeto do edifício e dos sistemas que o compõe	14.2.1	Vida útil de projeto	Estimar em seu projeto e/ou material descritivo a vida útil de acordo com as normas específicas.	Não atendido: Não há um memorial descritivo.
			14.2.3	Durabilidade	Estimar em seu material descritivo a vida útil de acordo com as normas específicas. Atender premissas de projeto, item 14.2.5. NBR 15575-1	Não atendido: Não há um memorial descritivo.
	16.4	Possibilidade de ampliação da unidade habitacional	16.4.1	Ampliação de unidades habitacionais evolutivas	Elaborar projeto elétrico de ampliação prevista.	Não há a possibilidade de ampliação da edificação, pois o terreno já está preenchido pela edificação.

Fonte: Adaptado de Gealh, 2018.

A NBR 15575 foi atualizada em 2021 e os itens relacionados a Desempenho Térmico e Desempenho Acústico foram alterados, mas estes itens não estão relacionados ao atendimento por parte do projeto elétrico, conforme tese de Gealh (2018), portanto as análises dos quadros não foram alteradas.

6.3 Análise do projeto elétrico de acordo com a NBR 15575:2021-3

Continuando as atribuições do projetista eletricista, o Quadro 10 descreve as ações necessárias a serem atendidas na terceira parte da NBR 15575:2021, sistemas de pisos.

6.3.1 Dificultar a propagação de incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação

Para a análise da parte 3 da NBR 15575, foi verificado os seguintes pontos:

- a) Necessidade de selagem corta-fogo;
- b) Alarme de incêndio e detecção de fumaça;
- c) Passagens elétricas por prumadas enclausuradas.

6.3.1.1 Selagem corta-fogo

Há duas passagens de tubulações elétricas pelo piso que separa os pavimentos, mas não há nenhuma indicação de selagem corta-fogo, onde seria necessário.

Figura 55: Passagem de tubulação elétrica pela laje



Fonte: Adaptado de Projeto Elétrico, 2022.

As tubulações, apesar de serem poliméricas, não possuem diâmetro interno superior a 40 mm, por isso a selagem corta-fogo não necessita se expandir com o calor.

Como não há memorial descritivo, pode-se afirmar que não foi projetado nenhum tipo de selagem corta-fogo, que, de acordo com a Figura 33, o material deveria possuir um TRRF de, pelo menos, 30 minutos.

Em um memorial descritivo, deveria ser especificado materiais semelhantes ao da Figura 56.

Figura 56: Selagem corta-fogo a base de silicone

Fonte: CKC, [S.d.].

Outra análise feita, foi a de não ser necessário sistemas de detecção de fumaça e alarme de incêndios, por se tratar de uma edificação unifamiliar.

Também não há prumadas enclausuradas para serem avaliadas.

Quadro 17: Atendimentos da NBR 15575-3

Parte	Item	Requisitos	Item	Critérios	Atendimentos	Análise
3	8.3	Difícultar a propagação de incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação	8.3.3	Selagem corta-fogo nas prumadas elétricas e hidráulicas	Especificar em projeto e memorial descritivo os pontos onde serão necessários o uso de selagem corta fogo.	Critério não atendido: Não há um memorial descritivo e nem indicações no projeto.
			8.3.5	Selagem corta-fogo de tubulações de material polimérico	Especificar em projeto e memorial descritivo os pontos entre pisos onde passam tubulações com diâmetro superior a 40mm e especificar o uso de selagem corta-fogo.	Não há tubulações elétricas com diâmetro interno maior que 40 mm passando pelo piso.
			8.3.7	Registro corta-fogo nas tubulações de ventilação	Projetar instalações para a implantação de sistemas de detecção de fumaça e alarme de incêndio.	Não foi necessária sua aplicação por se tratar de uma edificação unifamiliar.
			8.3.9	Prumadas enclausuradas	Verificar se as tubulações dispensam selagem corta-fogo por estarem passando por prumadas enclausuradas	Não há prumadas enclausuradas no projeto.

Fonte: Adaptado de Gealh, 2018.

6.4 Análise do projeto elétrico de acordo com a NBR 15575:2021-5

Ao analisar o Quadro 11, nota-se que não há instalações elétrica na cobertura do Projeto Elétrico (2022) e, os demais itens tratam de SPDA, que não é necessário para esse tipo de edificação.

Quadro 18: Atendimentos da NBR 15575-5

Parte	Item	Requisitos	Item	Critérios	Atendimentos	Análise
5	8.2	Reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento	8.2.1	Avaliação da reação da face interna dos sistemas de cobertura das edificações	Especificar adequadamente em relação à classificação de reação ao fogo os materiais incorporados ao sistema de cobertura.	Não foi necessária sua aplicação por não apresentar componentes elétricos na cobertura.
	9.2	Manutenção e operação	9.2.5	Aterramento de sistemas de coberturas metálicas	Projetar aterramento para o sistema de cobertura constituído por estrutura e/ou telhas metálicas. Atender as normas NBR 5419 e NBR 13571.	Não foi necessária sua aplicação por se tratar de uma edificação unifamiliar.
	16.2	Manutenção dos equipamentos e dispositivos ou componentes constituintes e integrantes do sistema de cobertura	16.2.1	Instalação, manutenção e desinstalação de equipamentos e dispositivos da cobertura.	Atender a NBR 5419. Detalhamento em projeto e especificações em memorial descritivo de instalações, manutenção e desinstalação de equipamentos e dispositivos na cobertura (antenas, aquecedores solares, para-raios, etc.) de modo a não prejudicarem o sistema elétrico.	Não foi necessária sua aplicação por se tratar de uma edificação unifamiliar.

Fonte: Adaptado de Gealh, 2018.

6.5 Análise do projeto elétrico de acordo com a NBR 15575:2021-6

Nesse item, foi feito uma análise dos requisitos e critérios presentes no Quadro 12.

6.5.1 Riscos de choques elétricos e queimaduras

Nesse item, a análise foi feita seguindo os tópicos:

- Verificações de aterramento dos aparelhos aquecedores, eletrodomésticos e eletroeletrônicos;
- Verificações das correntes de fuga;

- c) Dispositivos de proteção para aquecedores de acumulação.

6.5.1.1 Verificações de aterramento dos aparelhos aquecedores, eletrodomésticos e eletroeletrônicos

Como visto no item 6.1.1.1, todas as tomadas de correntes e demais aparelhos, estão com os condutores de proteção dimensionados, então esse item já foi avaliado e atendido.

6.5.1.2 Verificações das correntes de fugas

A verificação das correntes de fuga é feita após a execução do projeto, pois não há como saber se haverá uma fuga de corrente no aparelho.

O projetista eletricitista deveria colocar notas no projeto, ou em um memorial descritivo de quais normas devem ser seguidas para essa verificação e quais os valores máximos para as fugas de corrente dos eletrodomésticos.

6.5.1.3 Dispositivo de proteção para aquecedores de acumulação

No projeto elétrico não há aquecedores de acumulação, então não foi necessário a verificação desse item.

6.5.2 Temperatura de utilização de água

Os equipamentos de aquecimento de água previstos no Projeto Elétrico (2022) são apenas chuveiros elétricos, que não precisam de um equipamento para controlar a temperatura, pois não há mistura de água quente e fria, ou seja, esse item não se aplica.

Quadro 19: Atendimentos da NBR 15575-6

Parte	Item	Requisitos	Item	Critérios	Atendimentos	Análise
6	9.1	Risco de choques elétricos e queimaduras em sistemas de equipamentos de aquecimento e em eletrodomésticos ou eletroeletrônicos	9.1.1	Aterramento das instalações de aparelhos aquecedores, dos eletrodomésticos e eletroeletrônicos	Atender a NBR 5410 para projeto de aterramento das instalações dos aparelhos aquecedores, eletrodomésticos e dos eletroeletrônicos.	Critério atendido: condutores de proteção distribuídos e dimensionados corretamente.

			9.1.2	Corrente de fuga em equipamentos	Prover corrente de fuga conforme a NBR 12090 para chuveiro elétricos e a NBR 14016 para aquecedores instantâneos de água e torneiras elétricas. Para os demais aparelhos a corrente de fuga deve se limitar à 15mA.	Esse critério deve ser verificado após a execução do projeto, para facilitar a execução correta, poderia haver notas para verificar fugas de corrente in loco.
			9.1.3	Dispositivo de segurança em aquecedores de acumulação	Projetar dispositivo de alívio de sobrepressão e dispositivo de segurança que corte a alimentação de energia, para aquecedores elétricos de acumulação.	Não foi necessária sua aplicação pois não há aquecedores elétricos de acumulação no projeto.
	9.4	Temperatura de utilização da água	9.4.1	Temperatura de aquecimento	Prever ponto de energia adequado para equipamento de aquecimento com controle de temperatura de água na saída do ponto de utilização sempre abaixo de 50°C.	Não foi necessária sua aplicação pois não há sistema de água quente.

Fonte: Adaptado de Gealh, 2018.

A planilha completa de análise pode ser encontrada no Apêndice B.

6.6 Principais itens obtidos

Sobre a proteção contra descargas atmosféricas, teve falta de detalhamentos executivos, DPS superdimensionados, porém seguros, e condutores de proteção bem dimensionados. Não foi necessária a análise da NBR 5419, por ser uma edificação unifamiliar.

Para a proteção contra riscos de ignição nas instalações elétricas, os condutores, eletrodutos e dispositivos de proteção estavam dimensionados corretamente e não havia nenhum ambiente com a possibilidade de acúmulo de poeira combustível.

Todos os itens relacionados ao memorial descritivo, não foram atendidos, por falta do mesmo.

Outro ponto exigido pela Norma de Desempenho é sobre a possibilidade de ampliação da unidade habitacional, mas no projeto não havia espaço físico para a isso.

Registros corta-fogo, bem como sistemas de detecção e alarme de incêndio, não eram necessários para esse projeto (residência unifamiliar).

Pelo fato de a edificação não necessitar de SPDA, os itens da parte 5 da NBR 15575, não foram aplicados.

Por fim, na última parte, o único a ser analisado, para esse projeto, foram os condutores de proteção para os aquecedores de água, que foram verificados também na parte 1 da NBR 15575.

Como sugestão, para todos os projetos devem ser criados um memorial descritivo, pois é fundamental para o atendimento da NBR 15575.

7 CONCLUSÃO

Com o objetivo de verificar se a NBR 15575 foi aplicada em um projeto elétrico pelo projetista, o trabalho obteve resultados satisfatórios.

O primeiro passo foi requerer um projeto elétrico elaborado após 2021, ano da última revisão da NBR 15575 e, em contato com uma empresa de Campo Mourão, foi disponibilizado um projeto para análise. Esse projeto se enquadrava para a proposta da pesquisa.

O segundo passo era verificar os atendimentos dos requisitos exigidos pela norma de desempenho e, para isso, foi utilizado tabelas presente na tese de doutorado de Gealh (2018).

Nessa parte do trabalho, foi possível verificar que, quando a Norma de Desempenho apresentava a necessidade de atender a NBR 5410:2004, a grande maioria dos requisitos foram atendidos, com alguns dimensionamentos equivocados e, às vezes, até superdimensionados, mas quando a NBR 15575 fazia solicitações fora da norma de instalações elétricas de baixa tensão, os requisitos não eram atendidos.

O terceiro passo foi concluído sugerindo como aplicar os requisitos não atendidos, como por exemplo, a elaboração de um memorial descritivo, que é exigido pela NBR 15575.

Durante o trabalho verificou-se que, para esse projeto elétrico, a Norma de Desempenho não foi totalmente atendida.

Outra consideração a ser feita, é que, para que o trabalho não ficasse ainda mais extenso, algumas verificações foram adotadas como corretas, sem passar por uma verificação, como é o caso da previsão de cargas para cada ambiente.

Como sugestão, outros trabalhos como esse poderiam ser desenvolvidos, com a finalidade de verificar outros projetos, tanto elétricos como em outras áreas, podendo ser estrutural, hidráulico ou sanitário, pois a muito o que ser explorado na Norma de Desempenho.

REFERÊNCIAS

ABENC. **Competência dos engenheiros civis para projetos de instalações elétricas prediais**. [S.l.] 2017. Disponível em:

<http://www.abenc.org.br/artigo/186/competencia-dos-engenheiros-civis-para-projetos-de-instalacoes-eletricas-prediais#:~:text=Com%20o%20que%20se%20conclui,podem%20dispor%20sobre%20compet%C3%A2ncias%20legais>. Acesso em: 12 jun. 2022.

ALTO QI. **Como é dimensionado o interruptor diferencial residual?** Site AltoQI,

2022. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/360015071933-Como-é-dimensionado-o-Interruptor-Diferencial-Residual>- Acesso em: 02 maio 2023

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5419-2**: proteção contra descargas atmosféricas - Parte 2: Gerenciamento de risco. Rio de Janeiro: ABNT, 2015a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6479**: portas e vedadores - Determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14432**: exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15465**: sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão - Requisitos de desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais — desempenho Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-3**: edificações habitacionais — desempenho Parte 3: requisitos para sistemas de pisos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5**: edificações habitacionais — desempenho Parte 5: requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2021c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-6**: edificações habitacionais — desempenho Parte 6: requisitos para os sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2021d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17240**: sistemas de detecção e alarme de incêndio – projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio – requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

BARBOSA, F. S.; GRABASCK, J. R.; GUIMARÃES, R. F. A.; RODRIGUES, R.; MARRAUI, F.; BALDNER F. O.; TEIXEIRA, G. P.; COSTA, L. A. **Projeto de instalações elétricas**. Porto Alegre, RS: Grupo A EDUCAÇÃO S.A., 2019. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788533500747/>. Acesso em: 24 out. 2021.

BORGES, C. A. de M. **O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-25092008-094741/pt-br.php> Acesso em: 26 maio 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 10** – segurança em instalações e serviços em eletricidade. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2004. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2022.

CAVALIN, G.; CERVELIN, S. **Instalações elétricas prediais**. 16. ed São Paulo, SP: Saraiva, 2006.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Desempenho das edificações habitacionais**: guia orientativo para atendimento da norma ABNT NBR 15575/2013. 2. ed. Brasília, DF: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

COSTA, P. F; MORENO, H. **Aterramento elétrico**. São Paulo: PROCOBRE, 2018. Disponível em <https://abccobre.org.br/e-book-aterramento-eletrico/>. Acesso em: 9 abr. 2023.

CKC. **Selagem Corta-Fogo** – Firestop CKC®. Site CKC, [s.d]. Disponível em: <https://www.ckc.com.br/index.php/aplicacoes/340-selagem-corta-fogo-firestop-ckc.html>. Acesso em: 16 maio 2023.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações elétricas**. 5. ed. São Paulo, SP: Pearson, 2008.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. **GED-13** – Fornecimento em tensão secundária de distribuição. Norma Técnica, Campinas, SP, 2020. Disponível em: <https://www.cpfl.com.br/sites/cpfl/files/2021-12/GED-13.pdf>. Acesso em: 05 maio 2023.

_____. **Guia para ligação nova:** Dimensionando o seu padrão. Guia técnico, Campinas, SP, 2022. Disponível em: https://www.cpfl.com.br/sites/cpfl/files/2022-08/Guia_tecnico_ligacao_CPFL.pdf. Acesso em: 05 maio 2023.

CRUZ, E. C. A.; ANICETO, L. A. **Instalações elétricas:** fundamentos, prática e projetos em instalações residenciais e comerciais. São Paulo, SP: Saraiva, 2012. E-book. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536503974/>. Acesso em: 04 out. 2022.

ENEBRAS. **Catalogo 2022/2023.** Campo Largo, PR, 2022. Disponível em: <https://www.enerbras.com.br/restrito/img/download/catalogo-2022-2023-20230131-1541484.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2023.

GEALH, J. K. V. **Análise crítica da implantação da NBR 15575 em construtoras e incorporadoras.** 2018. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/205516>. Acesso em: 24 jun. 2021.

KEELLING, R.; BRANCO, R. H. F. **Gestão de projetos 4ED.** São Paulo, SP: Saraiva, 2018. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788553131655/>. Acesso em: 16 mar. 2022.

LIMA FILHO, D. L. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais.** 12. ed São Paulo, SP. Saraiva, 2011. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536520131/>. Acesso em: 30 abr. 2023.

MACHADO, R. **Projetos elétricos.** São Paulo: Saraiva, 2017. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536531151/>. Acesso em: 29 mar. 2022.

MAMEDE FILHO, J. **Instalações elétricas industriais.** 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521638643/>. Acesso em: 17 maio 2023

MORENO, H. **Cálculo da corrente de curto circuito presumida**. [S.l.]: Potência Educação, 2022. 1 vídeo (40 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=COzrDbWQ89s>. Acesso em: 24 abr. 2023.

PROJETO ELÉTRICO. **Projeto elétrico**. Edificação unifamiliar de 217,54 m². Elaborado pela Empresa A, Campo Mourão, 2022.

SÃO PAULO. **Decreto n. 63.911**, de 10 de dezembro de 2018. Institui o regulamento de segurança contra incêndios das edificações e áreas de risco no Estado de São Paulo e dá providências correlatas. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2018/decreto-63911-10.12.2018.html>. Acesso em: 04 maio 2023.

SATO, H.; RAMOS, I. M. L. **Física para edificações**. Porto Alegre, RS: Bookman, 2014. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582601402/>. Acesso em: 16 out. 2021. p.47

SIEMENS. **Dispositivos de proteção contra surtos - DPS 5SD7**. São Paulo, SP, 2021. Disponível em: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:64c4b3e1-1811-4e2f-bbcf-6e9bb26db113/catalogo-dps-ago21.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2023.

SOUZA, A. N. D.; RODRIGUES, J. E.; BORELLI, R.; BARROS, B. F. D. **SPDA - sistemas de proteção contra descargas atmosféricas: teoria, prática e legislação**. São Paulo: Saraiva, 2020. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536532950/>. Acesso em: 31 mar. 2022.

TERMOTÉCNICA. **Abraçadeira inox para equipotencialização de tubulações metálicas**. Site, Termotécnica 2021. Disponível em: <https://tel.com.br/produto/abracadeira-inox-equipotencializacao/>. Acesso em: 08 maio 2023.

APÊNDICE A – Dimensionamento de condutores e disjuntores

DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES E DISJUNTORES

Quadro 20: Dimensionamento QD1

Circuito	Descrição	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fator de potência	FCT	FCA	Ip (A)	Ip' (A)	Seção (mm²)	Iz (A)	Iz' (A)	I2 (A)	Disj (A)			Queda de tensão (A/V x km)	L (m)	dV total (%)	Status
														In	Ip ≤ In ≤ Iz'	I2 ≤1,45 x Iz'				
1	Iluminação interna	127	734	734	1,00	1,00	0,70	5,8	8,3	1,5	17,5	12,25	13,50	10	Ok	Ok	27,6	18,0	2,26	Ok
2	Iluminação externa	127	428	428	1,00	1,00	0,60	3,4	5,6	1,5	17,5	10,5	13,50	10	Ok	Ok	27,6	38,0	2,78	Ok
3	TUG - Garagem / Área Gourmet / Externa	220	3000	2700	0,90	1,00	0,70	13,6	19,5	2,5	24,0	16,8	21,60	16	Ok	Ok	16,9	35,0	3,67	Ok
4	TUG - Sala / Patamar	220	1111	1000	0,90	1,00	0,65	5,1	7,8	2,5	24,0	15,6	13,50	10	Ok	Ok	16,9	29,0	1,13	Ok
5	TUG - Cozinha	220	3222	2900	0,90	1,00	0,60	14,6	24,4	4	32,0	19,2	21,60	16	Ok	Ok	10,6	18,0	1,27	Ok
6	TUG - Escritório / Corredor / Despensa	220	1778	1600	0,90	1,00	0,65	8,1	12,4	2,5	24,0	15,6	13,50	10	Ok	Ok	16,9	15,0	0,93	Ok
7	TUG - BWC Social	220	1333	1200	0,90	1,00	0,60	6,1	10,1	2,5	24,0	14,4	13,50	10	Ok	Ok	16,9	6,0	0,28	Ok
8	TUG - Lavanderia	220	2000	1800	0,90	1,00	0,60	9,1	15,2	2,5	24,0	14,4	13,50	10	Ok	Ok	16,9	7,0	0,49	Ok
9	TUG - Fundos	220	2167	1950	0,90	1,00	0,65	9,9	15,2	2,5	24,0	15,6	13,50	10	Ok	Ok	16,9	6,0	0,45	Ok
10	TUE - Torre Quente	220	3667	3300	0,90	1,00	1,00	16,7	16,7	2,5	24,0	24	27,00	20	Ok	Ok	16,9	5,0	0,64	Ok
11	TUE - Lava-louças	220	2000	1800	0,90	1,00	0,60	9,1	15,2	2,5	24,0	14,4	13,50	10	Ok	Ok	16,9	13,0	0,91	Ok
12	TUE - Chuveiro: BWC Social	220	6800	6800	1,00	1,00	1,00	30,9	30,9	6	41,0	41	43,20	32	Ok	Ok	7,07	2,0	0,20	Ok
13	TUE - Ar Condicionado: Escritório	220	1206	1085	0,90	1,00	0,65	5,5	8,4	2,5	24,0	15,6	13,50	10	Ok	Ok	16,9	6,0	0,25	Ok
14	TUE - Piscina	220	1111	1000	0,90	1,00	1,00	5,1	5,1	2,5	24,0	24	13,50	10	Ok	Ok	16,9	24,0	0,93	Ok
					0,92															

Fonte: Autoria própria, 2023.

Quadro 21: Dimensionamento QD2

Circuito	Descrição	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fator de potência	FCT	FCA	Ip (A)	Ip' (A)	Seção (mm²)	Iz (A)	Iz' (A)	I2 (A)	Disj (A)			Queda de tensão (A/V x km)	L (m)	dV total (%)	Status
														In	Ip ≤ In ≤ Iz'	I2 ≤1,45 x Iz'				
18	Iluminação	127	463	463	1,00	1,00	0,80	3,6	4,6	1,5	17,5	14	13,50	10	Ok	Ok	27,6	15,0	1,19	Ok
19	TUG - Quarto 1	220	556	500	0,90	1,00	0,80	2,5	3,2	2,5	24,0	19,2	13,50	10	Ok	Ok	16,9	10,0	0,19	Ok
20	TUG - Quarto 2	220	556	500	0,90	1,00	0,80	2,5	3,2	2,5	24,0	19,2	13,50	10	Ok	Ok	16,9	10,0	0,19	Ok
21	TUG - Suíte Master	220	889	800	0,90	1,00	1,00	4,0	4,0	2,5	24,0	24	13,50	10	Ok	Ok	16,9	12,0	0,37	Ok
22	TUG - BWC Social	220	1333	1200	0,90	1,00	0,80	6,1	7,6	2,5	24,0	19,2	13,50	10	Ok	Ok	16,9	7,0	0,33	Ok
23	TUG - BWC Suíte Master	220	1333	1200	0,90	1,00	0,80	6,1	7,6	2,5	24,0	19,2	13,50	10	Ok	Ok	16,9	4,0	0,19	Ok
24	TUE - Chuveiro: BWC Social	220	6800	6800	1,00	1,00	0,80	30,9	38,6	6,0	41,0	32,8	43,20	32	Ok	Ok	7,07	7,0	0,70	Ok
25	TUE - Chuveiro: BWC Suíte Master	220	6800	6800	1,00	1,00	0,80	30,9	38,6	6,0	41,0	32,8	43,20	32	Ok	Ok	7,07	7,0	0,70	Ok
26	TUE - Ar Condicionado: Quarto 1	220	906	815	0,90	1,00	1,00	4,1	4,1	2,5	24,0	24	13,50	10	Ok	Ok	16,9	10,0	0,32	Ok
27	TUE - Ar Condicionado: Quarto 2	220	906	815	0,90	1,00	0,80	4,1	5,1	2,5	24,0	19,2	13,50	10	Ok	Ok	16,9	10,0	0,32	Ok
28	TUE - Ar Condicionado: Suíte Master	220	1206	1085	0,90	1,00	1,00	5,5	5,5	2,5	24,0	24	13,50	10	Ok	Ok	16,9	4,0	0,17	Ok
29	TUE - Pressurizadores: Caixa d'água	220	1333	1200	0,90	1,00	1,00	6,1	6,1	2,5	24,0	24	13,50	10	Ok	Ok	16,9	4,0	0,19	Ok
					0,92															

Fonte: Autoria própria, 2023.

APÊNDICE B – Resumo dos atendimentos

Quadro 22: Atendimentos da NBR 15575:2021

Parte	Item	Requisitos	Item	Crítérios	Atendimentos	Análise
1	8.2	Difícultar o princípio do incêndio	8.2.1.1	Proteção contra descargas atmosféricas	Atender as normas específicas, NBR 5419 e NBR 5410, bem como a NR 10. Esse atendimento deve ser apresentado em uma nota ou observação.	Crítério não atendido: Falta de informações e detalhamentos executivos. Para a NBR 5419, não foi necessária sua aplicação por se tratar de uma edificação unifamiliar.
			8.2.1.2	Proteção contra risco de ignição nas instalações elétricas	Atender a NBR 5410, nos itens 4.1.13, 5.2.2.1.6 e 5.2.2.3.3.	Crítério atendido: os dois primeiros itens foram atendidos. Para o terceiro, foi verificado que não ambiente onde pode ter acúmulo de poeira combustível.
	9.2	Segurança na utilização do imóvel	9.2.1	Segurança na utilização dos sistemas	Apontar as características dos materiais e cuidados quanto à segurança, em memorial descritivo.	Crítério atendido parcialmente: Padrão de entrada subdimensionado, mas sistemas internos dimensionados corretamente. Não há informações em memorial descritivo.
	9.3	Segurança das instalações	9.3.1	Segurança na utilização das instalações	Atender as normas específicas e apresentar as recomendações em memorial descritivo, a fim de evitar a ocorrência de ferimentos ou danos aos usuários, em condições normais de uso. Observar se todas as tubulações, equipamentos e acessórios do sistema elétrico e hidrossanitário estão direta ou indiretamente aterrados.	Não atendido: Não há um memorial descritivo.
	14.2	Vida útil do projeto do edifício e dos sistemas que o compõe	14.2.1	Vida útil de projeto	Estimar em seu projeto e/ou material descritivo a vida útil de acordo com as normas específicas.	Não atendido: Não há um memorial descritivo.

			14.2.3	Durabilidade	Estimar em seu material descritivo a vida útil de acordo com as normas específicas. Atender premissas de projeto, item 14.2.5. NBR 15575-1	Não atendido: Não há um memorial descritivo.
	16.4	Possibilidade de ampliação da unidade habitacional	16.4.1	Ampliação de unidades habitacionais evolutivas	Elaborar projeto elétrico de ampliação prevista.	Não há a possibilidade de ampliação da edificação, pois o terreno já está preenchido pela edificação.
3	8.3	Dificultar a propagação de incêndio, da fumaça e preservar a estabilidade estrutural da edificação	8.3.3	Selagem corta-fogo nas prumadas elétricas e hidráulicas	Especificar em projeto e memorial descritivo os pontos onde serão necessários o uso de selagem corta fogo.	Critério não atendido: Não há um memorial descritivo e nem indicações no projeto.
			8.3.5	Selagem corta-fogo de tubulações de material polimérico	Especificar em projeto e memorial descritivo os pontos entre pisos onde passam tubulações com diâmetro superior a 40mm e especificar o uso de selagem corta-fogo.	Não há tubulações elétricas com diâmetro interno maior que 40 mm passando pelo piso.
			8.3.7	Registro corta-fogo nas tubulações de ventilação	Projetar instalações para a implantação de sistemas de detecção de fumaça e alarme de incêndio.	Não foi necessária sua aplicação por se tratar de uma edificação unifamiliar.
			8.3.9	Prumadas enclausuradas	Verificar se as tubulações dispensam selagem corta-fogo por estarem passando por prumadas enclausuradas	Não há prumadas enclausuradas no projeto.
5	8.2	Reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento	8.2.1	Avaliação da reação da face interna dos sistemas de cobertura das edificações	Especificar adequadamente em relação à classificação de reação ao fogo os materiais incorporados ao sistema de cobertura.	Não foi necessária sua aplicação por não apresentar componentes elétricos na cobertura.

	9.2	Manutenção e operação	9.2.5	Aterramento de sistemas de coberturas metálicas	Projetar aterramento para o sistema de cobertura constituído por estrutura e/ou telhas metálicas. Atender as normas NBR 5419 e NBR 13571.	Não foi necessária sua aplicação por se tratar de uma edificação unifamiliar.
	16.2	Manutenção dos equipamentos e dispositivos ou componentes constituintes e integrantes do sistema de cobertura	16.2.1	Instalação, manutenção e desinstalação de equipamentos e dispositivos da cobertura.	Atender a NBR 5419. Detalhamento em projeto e especificações em memorial descritivo de instalações, manutenção e desinstalação de equipamentos e dispositivos na cobertura (antenas, aquecedores solares, para-raios, etc.) de modo a não prejudicarem o sistema elétrico.	Não foi necessária sua aplicação por se tratar de uma edificação unifamiliar.
6	9.1	Risco de choques elétricos e queimaduras em sistemas de equipamentos de aquecimento e em eletrodomésticos ou eletroeletrônicos	9.1.1	Aterramento das instalações de aparelhos aquecedores, dos eletrodomésticos e eletroeletrônicos	Atender a NBR 5410 para projeto de aterramento das instalações dos aparelhos aquecedores, eletrodomésticos e dos eletroeletrônicos.	Critério atendido: condutores de proteção distribuídos e dimensionados corretamente.
			9.1.2	Corrente de fuga em equipamentos	Prover corrente de fuga conforme a NBR 12090 para chuveiro elétricos e a NBR 14016 para aquecedores instantâneos de água e torneiras elétricas. Para os demais aparelhos a corrente de fuga deve se limitar à 15mA.	Esse critério deve ser verificado após a execução do projeto, para facilitar a execução correta, poderia haver notas para verificar fugas de corrente in loco.
			9.1.3	Dispositivo de segurança em aquecedores de acumulação	Projetar dispositivo de alívio de sobrepressão e dispositivo de segurança que corte a alimentação de energia, para aquecedores elétricos de acumulação.	Não foi necessária sua aplicação pois não há aquecedores elétricos de acumulação no projeto.
	9.4	Temperatura de utilização da água	9.4.1	Temperatura de aquecimento	Prever ponto de energia adequado para equipamento de aquecimento com controle de temperatura de água na saída do ponto de utilização sempre abaixo de 50°C.	Não foi necessária sua aplicação pois não há sistema de água quente.

Fonte: Adaptado de Gealh, 2018.

ANEXO A – Projeto elétrico

