

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

CLARISSE FREIRE BARBOZA MAURÍCIO

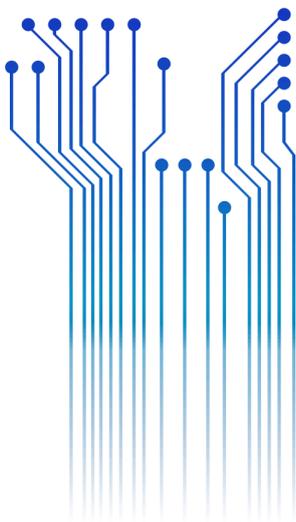


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ADEQUAÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ÀS NORMAS VIGENTES:
ESTUDO DE CASO



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2021

CLARISSE FREIRE BARBOZA MAURÍCIO

ADEQUAÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ÀS NORMAS VIGENTES:
ESTUDO DE CASO

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Orientador:
Professor Pablo Bezerra Villar, D. Sc.

Campina Grande
2021

CLARISSE FREIRE BARBOZA MAURÍCIO

ADEQUAÇÃO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ÀS NORMAS VIGENTES:
ESTUDO DE CASO

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Pablo Bezerra Vilar, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me ajudado a chegar até aqui, por ter me amparado em momentos difíceis e por nunca ter me deixado desistir e a Maria por ter me protegido sempre com seu manto.

À minha mãe, Bisneta, por sempre ter acreditado em mim, por me dar amor incondicional, por sempre fazer de tudo pra me ver feliz e ser o meu maior exemplo de mulher honesta e verdadeira. Ao meu pai, Vitor, por todo amor, apoio e sempre acreditar no meu sucesso.

À minha avó, Luzia (in memoriam), por nunca duvidar de mim e sempre ter a certeza que tudo daria certo, por me ensinar a pedir a Deus o que desejo e me mostrar como ser uma mulher forte.

À minha irmã, Kamylla, por todas as vezes que me apoiou, me confortou, sendo meu ombro amigo e não me deixando cair. Agradeço por sua amizade e sua irmandade, por suas palavras de incentivo e por sempre me entender melhor do que qualquer outra pessoa do mundo.

Ao meu amigo, Luis Felipe, por sua amizade, por nunca ter me deixado na mão, por todas as vezes que me ajudou, apoiou e não me deixou desistir. Agradeço por todas as vezes que você foi calma no meio do caos.

Ao meu namorado, Erivelton, pelo amor e proteção, por todo amparo nas minhas noites de estudo e por todas as vezes que você me lembrou que eu precisava “descansar um pouquinho”.

À toda minha família, em especial meus tios(as) Neves, Graça, Luzia, Lúcia, Everalda, Edinaldo e Karla e meus primos Laís, Leonardo, Antônio Neto e Karolyne. Agradeço por serem a melhor família que eu poderia ter e por sempre acreditarem em mim.

Às minhas amigas, Heloysa, Rakel, Tarciana, Thaís Aranha e Ane Isabelle, por serem espelho de Deus na minha vida. Às minhas amigas do Colégio Imaculada Conceição, Juliana, Marcela e Gabriela, por sempre estarem presentes me apoiando. A Emanuel Victor por ter sido um amigo verdadeiro em momentos de caos.

Aos meus amigos de curso, Marcus Vinícius, Roger, Luan, Yves, Carlos Augusto, Wesley, Lais Souto, Lizandra, Deizianne, Isys e Thalís por toda parceria, amizade e companheirismo.

À Francis e seus irmãos, por todas as vezes que me fizeram companhia e foram representação de amor.

Ao meu professor orientador, Pablo Vilar, por todo conhecimento transmitido, paciência e apoio prestado durante esse período.

Por fim, às minhas companheiras da Prefeitura Municipal de Areia, Assíria, Lais e Fabiana, por toda paciência, por ensinarem com amor e por serem exemplo de profissionais capacitadas e competentes.

“Você aprende que realmente pode suportar... Que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais. E que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida! Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o bem que poderíamos conquistar se não fosse o medo de tentar.”

William Shakespeare.

RESUMO

É visível a importância da elaboração do projeto elétrica de uma edificação, assim como é fundamental a presença de um profissional capacitado para realizar a instalação elétrica segundo o que foi projetado. Para realização de um bom projeto elétrico ou a correção de instalações elétricas inadequadas é preciso realizar o dimensionamento segundo a Norma Brasileira 5410 de 2004 de Baixa Tensão, para assegurar que os usuários e os equipamentos estão protegidos. Diante disso, o presente trabalho realizou análise integral das instalações elétricas da Escola Municipal Madre Trautilinde, situada na cidade de Areia, brejo paraibano. Para isso, foram elencadas os componentes presentes na atual instalação elétrica da escola, posteriormente foram verificadas as inconformidades presentes na instalação de acordo com a norma técnica da Associação Brasileira de Normas Técnicas, em seguida foram analisadas e descritas as possíveis melhorias para que a instalação elétrica possa tornar-se adequada. Além disso, foi apresentada uma sugestão de instalação elétrica, em caso de troca dos cabos condutores, já que a instalação é antiga, do ano de 1999. Subsequentemente, exibiu-se o orçamento da reforma proposta no trabalho, segundo a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil / Caixa Econômica Federal. Por fim, apresentou-se as conclusões do trabalho e as sugestões de continuidade.

Palavras-chave: NBR-5410:2004, instalação elétrica, escola municipal, reforma elétrica.

ABSTRACT

The importance of preparing the electrical project of a building is visible, as well as the presence of a qualified professional to carry out the electrical installation according to what was projected. In order to carry out a good electrical project or to correct inadequate electrical installations, it is necessary to carry out the dimensioning according to the Brazilian Standard 5410 of 2004 for Low Voltage, to ensure that users and equipment are protected. Therefore, the present work carried out an integral analysis of the electrical installations of the Municipal School Madre Trautilinde, located in the city of Areia, brejo paraibano. For this, the components present in the current electrical installation of the school were listed, the nonconformities present in the installation were subsequently verified in accordance with the technical standard of the Brazilian Association of Technical Standards, then the possible improvements for the electrical installation were analyzed and described. can become adequate. In addition, a suggestion for electrical installation was presented, in case of replacement of the conductor cables, since the installation is old, dating from 1999. Subsequently, the budget for the proposed reform in the work was presented, according to the National System table. Research on Costs and Indexes of Civil Construction / Caixa Econômica Federal. Finally, the conclusions of the work and suggestions for continuity were presented.

Keywords: NBR-5410: 2004, electrical installation, municipal school, electrical reform.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diagrama unifilar da Escola Madre Trautilinde atualmente.	38
Figura 2 - Fatura da Energisa	39
Figura 3 - Aterramento TN-C-S.	51
Figura 4 - Ligação dos DPS.....	51
Figura 5 - Dimensionamento das categorias de atendimento.	52
Figura 6 - Novo diagrama unifilar.....	53
Figura 7 - Planta elétrica sugerida.	54
Figura 8 - Orçamento do material elétrico.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Temperaturas dos condutores	29
Tabela 2 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas.	30
Tabela 3 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única.....	30
Tabela 4 - Dimensões do ambiente escolar.	34
Tabela 5 - Distribuição das cargas na edificação.....	35
Tabela 6 - Potência das cargas na edificação.....	36
Tabela 7 - Distribuição atual dos circuitos na edificação.	37
Tabela 8 - Definição da Demanda do Sistema.....	39
Tabela 9 - Descrição das Tomadas de Uso Geral.	40
Tabela 10 - Descrição dos pontos de iluminação.	41
Tabela 11 - Demanda da edificação escolar.	42
Tabela 12 - Dados necessário para o dimensionamento da seção dos cabos elétricos.....	44
Tabela 13 - Dados necessário para o dimensionamento da seção dos cabos elétricos.....	44
Tabela 14 - Disjuntores atuais.	45
Tabela 15 - Quantidade de TUG's segundo a NBR 5410:2004.....	46
Tabela 16 - Potência dos pontos de iluminação segundo a NBR 5410:2004.....	47
Tabela 17– Potência dos pontos de iluminação segundo a NBR 5410:2004.....	48
Tabela 18 - Seção dos condutores segundo a NBR 5410:2004.	49
Tabela 19 - Dimensionamento segundo a NBR 5410:2004.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al	Alumínio
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BT	Baixa Tensão
Cu	Cobre
DPS	Dispositivo de Proteção Contra Surtos
DR	Diferencial-residual
EPR	Etileno-Propileno
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LED	Diodo Emissor de Luz
MT	Média Tensão
NBR	Norma Brasileira
NDU	Norma de Distribuição Unificada
NR	Norma Regulamentadora
PNE	Plano Nacional de Educação
PVC	<i>Polyvinyl chloride</i>
RCCB	<i>Residual Current Circuit breaker</i>
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
TUE	Tomada de Uso Específico
TUG	Tomada de Uso Geral
WC	Banheiro
XLPE	Polietileno Reticulado

A	Ampère
m	Metro
mm	Milímetro
°C	Grau Celsius
V	Volt
VA	Volt-Ampère
W	Watt

SUMÁRIO

SUMÁRIO

1	Introdução.....	16
1.1	Objetivos.....	17
1.1.1	Objetivo geral.....	17
1.1.2	Objetivos específicos.....	17
1.2	Estrutura do trabalho.....	18
2	Fundamentação teórica.....	19
2.1	ACIDENTES EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	19
2.1.1	Surtos de tensão.....	19
2.1.2	Sobrecargas dos circuitos e aparelhos de utilização.....	20
2.1.3	Contatos com partes energizadas.....	21
2.1.4	Curto-circuito em linhas de alimentação.....	21
2.1.5	Queda de cabos ou estruturas vivas.....	22
2.1.6	Arcos ou faiscamento produzidos.....	22
2.1.7	Tensões imprevistas.....	22
2.1.8	Maus contatos nas conexões, emendas e dispositivos de proteção.....	23
2.2	PROJETO ELÉTRICO.....	23
2.2.1	Normas aplicáveis.....	24
2.2.2	Previsão de carga.....	25
2.2.3	Definição da demanda.....	26
2.2.4	Divisão da instalação.....	27
2.2.5	Dimensionamento dos condutores.....	27
2.2.5.1	Método das instalações elétricas.....	28
2.2.5.2	Revestimento.....	28
2.2.5.3	Temperatura ambiente e agrupamento de circuitos.....	29
2.2.6	Dimensionamento dos dispositivos de proteção.....	32
2.2.6.1	Dispositivos de proteção contra sobrecorrente e curto-circuito.....	32
2.2.6.2	Proteção contra choques elétricos.....	32
2.2.6.3	Dispositivos de proteção contra surtos.....	33
3	Estudo de caso.....	34
3.1	Contextualização.....	34
3.1.1	Descrição da edificação escolar.....	34
3.1.2	Instalações elétricas atuais.....	35
3.2	Análise das inconformidades.....	39
3.2.1	Tomadas de uso geral - TUG.....	39
3.2.2	Pontos de iluminação.....	40
3.2.3	Tomada de uso específico.....	41

3.2.4	Previsão de demanda	42
3.2.5	Divisão dos circuitos	42
3.2.6	Seção dos cabos elétricos.....	43
3.2.7	Proteção elétrica	45
3.2.7.1	Dispositivos de proteção contra sobrecorrente e curto-circuito	45
3.2.7.2	Proteção contra choques elétricos e surtos elétricos.....	45
3.3	Adequação sugerida	45
3.3.1	Quanto ao número de tomadas de uso geral e pontos de iluminação.....	46
3.3.2	Quanto à divisão dos circuitos elétricos	47
3.3.3	Quanto aos cabos elétricos.....	49
3.3.4	Quanto à proteção elétrica	49
3.3.4.1	Dispositivos de proteção contra contra sobrecorrente e curto-circuito.....	49
3.3.4.2	Dispositivos de proteção contra choques e surtos elétricos	50
3.3.5	Quanto ao padrão de entrada	52
3.4	Orçamento.....	55
4	Conclusão	57
5	Referências	58

1 INTRODUÇÃO

Com o constante avanço da tecnologia, a energia elétrica tornou-se fundamental para o desenvolvimento da sociedade. Como consequência desse avanço, percebe-se um aumento considerável no acesso e na demanda por eletricidade.

Para que a energia elétrica seja utilizada pelo público geral é necessário que existam as instalações elétricas confiáveis e seguras. Assim, é essencial haver um procedimento adequado, para o desenvolvimento de instalações elétricas que vise proteger o usuário e os equipamentos, pois as irregularidades presentes na instalação elétrica podem acarretar sérios prejuízos humanos e materiais.

Assim, para que não haja nenhuma irregularidade na instalação elétrica, o profissional capacitado precisa projetar a parte elétrica do ambiente que consiste em quantificar e determinar os pontos de utilização de energia, junto a isso dimensionar, definir e quantificar os condutores, condutos e dispositivos de proteção, comando e medição de energia elétrica. O projeto elétrico tem como principal objetivo garantir que haja transferência de energia da rede de distribuição ou geradores particulares para os pontos de utilização de maneira segura e eficaz.

A norma brasileira para instalações elétricas de baixa tensão é a NBR 5410:2004 e tem como principal objetivo garantir a segurança de pessoas e animais, conservação dos bens e o funcionamento adequado da instalação elétrica, ela é aplicada nas instalações elétricas de edificações de qualquer uso.

Segundo a Agência Brasil (2016) apenas 4,5% das escolas do Brasil possui infraestrutura adequada que é prevista em lei no PNE (Plano Nacional de Educação) que considera abastecimento de água tratada, equipamentos, laboratórios de ciências, esgotamento sanitário e, o que será o alvo deste trabalho, acesso à energia elétrica.

Conhecendo a realidade das escolas brasileiras e importância do dimensionamento correto das instalações elétricas e considerando os riscos que envolvem o uso da eletricidade, este trabalho tem como objetivo verificar a atual situação das instalações elétricas da escola municipal de Areia – PB, Madre Trautilinde. Será verificado se a escola encontra-se com a instalação elétrica de acordo com a norma técnica da ABNT, caso não esteja, será elaborado um projeto elétrico corretivo para adequação da instalação

da escola à norma. Nesse sentido, o presente trabalho pretende propor melhorias e modificações para o melhor, e mais eficiente, funcionamento para que possa solucionar os problemas enfrentados ocasionados pela instalação elétrica.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse trabalho é fazer um levantamento técnico da escola Municipal Madre Trautilinde sobre quais são as inconformidades elétricas presentes na mesma, segunda a norma NBR 5410, em seguida sugerir adequações necessárias com um projeto elétrico adequado para a realidade do Município de Areia, em relação ao padrão de entrada, a distribuição de pontos de tomada e iluminação e a proteção elétrica.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a atual instalação elétrica da escola, verificando os pontos de tomada, pontos de iluminação, ar condicionado, além de verificar a proteção existente e a divisão dos circuitos elétricos;
- Verificar as inconformidades da instalação elétrica presentes no ambiente escolar, de acordo com a NBR 5410, e descrever as adequações necessárias;
- Definir o novo padrão de entrada para a escola Madre Trautilinde;
- Elaborar o quadro de carga e o diagrama unifilar da escola;
- Definir a quantidade de pontos de tomada e pontos de iluminação, de acordo com NBR 5410
- Dimensionar os dispositivos de proteção das instalações elétricas, segundo a NBR 5410;
- Elaborar a lista de material e o orçamento para fazer a adequação da instalação da escola.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

O referido trabalho foi dividido em 4 capítulos: Introdução, Fundamentação Teórica, Estudo de Caso e Conclusão.

O primeiro capítulo apresenta a importância do trabalho e do tema escolhido, objetivos do trabalho e a divisão do mesmo. No capítulo 2, é mostrada a teoria que o trabalho foi baseado, apresentando os principais conceitos e referências essenciais para o entendimento completo do trabalho.

Já no capítulo 3, o estudo de caso é mostrado de modo completo, com os dados coletados, as análises das inconformidades e as possíveis soluções para as irregularidades encontradas.

Por fim, o capítulo 4 é conclusivo e apresenta as considerações finais do trabalho, assim como possíveis continuidades do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ACIDENTES EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Anualmente ocorrem acidentes que envolvem eletricidade em habitações, indústrias, comércio ou construção civil que estão atrelados à negligência e podem causar danos materiais, como queima de equipamentos, incêndios, perda da linha de produção, incêndios, ou pessoais como choques elétrico que é a consequência mais imediata, mas também podem ocorrer lesões graves à vítima.

Vários acidentes evoluem para incêndios, isso ocorre pela falta de manutenção na instalação elétrica, sobrecarga e a ausência de atuação da proteção. Existem variados tipos de acidentes que podem ocorrer em um instalação elétrica, entre eles podemos citar:

- Surtos de tensão
- Sobrecargas nos circuitos e aparelhos de utilização;
- Contatos com partes energizadas;
- Curto-circuito em linhas de alimentação;
- Queda de cabos ou estruturas vivas;
- Arcos e faiscamentos produzidos;
- Tensões imprevistas;
- Maus contatos nas conexões, emendas e dispositivos de proteção.

2.1.1 SURTOS DE TENSÃO

Este tipo de acidente caracteriza-se por descargas de correntes impulsivas que originam-se por fenômenos naturais podendo causar vários danos atingindo pessoas, animais, estruturas metálicas ou rede elétricas. Assim, este acidente pode provocar dois tipos de surtos de tensão indiretos ou diretos, o surto indireto acontece quando essas descargas atingem linhas energizadas e incidem em árvores, solo ou estruturas, então origina-se uma corrente elétrica que propaga-se, geralmente pelo ar, e induz corrente elétrica e tensão induzida nos condutores metálicos que estiverem em seu alcance. Já o

surto direto, ocorre quando a descarga atmosférica ocorre diretamente sobre a edificação ou próximo a ele.

As diferenças de tensão geradas pelo surto irão circular por diversos pontos da estrutura, inclusive, da instalação elétrica, podendo causar prejuízo. Além disso, as descargas atmosféricas afetam as linhas de transmissão e distribuição de energia e causam incêndios nas estruturas, além de causar a queda da mesma ou a morte de pessoas e animais. Além do mais, as pessoas podem ser atingidas pelas descargas laterais que são correntes elétricas que se propagam no solo, a partir de onde a descarga atmosférica atingiu.

As sobretensões podem ser transitórias ou permanentes e são causadas, também, por problemas físicos da instalação elétrica como falha de isolamento, rompimento dos cabos da rede elétrica ou perda do neutro da instalação, podendo danificar o isolamento e provocando faíscas ou arcos elétricos.

Como consequência dessa anomalia, tem-se a queima de equipamentos elétricos, destruição de materiais por explosões, incêndios. Além disso, há os danos pessoais como choques elétricos violentos em pessoas ou animais que entrarem em contatos com estruturas sujeitas às sobretensões.

2.1.2 SOBRECARGAS DOS CIRCUITOS E APARELHOS DE UTILIZAÇÃO

Quando algum circuito é exigido acima do limite dimensionado, ocorre esse tipo de acidente, pois gera-se uma corrente superior à corrente suportável pelos condutores. Geralmente ocorre em instalações elétricas habitacionais, pois os consumidores estão adquirindo eletrodoméstico cada vez mais potentes e com maior capacidade, além de fazer o uso de benjamins para ligar vários aparelhos em apenas uma tomada de corrente. Com o aumento da carga causado pela alta potência dos aparelhos conectado à instalação, é comum trocar apenas os dispositivos de proteção e manter os condutores antigos, o que compromete a instalação.

As consequências desse tipo de acidente são os choques elétricos, queimaduras, causadas pelo aumento de temperatura dos condutores, que não foram projetados para suportar àquela corrente, incêndios ou queimas dos equipamentos.

2.1.3 CONTATOS COM PARTES ENERGIZADAS

Este tipo de acidente pode ocorrer de forma direta ou indireta e acontece quando há circulação de corrente elétrica no corpo da vítima que decorre de um campo magnético que estabeleceu-se pela interação de pessoas ou animais com a parte energizada de uma instalação.

O contato direto é estabelecido quando a vítima toca partes energizadas que podem ser barramentos, terminais elétricos, conexões ou condutores sem isolamento. Esse tipo de contato com as partes energizadas são provocados pela falha de isolamento, por imprudência com relação a parte viva, ruptura ou remoção das partes isolantes. Em geral, os maiores causadores de choques por contato direto são os terminais de equipamentos não isolados, condutores e cabos com isolação danificada ou deteriorada.

O contato indireto é estabelecido quando a vítima toca estruturas que se energizaram em decorrência de alguma falha no isolamento do circuito elétrico. Isso pode ocorrer, pois em situações de sobrecarga ou envelhecimento do material isolante, permitindo o contato das carcaças dos aparelhos com as partes vivas, causando perigo oculto já que o usuário não imagina que a parte externa esteja energizada.

Como consequência deste tipo de acidente, tem-se alteração no ritmo cardíaco, asfixia, contração muscular, queimadura, ausência de oxigênio no organismo ou alterações no sangue.

2.1.4 CURTO-CIRCUITO EM LINHAS DE ALIMENTAÇÃO

Este tipo de acidente ocorre nas linhas de distribuição ou nos ramais alimentadores das instalações que há uma elevação da corrente dos circuitos e causa um aumento na temperatura dos materiais presentes na instalação, em especial, os condutores. As consequências deste tipo de acidentes são os danos materiais como a destruição dos materiais elétricos pela elevação térmica causada pela corrente de curto-circuito, além do prejuízo financeiro causado pela perda de produção das fábricas pela interrupção de energia. Junto a isso, existem os danos pessoas como queimaduras graves, interrupção de circuitos médicos que podem representar riscos aos pacientes.

2.1.5 QUEDA DE CABOS OU ESTRUTURAS VIVAS

Como a maior parte da rede aérea não é isolada e oferecem proteção apenas para sol e chuva, elas não oferecem segurança para pessoas ou animais quando ocorre este acidente que é o deslocamento dessas estruturas vivas e proveniente de chuvas, quedas de árvores, ventos, colisão em postes ou ausência de manutenção nos equipamentos e cabos.

Os danos pessoais causados por esse acidente são queimaduras internas, parada cardíaca ou até morte imediata. Além dos danos materiais como prejuízos financeiros pela queda das estruturas elétricas no solo, podendo atingir outras estruturas.

2.1.6 ARCOS OU FAISCAMENTO PRODUZIDOS

Este tipo de acidente pode ocorrer pela abertura de contatos sob carga, entre pontos da instalação com potenciais distintos, próximos e não isolados, de modo negligente, causando o arco elétrico que é um ocorrência de curta duração e são produzidos por uma corrente elétrica que estabelece-se em um meio dielétricos pelas ionização das moléculas. Este fenômeno pode ocorrer em chaves seccionadoras, disjuntores ou cabos elétricos.

A consequências deste tipo de acidente são lesões severas pela alta temperatura e pela onda de pressão que pode empurrar o operador para próximo da origem do acidente podendo resultar em lesões graves, dependendo da altura da instalação. Além disso, os danos materiais que podem ocorrer é o derretimento e fusão dos materiais proporcionada pela temperatura alta, além da possibilidade de incêndio.

2.1.7 TENSÕES IMPREVISTAS

A principal característica desse tipo de acidente são as tensões inesperadas em pontos elétricos como alimentação das tomadas de corrente com uma tensão diferente da esperada, ligação de uma rede elétrica de forma indevida ou ligação dos enrolamentos de motores em delta em vez de estrela. Isso pode ocorrer por erro do profissional que fez a ligação de um ou mais circuitos nos barramentos dos quadros de distribuição, pois uma simples inversão da ligação pode energizar diversos circuitos com um tensão elevada.

Como consequência desse tipo de acidente, tem-se a queima dos equipamentos elétricos, além de poder estabelecer um curto franco ocasionando incêndios ou queimaduras pela explosão dos circuitos elétricos.

2.1.8 MAUS CONTATOS NAS CONEXÕES, EMENDAS E DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Este tipo de acidente pode acontecer em decorrência de apertos incorretos dos parafusos dos equipamentos elétricos ou por falha dos mesmos. Além dos erros de projeto, falha na montagem e falta de manutenção preventiva.

Como consequência desse tipo de acidente, tem-se o aquecimento das conexões podendo deteriorar o isolamento dos cabos, danificação dos equipamentos e incêndios.

2.2 PROJETO ELÉTRICO

Segundo Cotrim (2009) e Creder (2000), no projeto elétrico existem etapas a serem seguidas para organizar o processo do projeto. A primeira etapa são fatores que auxiliam a realização técnica e econômica do projeto e baseia-se em uma análise geral com a coleta de dados da unidade consumidora, cálculo da demanda máxima do local e estimativa da carga. Posteriormente, é importante que o projetista busque informações com a concessionária responsável sobre o fornecimento do local, caso já exista. Este fornecimento pode ser monofásico, bifásico ou trifásico.

O fornecimento monofásico é ideal para uma demanda de potência até 12 kW, é feito com fio de fase e neutro e tensão de 127 V. Já o fornecimento bifásico é ideal para locais com demanda de potência entre 12 e 25 kW, é feito com dois fios de fase e um de neutro e a tensão pode ser 127 ou 220 V. Por fim, o fornecimento trifásico que é ideal para potências entre 25 e 75 kW, é feito com três fios de fase e um neutro e tensão de 127 ou 220 V.

Em seguida, é preciso fazer a divisão da instalação em circuitos, assim como o dimensionamento dos condutores elétricos, eletrodutos e das proteções contra possíveis surtos elétricos.

Em resumo, as etapas do projeto elétrico que devem ser seguidas são:

- Identificação das normas aplicáveis;
- Previsão de carga;
- Definição da demanda;
- Divisão dos circuitos;
- Dimensionamento dos condutores;
- Dimensionamento da proteção

2.2.1 NORMAS APLICÁVEIS

Para elaboração adequada de um projeto elétrico, é preciso identificar as normas técnicas que esse projeto deve obedecer, as principais normas brasileiras para elaboração de um projeto elétrico, elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), são:

- NBR 5410:2004 – Instalações elétricas em baixa tensão;
- NBR ISO/CIE 8995-1:2013 – Iluminação de ambientes de trabalho;
- NBR 14039/05 – Instalações Elétricas de média tensão de 1,0kV a 36,2 kV;
- NM 60989/04 – Disjuntores para proteção de sobre correntes para instalações domésticas e similares;
- NBR 61008-1/05 – Interruptores/ou disjuntores a correntes diferenciais e residuais sem Proteção Contra Sobrecorrentes – Regras gerais;
- NBR 61008-2-1/05 – Interruptores a corrente diferencial-residual para usos doméstico e análogos sem dispositivo de proteção contra sobrecorrentes (RCCB) – Parte 2-1 – Aplicabilidade das regras gerais aos RCCB funcionalmente independentes da tensão de alimentação;
- Resolução Normativa 414/10 – Condições gerais de fornecimento de energia elétrica – Agencia Nacional de Energia Elétrica, ANEEL;
- NR 10 – Segurança em Instalações Elétricas e Serviços em Eletricidade – Ministério do Trabalho e emprego.

No presente trabalho, a norma que mais tem ênfase é a NBR 5410:2004, pois possui tópicos relevantes para a elaboração de um projeto elétrico de baixa tensão, garantindo a segurança de pessoas e animais, assim como o funcionamento ideal da instalação e conservação dos bens.

Além das normas supracitadas, no trabalho presente seguiu-se as normas técnicas da concessionária que norteiam e padronizam os projetos que serão executados na sua área de concessão, como a Escola Madre Trautilinde localiza-se na área de atuação da Energisa, deve-se utilizar a NDU-001 que fixa os procedimentos a serem seguidos em projetos e execução das instalações de entradas de serviço das unidades consumidoras de baixa tensão quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW.

2.2.2 PREVISÃO DE CARGA

De acordo com Cervelin e Cavalin (2008), para determinar os pontos de consumo dentro da edificação que farão parte da instalação, é preciso realizar a previsão de carga com a finalidade de auxiliar o projetista nesta determinação. Além disso, nesta etapa do projeto elétrico define-se a localização e potência dos pontos de consumo de energia presentes na instalação. Assim, essa previsão é feita segundo as prescrições presentes na norma da ABNT e são aplicáveis a locais habitacionais, comerciais, industriais e prédios do poder público.

Segundo a norma brasileira do ano de 2004, pode-se dividir as tomadas em dois tipos: tomada de uso geral (TUG) e tomada de uso específico (TUE). Deve ser escolhido o tipo de acordo a função que a mesma vai exercer e o local onde será implantada, pois as tomadas de uso geral não atendem apenas um equipamento, podem atender ventiladores, aparelhos de televisão, carregadores, geladeiras, data-show, entre outros. Já as tomadas de uso específico, atendem a um equipamento específico como chuveiros elétricos, torneiras elétricas, ar condicionado, entre outros, elas tem circuito separado por possuir potência elevada.

Os critérios mínimos para os pontos de tomadas na NBR 5410 de 2004, item 9.4, é que para habitação deve-se ser utilizados nos banheiros pelo menos um ponto de tomada próximo ao lavatório, nas cozinhas, copas, lavanderias ou áreas de serviço deve ser previsto um ponto de tomada a cada 3,5 m do perímetro do ambiente com dois pontos, no mínimo acima da bancada da pia, nas varandas deve ter no mínimo um ponto de tomada, nos demais cômodos deve-se ter um ponto de tomada a cada 5 m de perímetro. Os critérios de atribuição de potência para cada ponto de tomada é que em banheiros, cozinhas, copas, lavanderias ou locais análogo tenha-se, no mínimo, 600 VA por ponto de tomada, até três pontos e 100 VA por ponto excedente, em caso de ter mais de seis pontos, admite-se 600

VA para dois pontos e 100 VA para os excedentes. Nos demais cômodos usa-se 100 VA por ponto de tomada.

Para os pontos de iluminação, também segue-se a mesma norma, NBR 5410, é previsto que em cada cômodo tenha-se pelo menos um ponto de iluminação fixo no teto com o comando de um interruptor, permite-se que esse ponto fixo no teto seja substituído por um ponto na parede em espaços como escadas, depósitos, despensas, varandas, ou seja, ambientes de pequena dimensão. Para dependências igual ou inferior a 6 m², prevê carga mínima de 100 VA, já em áreas superiores a 6 m², é acrescido 60 VA para cada 4 m² inteiros.

2.2.3 DEFINIÇÃO DA DEMANDA

De acordo com a resolução Normativa n. 414 (ANEEL 2010), demanda é a “média das potências ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado [...]”.

Para elaboração de um projeto elétrico, necessita-se seguir algumas etapas para que o projeto seja eficiente e tenha a garantia que os equipamentos não terão superdimensionamento.

O fator de demanda é definido por Mamede (2008) como a razão entre a demanda máxima e o somatório de todos os aparelhos da instalação, considerando-se a não simultaneidade de funcionamento dos equipamentos. Esse fator pode ser igual a um, valor máximo, quando a simultaneidade dos equipamentos ligados e será definido de acordo com quantidade de equipamentos do local e do tipo de instalação que está sendo feita.

Segundo a NDU 001 da Energisa, a demanda é definida por:

$$D(kW) = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6 + D_7 , \quad (1)$$

Sendo:

- D (kW) = Demanda total;
- D₁ = Demanda de iluminação e tomadas;
- D₂ = Demanda dos aparelhos para aquecimento de água;
- D₃ = Demanda de secador de roupa, forno de micro-ondas, máquina de lavar louça e hidromassagem;

- D_4 = Demanda de fogão e forno elétrico;
- D_5 = Demanda dos aparelhos de ar-condicionado;
- D_6 = Demanda de motores elétricos e máquina de solda tipo motor gerador;
- D_7 = Demanda de máquinas de solda a transformador e aparelhos de raio X.

2.2.4 DIVISÃO DA INSTALAÇÃO

A divisão da instalação é importante para um bom desempenho das atividades elétricas, conservação de energia, além de ser essencial para segurança já que evita que a falha de um equipamento do circuito interfira no funcionamento de cargas do mesmo. É preciso que tenha-se diversos circuitos para limitar as consequências de uma falta fazendo com que apenas um circuitos seja seccionado e menos equipamentos desabilitados, facilitando na manutenção do sistema.

Segundo a NBR 5410, a instalação deve ser dividida em quantos circuitos necessitar, de modo que cada circuitos seja seccionado sem risco de alimentação inadvertida de outro circuito. A divisão da instalação deve-se ter segurança, conservação de energia, ser funcional, ser produtiva, facilitar a manutenção. Além disso, deve-se prever circuitos distintos para partes da instalação que requeiram controle específico e deve-se considerar necessidades futuras, os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam, assim como circuitos distintos para pontos iluminação e pontos de tomada. Junto a isso, é importante ressaltar que as cargas devem estar distribuídas entre as fases.

2.2.5 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES

Essa etapa é fundamental pois responsabiliza-se pela funcionamento adequado da instalação e é a determinação da seção transversal dos cabos para cada circuitos, leva-se em consideração aspectos como método de instalação das elétricas, revestimento, material condutor, temperatura ambiente, agrupamento dos circuitos, entre outros.

2.2.5.1 MÉTODO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Os métodos indicados na NBR 5410 (2004) são:

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

2.2.5.2 REVESTIMENTO

O revestimento é constituído de um material isolante com o objetivo de confinar as cargas elétricas no interior do cabo elétrico, impedindo que haja curto-circuito. As isolações podem ser feitas por materiais sólidos ou estratificado. Os materiais sólidos são utilizados em baixa e média tensão, tendo os termoplásticos e os termofixos, apresentando grande resistência à propagação do fogo. Na norma da ABNT, na tabela 35, mostra as temperaturas limites para serviço contínuo, sobrecarga e curto circuito dos materiais isolante.

A seguir essa tabela é apresentada como Tabela 1 que mostra que os cabos com isolação em PVC apresentam menor custo, enquanto os cabos em EPR ou XLPE apresentam o melhor desempenho térmico.

Tabela 1– Temperaturas dos condutores

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

Fonte: ABNT (2004).

2.2.5.3 TEMPERATURA AMBIENTE E AGRUPAMENTO DE CIRCUITOS

As tabelas encontradas na Norma da ABNT de 2004 foram elaboradas considerando a temperatura de 20°C para linhas subterrâneas e 30°C para linhas não subterrâneas, então para outros valores de temperatura é preciso aplicar a correção do fatores como mostra a Tabela 2. Além disso, considera-se apenas um circuito por trecho, quando mais de um circuito ocupa o mesmo eletroduto, precisa-se aplicar o fator de correção como mostra na Tabela 3.

Tabela 2 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas.

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: ABNT (2004).

Tabela 3 - Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única.

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

Fonte: ABNT (2004).

Determinados todos os fatores de correção, basta dividir a corrente de projeto pelo produto desses fatores, obtendo-se a corrente de projeto corrigida.

Para que os condutores sejam dimensionados de modo satisfatório é preciso calcular-se a corrente que irá percorrê-los. Essa corrente é conceituada de duas maneiras, a primeira delas é a corrente nominal que é a corrente consumida pelo aparelho de utilização para operar segundo as condições projetadas, já a corrente de projeto de projeto é a corrente que um circuito de distribuição ou terminal transporta, operando em condições normais.

Os condutores podem ser de cobre ou alumínio, denominam-se de acordo com a isolamento e cobertura. O dimensionamento dos condutores é realizado baseado de análises e cálculos, com ênfase em três análises importantes, são elas: Método da capacidade de condução de corrente, método do limite de queda de tensão e capacidade de condução de corrente de curto-circuito.

O critério da máxima capacidade de corrente determina o valor máximo da corrente que irá passar pelos condutores segundo o tipo de instalação indicado na norma da ABNT e a seção será definida segundo esse valor, pois causa da passagem de corrente elétrica, ocorre um aquecimento nos cabos e nos componentes do circuito. O item 6.2.5 da NBR 5410 (ABNT, 2004) mostra as tabelas com valores de corrente e aplica vários fatores de correção essencial quando lida-se com cabos elétricos.

O método da queda de tensão em mostra que a queda de tensão em um circuito deve ser sempre inferior aos limites indicados na norma da ABNT, o principal objetivo desse método é eliminar os riscos de mau funcionamento dos aparelhos conectados nos sistemas, dependendo da corrente elétrica e do comprimento dos cabos, a queda de tensão pode prejudicar o funcionamento da instalação elétrica. A NBR 5410 (2004) estabelece os limites máximos de queda de tensão:

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

Em nenhum caso, a queda de tensão dos circuitos terminais pode ser superior a 4%.

Após a determinação pelos métodos anteriores, vê-se se os critérios estão de acordo com o método da seção mínima que é 1,5 mm para iluminação e 2,5 para circuito de força, para o caso de instalações fixas, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Seção mínima dos condutores por tipo de circuito.

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

Fonte: ABNT (2004).

2.2.6 DIMENSIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

2.2.6.1 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTE E CURTO-CIRCUITO

Segundo a NBR 5410, todo circuito terminal deve ser protegido contra sobrecorrente, seccionando os circuitos elétricos. Além disso, deve-se ter dispositivos de proteção contra sobrecargas nos pontos onde há a redução da capacidade de condução de corrente dos condutores.

2.2.6.2 PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS

A NBR 5410 estabelece que todas as massas de uma instalação devem estar ligadas a condutores de proteção, todo circuito deve dispor de proteção em sua extensão,

o circuito de proteção deve seccionar a alimentação do circuito ou equipamento, automaticamente, sempre que uma falta der origem a uma tensão de contato superior ao valor pertinente da tensão de contato limite. Além disso, deve-se usar dispositivos de proteção diferencial-residual (DR) com corrente igual ou inferior a 30 mA em circuitos que atendam pontos de tomadas nas “áreas molhadas”.

2.2.6.3 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS

De acordo com a NBR 5410, é prevista a utilização do dispositivo de proteção contra surtos (DPS), para seu dimensionamento, considera-se o nível de proteção (U_p), máxima tensão de operação contínua (U_c), corrente nominal de descarga (I_n) e a corrente de impulso (I_{imp}).

O nível de proteção determina-se de acordo com a Tabela 31 da NBR 5410 e considera-se a categoria II de suportabilidade a impulsos, para a tensão nominal de 220/380V, o nível de proteção U_p não deve ser superior a 2,5kV. Já a máxima tensão de operação contínua que deve ser igual ou superior aos valores indicados na Tabela 49 da NBR 5410. Para o esquema de aterramento TN, U_c deve ser maior ou igual a 1,1 vezes a tensão entre fase e neutro (220V). Para a corrente nominal de descarga entende-se que não deve ser inferior a 5kA (8/20 us). A corrente I_n está relacionada a descargas ocasionadas por sobretensões de origem atmosférica ou de manobra transmitidas pela rede da concessionária e que venham a adentrar na unidade consumidora e, por fim, a corrente de impulso que não deve ser inferior a 12,5kA para o esquema de aterramento adotado. A corrente I_{imp} se está relacionada a sobretensões provocadas por descargas atmosféricas diretas sobre a edificação ou suas proximidades.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O estudo foi conduzido na escola Madre Trautilinde, situada no município de Areia, brejo paraibano. Para análise da instalação levou-se em conta que o tipo de edificação, um prédio escolar, de baixa tensão, que possui instalações elétricas antigas, do ano de 1999, e uma grande quantidade de carga no seu sistema, de aproximadamente 37 kW.

3.1.1 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO ESCOLAR

A escola municipal Madre Trautilinde, localizada na rua Professora Carminha Souza, em Areia-PB, possui diferentes ambientes, cujas dimensões são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Dimensões do ambiente escolar.

Local	D1 (m)	D2 (m)	Área (m²)	Perímetro (m)
Sala 1	6,97	6,04	42,0988	26,02
Sala 2	7,03	6,04	42,4612	26,14
Sala 3	6	3,6	21,6	19,2
Sala 4	6	4,26	25,56	20,52
Sala AE	7,16	2,55	18,258	19,42
Direção	6	2,78	16,68	17,56
Sala dos professores	6	3	18	18
Pátio	5,9	8,3	48,97	28,4
Cozinha	5,1	2,5	12,75	15,2
Dispensa	2,5	1,5	3,75	8
WC 1	2,48	1,9	4,712	8,76
WC 2	2,48	1,9	4,712	8,76
Biblioteca	1,65	3,2	5,28	9,7
Depósito WC 1	2,48	1	2,48	6,96
Depósito WC 2	2,48	1	2,48	6,96

Fonte: Autoria própria (2021).

3.1.2 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS ATUAIS

Ao realizar uma inspeção por meio de uma visita *in loco*, analisou-se toda instalação elétrica da escola, identificando os circuitos, cargas, equipamentos, pontos de iluminação, dispositivos de proteção e as tomadas de uso geral e específico.

Na Tabela 5, pode-se observar a distribuição das tomadas e pontos de luz nos diferentes ambientes da edificação.

Tabela 5 - Distribuição das cargas na edificação.

Local	Ponto de iluminação	Tomada de uso geral	Tomada de uso específico
Sala 1	4	1	1
Sala 2	4	1	1
Sala 3	2	1	1
Sala 4	2	1	1
Sala AE	2	8	0
Direção	1	8	0
Sala dos professores	2	4	0
Pátio	6	3	0
Cozinha	1	1	0
Dispensa	1	0	0
WC 1	1	1	0
WC 2	1	1	0
Biblioteca	1	2	0
Depósito WC 1	1	1	0
Depósito WC 2	1	1	0
Área externa	1	0	0
Quadra	6 refletores	0	0

Fonte: Autoria própria (2021).

Com base nos dados coletados, a Tabela 6 foi elaborada, fazendo a descrição da potência instalada de todo o prédio escolar.

Tabela 6 - Potência das cargas na edificação.

Local	Iluminação (W)	TUG (W)	TUE (W)
Sala 1	160	100	3500
Sala 2	160	100	3500
Sala 3	80	100	2637
Sala 4	80	100	2637
Sala AE	80	800	-
Direção	40	800	-
Sala dos professores	80	400	-
Pátio	240	300	-
Cozinha	40	600	-
Dispensa	40	150	-
WC 1	40	600	-
WC 2	40	600	-
Biblioteca	40	200	-
Depósito WC 1	40	100	-
Depósito WC 2	40	100	-
Área externa	40	-	-
Quadra	720	-	-
Soma (W)	8440	5050	12274
Total (W)	38038		

Fonte: A autoria própria (2021).

Atualmente, a divisão dos circuitos é feita como mostra na Tabela 7. Todos os circuitos possuem disjuntores de 15 A, com exceção do circuito de iluminação da quadra, que possui disjuntor de 20 A. Observa-se, também, a distribuição da potência nos circuitos se deu de forma não uniforme, pois há uma grande disparidade na potência total dos circuitos envolvidos no sistema, como exemplo do circuito 8 e 5, que têm potência de 40 W e 7700 W, respectivamente.

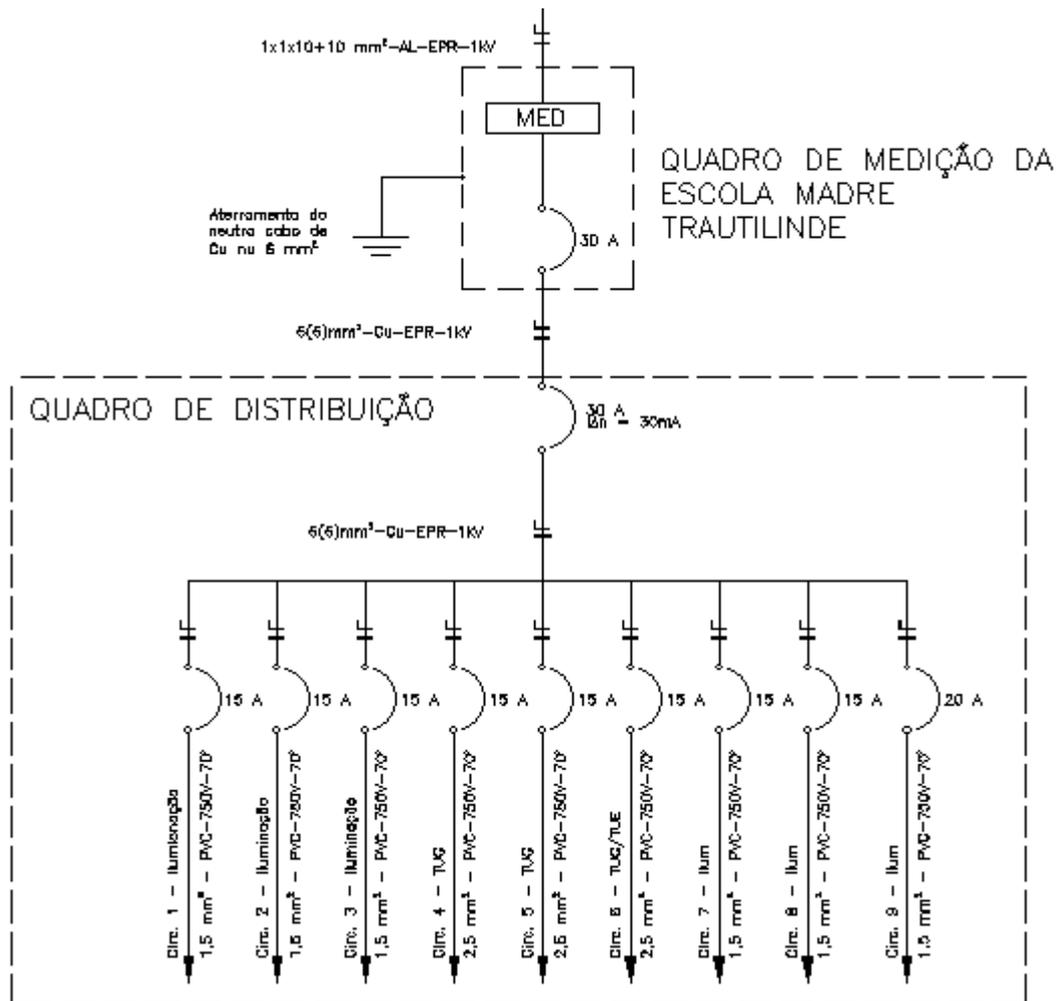
Tabela 7 - Distribuição atual dos circuitos na edificação.

Circuito	Tipo	Área	Disjuntor (A)	Potência (W)	Potência total (W)
1	Illum	Cozinha	15	40	240
		Dispensa		40	
		WC 1		40	
		WC 2		40	
		Depósito WC 1		40	
		Depósito WC 2		40	
2	Illum	Sala 3	15	80	240
		Sala 4		80	
		Sala AE		80	
3	Illum	Sala 2	15	160	200
		Biblioteca		40	
4	TUG	Cozinha	15	600	1150
		Dispensa		150	
		WC 1		100	
		WC 2		100	
		Depósito WC 1		100	
		Depósito WC 2		100	
5	TUG/TUE	Pátio	15	300	7700
		Sala 1		100	
		Sala 2		100	
		Ar condicionado 1		3500	
		Ar condicionado 2		3500	
		Biblioteca		200	
6	TUG/TUE	Sala dos professores	15	400	7474
		Sala AE		800	
		Sala 3		100	
		Sala 4		100	
		Diretoria		800	
		Ar condicionado 3		2637	
		Ar condicionado 4		2637	
7	Illum	Sala 1	15	160	520
		Pátio		240	
		Diretoria		40	
		Sala dos professores		80	
8	Illum	Externa	15	40	40
9	Illum	Quadra	20	720	720

Fonte: Autoria própria (2021).

A distribuição dos disjuntores, a proteção da instalação elétrica da escola é mostrada no diagrama unifilar da Figura 1.

Figura 1 - Diagrama unifilar da Escola Madre Trautilinde atualmente.



Fonte: Autoria própria (2021).

Para calcular a demanda atual, como mostra na Tabela 8, utilizou-se as informações presentes na NDU-001 da Energisa e, de acordo com esta regulamentação pode-se enquadrar a Escola Madre Trautilinde como Trifásico 1 ou Bifásico 3, dependendo da opção do cliente no momento do contrato. No entanto, a escola tem padrão de entrada de Monofásico 1, como pode ser visto da Figura 2 que é a fatura da Energisa.

Figura 2 - Fatura da Energisa



Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 8 - Definição da Demanda do Sistema.

Referência	Potência	Fator de demanda	Demanda
Iluminação e TUG	12490	0,86	10741,4
TUE	12274	1	12274
Total			23875,4

Fonte: Autoria própria (2021).

Em relação aos cabos utilizados na instalação elétrica da edificação escolar, tem-se que os cabos possuem seção de 2,5 mm² nos circuitos de terminais de tomada de uso específico e tomada de uso geral e 1,5 mm² nos circuitos terminais de iluminação, já no padrão de entrada tem-se seção de 10 mm².

3.2 ANÁLISE DAS INCONFORMIDADES

3.2.1 TOMADAS DE USO GERAL - TUG

Pela NBR-5410, o dimensionamento da quantidade de tomadas de uso geral é feito analisando o perímetro do ambiente nos ambientes de habitações, então seguiu-se o mesmo padrão para as instalações escolares. Os banheiros precisam ter pelo menos um ponto de TUG próximo ao lavatório, já nas “áreas molhadas” dimensiona-se um ponto de tomada para cada 3,5 m do perímetro, com 600 VA por ponto de tomada, sendo até três pontos e 100 VA por ponto excedente. Nos demais cômodos dimensiona-se um ponto de

tomada de uso geral para cada 5 m do perímetro do ambiente, com 100 VA por ponto de tomada.

Na Tabela 9 está a comparação da quantidade de pontos de tomada necessários, segundo a NBR-5410 e a quantidade de pontos de tomadas atualmente na edificação. Assim como a potência, em VA, definida pela NBR 5410 e a potência atual das TUG's. Para melhor identificação, foi feita uma indicação em verde dos ambientes que estão de acordo com a NBR 5410 e em vermelho, os que não estão.

Tabela 9 - Descrição das Tomadas de Uso Geral.

Ambiente	TUG atual (unid)	TUG NBR 5410 (unid)	Potência atual (VA)	Potência NBR 5410 (VA)
Sala 1	1	6	100	600
Sala 2	1	6	100	600
Sala 3	1	4	100	400
Sala 4	1	5	100	500
Sala AE	8	4	800	400
Direção	8	4	800	400
Sala dos professores	4	4	400	400
Pátio	3	6	300	600
Cozinha	1	5	600	2000
Dispensa	0	2	150	200
WC 1	1	1	100	600
WC 2	1	1	100	600
Biblioteca	2	2	200	200
Depósito WC 1	1	2	100	200
Depósito WC 2	1	2	100	200

Fonte: Autoria própria (2021).

3.2.2 PONTOS DE ILUMINAÇÃO

Pelo NBR-5410, o dimensionamento da quantidade de pontos de iluminação e sua potência é feito por meio da área do ambiente nas instalações habitacionais, então seguiu o mesmo padrão para as instalações escolares, onde prevê que cada cômodo precisa ter pelo menos um pontos de luz fixo no teto, para ambientes com área igual ou inferior a 6 m² é previsto que seja instalado um ponto de iluminação de 100 VA, com acréscimo de 60 VA para cada 4 m²inteiros. Entretanto, atualmente esses valores não estão coerentes

com a realidade, já que com a iluminação de LED, os valores dimensionados estão superdimensionados, quando analisa-se a necessidade.

Na Tabela 10, mostra a comparação da potência, em VA, calculada segundo as normas da NBR-5410 e a potência de iluminação atual da escola, em VA. Para melhor identificação e entendimento, as linhas foram pintadas de verde, se estiver de acordo com a norma técnica e vermelho, caso contrário.

Tabela 10 - Descrição dos pontos de iluminação.

Ambiente	Potência de iluminação atual (VA)	Potência de iluminação NBR-5410 (VA)
Sala 1	173,9130435	640
Sala 2	173,9130435	640
Sala 3	86,95652174	340
Sala 4	86,95652174	280
Sala AE	86,95652174	280
Direção	43,47826087	220
Sala dos professores	86,95652174	280
Pátio	260,8695652	700
Cozinha	43,47826087	160
Dispensa	43,47826087	100
WC 1	43,47826087	100
WC 2	43,47826087	100
Biblioteca	43,47826087	100
Depósito WC 1	43,47826087	100
Depósito WC 2	43,47826087	100
Área externa	43,47826087	

Fonte: Autoria própria (2021).

3.2.3 TOMADA DE USO ESPECÍFICO

A Norma técnica, NBR-5410, prevê que equipamentos como condicionadores de ar devem ter tomadas próprias, por causa da sua potência elevada. Além disso, essas tomadas precisam de circuitos separados, um circuito para cada TUE, assim como um disjuntor para cada equipamento.

Na divisão dos circuitos, pode-se notar que as tomadas de uso específico do ar condicionado ficaram no circuito das tomadas de uso geral, o que não está de acordo com

a norma, já que os disjuntores de 15 A, estão protegendo as TUG's e TUE's das salas, simultaneamente.

3.2.4 PREVISÃO DE DEMANDA

Segundo a NDU 001 da Energisa, a demanda total do sistema é a soma das demandas de iluminação, tomadas e cargas em geral.

Na Tabela 11, é mostrado o cálculo da demanda atual da Escola Madre Trautilinde, embora o padrão de entrada da escola seja de Monofásico 1. Além disso, na mesma tabela é mostrado qual é a demanda com a carga sendo distribuída segundo as normas da NBR 5410.

Tabela 11 - Demanda da edificação escolar.

Demanda atual			
Referência	Potência (W)	Fator de demanda	Demanda (W)
Iluminação e TUG	12490	0,86	10741,4
TUE	12274	1	12274
Total			23875,4
Tipo de consumidor	T1		
Demanda da NBR 5410			
Referência	Potência (W)	Fator de demanda	Demanda (W)
Iluminação e TUG	17476,008	0,86	15029,36688
TUE	19896,38	1	19896,38
Total			34925,74688
Tipo de consumidor	T3		

Fonte: Autoria própria (2021).

3.2.5 DIVISÃO DOS CIRCUITOS

Como foi apresentado, na tabela 6, a escola possui 9 circuitos terminais, sendo seis de iluminação, um de TUG e 2 de TUG e TUE. A norma técnica indica que haja equilíbrio na distribuição da potência entre as fases, entretanto, não é isso que ocorre na

instalação citada, já que em alguns circuitos tem potência de 40 W, enquanto outros possuem potência de 7700 W. De acordo com os itens 4.2.5.5 e 9.5.3.2 da NBR 5410:2004, indica-se haver, no mínimo, 1 circuito para cada tomada de uso específico, ar condicionado.

3.2.6 SEÇÃO DOS CABOS ELÉTRICOS

O método de instalação elétrica dos cabos na escola é o B1, condutores isolados em eletrodutos de seção circular embutido em parede termicamente isolante, a temperatura máxima que o eletroduto suporta para serviço contínuo é 70 °C, pois é do tipo de PVC.

Como tem-se a temperatura ambiente média de 32 °C, considerou-se o fator de isolamento igual a 0,94. Já em relação ao agrupamento dos circuitos, considerou-se o fator constante de 1, pois sua forma de agrupamento é sobre a superfície, embutido em conduto fechado com apenas um circuito por eletroduto.

Na Tabela 12 expõe-se a corrente nominal (I_b) e corrente do projeto (I_b') necessárias para o dimensionamento dos cabos pelo método da capacidade de condução de corrente de corrente, assim como distância do circuito, a queda de tensão (ΔU), queda de tensão máxima necessários para dimensionamento dos cabos pelo método da queda de tensão. Já na Tabela 13, mostra a seção dos condutores pelo método da capacidade de condução de corrente, método do limite de queda de tensão e método da seção mínima, assim como a seção final escolhida.

Tabela 12 - Dados necessário para o dimensionamento da seção dos cabos elétricos.

Circuito	Carga	Ib (A)	Ib'(A)	Distância (km)	Queda de tensão máxima	ΔU
1	Ilum	7,181818	7,640232	0,025	8,8	49,01266
2	Ilum	10,27273	10,92843	0,01839	8,8	46,58168
3	Ilum	2,090909	2,224371	0,01752	8,8	240,2224
4	TUG	10,90909	11,60542	0,0272	8,8	29,65686
5	TUG	12,27273	13,05609	0,01839	8,8	38,99059
6	TUG	15,45455	16,44101	0,01752	8,8	32,50067
7	Ilum	5,928864	6,307302	0,0272	8,8	54,56854
8	TUE	16,95455	18,03675	0,02	8,8	25,95174
9	TUE	16,95455	18,03675	0,02354	8,8	22,04906
10	TUE	13,02864	13,86025	0,01578	8,8	42,80325
11	TUE	13,02864	13,86025	0,01971	8,8	34,26866
12	TUE	13,02864	13,86025	0,02311	8,8	29,22697
13	TUE	13,02864	13,86025	0,01248	8,8	54,12141
14	TUE	13,02864	13,86025	0,01098	8,8	61,51505

Fonte: Autoria própria (2021).

Tabela 13 - Dados necessário para o dimensionamento da seção dos cabos elétricos.

Circuito	Carga	Seção mínima (mm²)	Capacidade de condução de corrente (mm²)	Queda de tensão (mm²)	Seção final (mm²)
1	Ilum	1,5	1	1,5	1,5
2	Ilum	1,5	1	1,5	1,5
3	Ilum	1,5	1	1,5	1,5
4	TUG	2,5	1	1,5	2,5
5	TUG	2,5	1	1,5	2,5
6	TUG	2,5	1	1,5	2,5
7	Ilum	1,5	1	1,5	1,5
8	TUE	2,5	1	1,5	2,5
9	TUE	2,5	1	1,5	2,5
10	TUE	2,5	1	1,5	2,5
11	TUE	2,5	1	1,5	2,5
12	TUE	2,5	1	1,5	2,5
13	TUE	2,5	1	1,5	2,5
14	TUE	2,5	1	1,5	2,5

Fonte: Autoria própria (2021).

3.2.7 PROTEÇÃO ELÉTRICA

3.2.7.1 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTE E CURTO-CIRCUITO

Como mostra na figura 1, a escola Madre Trautilinde tem um disjuntor para cada circuito de sua instalação, de acordo com a corrente presente atualmente na instalação, os disjuntores estão de acordo com a necessidade, como mostra na Tabela 14.

Tabela 14 - Disjuntores atuais.

Circuito	Potência total (VA)	Corrente (A)	Disjuntor
1	750	3,40909091	15
2	900	4,09090909	15
3	750	3,40909091	15
4	2000	9,09090909	15
5	300	1,36363636	15
6	600	2,72727273	15
7	450	2,04545455	15
8	300	1,36363636	15
9	720	3,27272727	20

Fonte: Autoria própria (2021).

3.2.7.2 PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS E SURTOS ELÉTRICOS

A instalação elétrica da escola estudada não apresenta medida de proteção contra choques elétricos e surtos elétricos, não há dispositivos de proteção residual (DR) e dispositivos de proteção contra surtos elétricos (DPS) como é indicado nos itens 5.1.2.2.3, 5.1.2.2.4 e 6.3.5.2.4 da NBR 5410:2004.

3.3 ADEQUAÇÃO SUGERIDA

A proposta de adequação da instalação elétrica da Escola Municipal Madre Trautilinde foi feita baseada na norma técnica da ABNT, considerando possíveis futuras alterações como inserção de pontos de tomada de uso específico para utilização de ar condicionado nas sala de diretoria e dos professores e foi solicitado pela coordenação da escola a troca do refletores da quadra por refletores mais potentes.

Além disso, foi considerada a quantidade de pontos de iluminação e de tomadas de uso geral segundo a indicação da NBR-5410:2004 para o dimensionamento dos demais elementos da instalação como condutores, proteção elétrica e padrão de entrada da instalação, assim como o dimensionamento da demanda da edificação.

3.3.1 QUANTO AO NÚMERO DE TOMADAS DE USO GERAL E PONTOS DE ILUMINAÇÃO

Considerando o perímetro do ambiente da edificação, dimensionou-se a quantidade de tomadas de uso geral segundo a NBR-5410 e verificou-se que apenas as sala dos professores, os banheiros e a biblioteca estão de acordo com as indicações da norma técnica, então é indicado que nos outros ambientes tenham a inserção de pontos de tomadas de acordo com a Tabela 15.

Tabela 15 - Quantidade de TUG's segundo a NBR 5410:2004.

Ambiente	TUG's (unid)
Sala 1	6
Sala 2	6
Sala 3	4
Sala 4	5
Sala AE	4
Direção	4
Sala dos professores	4
Pátio	6
Cozinha	5
Dispensa	2
WC 1	1
WC 2	1
Biblioteca	2
Depósito WC 1	2
Depósito WC 2	2

Fonte: Autoria própria (2021).

Ao considerar a área do ambiente, a potência dos pontos de iluminação foi dimensionada segundo a norma técnica da ABNT, ao comparar com a potência atual dos ambientes da edificação escolar, vê-se que há inconformidades em todos os ambientes, concluindo-se que é preciso haver adequação para ficar de acordo com a norma técnica, adequação deve seguir a Tabela 16. Entretanto, como a atual iluminação do ambiente é

feita com lâmpadas de LED e os usuários estão satisfeitos com a sua atuação, não é necessária a troca.

Tabela 16 - Potência dos pontos de iluminação segundo a NBR 5410:2004.

Ambiente	Potência de iluminação (VA)
Sala 1	640
Sala 2	640
Sala 3	340
Sala 4	280
Sala AE	280
Direção	220
Sala dos professores	280
Pátio	700
Cozinha	160
Dispensa	100
WC 1	100
WC 2	100
Biblioteca	100
Depósito WC 1	100
Depósito WC 2	100

Fonte: Autoria própria (2021).

3.3.2 QUANTO À DIVISÃO DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS

Para realizar a nova divisão dos circuitos elétricos da edificação utilizou-se critérios importantes para segurança da instalação que não foram considerados anteriormente. É essencial, segundo a NBR-5410, que cada tomada de uso específico tenha seu próprio circuito, com proteção individual contra curto-circuito, além disso é importante que haja uma divisão, nos circuito de TUG'S, entre as “áreas secas” e “áreas molhadas”. Sendo assim, sugere-se a adequação de divisão dos circuitos presente na Tabela 17.

Tabela 17– Potência dos pontos de iluminação segundo a NBR 5410:2004.

Circuito	Ambiente	Descrição	Potência (VA)	Potência total (VA)
1	Sala 1	Ilum	640	
1	Sala 2	Ilum	640	
1	Biblioteca	Ilum	100	1580
1	Depósito WC 1	Ilum	100	
1	Depósito WC 2	Ilum	100	
2	Pátio	Ilum	700	
2	Diretoria	Ilum	220	
2	Sala dos professores	Ilum	280	
2	Sala 3	Ilum	340	2260
2	Sala 4	Ilum	280	
2	Sala AE	Ilum	280	
2	Externa	Ilum	160	
3	Cozinha	Ilum	160	
3	Dispensa	Ilum	100	460
3	WC 1	Ilum	100	
3	WC 2	Ilum	100	
4	Sala 1	TUG	600	
4	Sala 2	TUG	600	
4	Biblioteca	TUG	200	2400
4	Depósito WC 1	TUG	200	
4	Depósito WC 2	TUG	200	
4	Pátio	TUG	600	
5	Pátio	TUG	600	
5	Diretoria	TUG	400	
5	Sala dos professores	TUG	400	2700
5	Sala 3	TUG	400	
5	Sala 4	TUG	500	
5	Sala AE	TUG	400	
6	Cozinha	TUG	2000	
6	Dispensa	TUG	200	3400
6	WC 1	TUG	600	
6	WC 2	TUG	600	
7	Quadra	Ilum	1304,35	1304,35
8	Sala 1	TUE	3730	3730
9	Sala 2	TUE	3730	3730
10	Sala 3	TUE	2866,3	2866,3
11	Sala 4	TUE	2866,3	2866,3
12	Sala dos professores	TUE	2866,3	2866,3
13	Diretoria	TUE	2866,3	2866,3
14	Sala AE	TUE	2866,3	2866,3

Fonte: Autoria própria (2021).

3.3.3 QUANTO AOS CABOS ELÉTRICOS

Na instalação elétrica da escola, os circuitos de iluminação tem seção de 1,5 mm², já os circuitos de TUG e TUE, tem seção de 2,5 mm². Ao dimensionar os cabos elétricos, considerou-se os métodos da capacidade de condução de corrente, do limite de queda de tensão e da seção mínima, a seção final escolhida foi a maior dimensionada pelos três métodos. Como há uma nova divisão de circuitos elétricos seguindo as normas da ABNT e o critério de distribuição da potência entre os circuitos, a seção dos cabos foi estabelecida de acordo com a nova potência definida. A adequação da seção dos condutores encontra-se na Tabela 18, é importante considerar que a seção do cabo dos circuitos 8 e 9 foram superdimensionados, pois são circuitos de tomadas de uso específico de condicionadores de ar e há um problema recorrente dos cabos não serem de boa qualidade.

Tabela 18 - Seção dos condutores segundo a NBR 5410:2004.

Circuito	Carga	Seção final (mm²)
1	Ilum	1,5
2	Ilum	1,5
3	Ilum	1,5
4	TUG	2,5
5	TUG	2,5
6	TUG	2,5
7	Ilum	1,5
8	TUE	6
9	TUE	6
10	TUE	2,5
11	TUE	2,5
12	TUE	2,5
13	TUE	2,5
14	TUE	2,5

Fonte: Autoria própria (2021).

3.3.4 QUANTO À PROTEÇÃO ELÉTRICA

3.3.4.1 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTE E CURTO-CIRCUITO

Como todo circuito terminal deve ter um dispositivo de proteção contra sobrecorrente e curto-circuito, disjuntor, calculou-se a corrente elétrica de cada circuito para que o disjuntor ideal pudesse ser dimensionado de modo ideal. As indicações de adequações da instalação, quanto aos novos disjuntores, estão na Tabela 19.

Tabela 19 - Dimensionamento segundo a NBR 5410:2004.

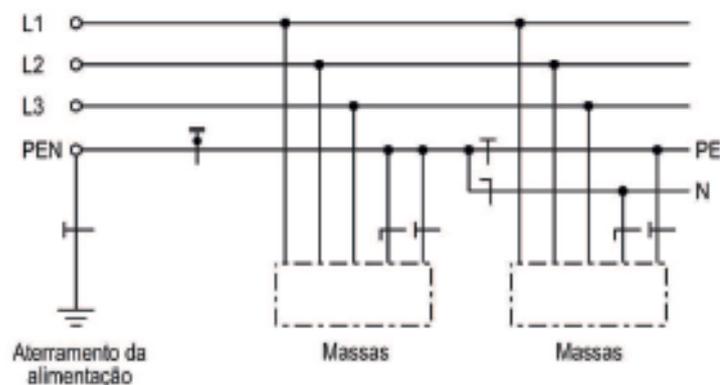
Circuito	Carga	I (A)	Disjuntor
1	Ilum	7,181818	10
2	Ilum	10,27273	16
3	Ilum	2,090909	4
4	TUG	10,90909	16
5	TUG	12,27273	16
6	TUG	15,45455	16
7	Ilum	5,928864	10
8	TUE	16,95455	20
9	TUE	16,95455	20
10	TUE	13,02864	16
11	TUE	13,02864	16
12	TUE	13,02864	16
13	TUE	13,02864	16
14	TUE	13,02864	16

Fonte: Autoria própria (2021).

3.3.4.2 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES E SURTOS ELÉTRICOS

Como a instalação da edificação não possui nenhuma proteção contra choques elétricos, é preciso fazer a instalação de condutores de proteção em todos os circuitos. O sistema de aterramento indicado é o TN-C-S que será feito um aterramento local no quadro de distribuição e o barramento de neutro será ligado à barra de aterramento. O sistema está descrito na Figura 3.

Figura 3 - Aterramento TN-C-S.

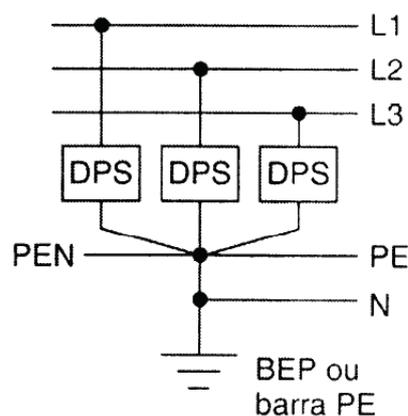


Fonte: ABNT (2004).

Além disso, é preciso a instalação de dispositivos de proteção diferencial-residual nos circuitos 2 e 6, pois são circuitos onde há contato direto com água, o circuito 6 são tomadas de uso geral das “áreas molhadas” e o circuito 2 é a iluminação externa que tem contato direto com a chuva.

A instalação escolar estudada não possui nenhuma proteção contra surtos elétricos. O DPS indicado é um DPS classe II com $U_p < 1,5 \text{ kV}$, $U_c = 275 \text{ V}$, $I_n = 20 \text{ kA}$ ($8/20 \mu\text{s}$) e $I_{m\acute{a}x} = 45 \text{ kA}$ ($8/20 \mu\text{s}$). O $I_{m\acute{a}x}$ é o valor máximo de corrente de descarga que o dispositivo suporta e protege a instalação, necessitando ser trocado, em seguida, pois só atua uma vez. O esquema de conexão, segundo a NBR-5410, é o 1 que os DPS devem ser ligados a cada condutor de fase de um lado e ao barramento de equipotencialização do quadro, como está mostrando na Figura 4.

Figura 4 - Ligação dos DPS.



Fonte: ABNT (2004).

3.3.5 QUANTO AO PADRÃO DE ENTRADA

Após as adequações às normas da ABNT serem realizadas, calculou-se a demanda do novo sistema, com as alterações feitas e a demanda encaixou-se na categoria T3 da Energisa, mostrada na Figura 5, que anteriormente era M1.

Figura 5 - Dimensionamento das categorias de atendimento.

Dimensionamento das categorias de atendimento EPB, EBO, ENF, ESE, ETO e EMT																		
Tensões 380/220V																		
Categorias	N.º de fios	N.º de fases	Demanda (kw)	Carga instalada (kw)	Condutores					Haste para aterramento aço cobre	Disjuntor termomagnético (limite máximo (A))	Eletroduto de PVC rígido (mm)	Eletroduto de aço galvanizado (mm)	POSTE (5 ou 7 metros)			Pontaletes	
					Ramal de ligação multiplex (aluminio)	Ramal de ligação concentrico (aluminio)	Ramal de entrada embutido e subterrâneo (Cobre PVC 70°C)	Ramal de entrada embutido e subterrâneo (Cobre EPR/XLPE/HEPR 90°C)	Aterramento (Cobre)					Poste DT (daN)	Poste tubo de aço galvanizado (Ø mm)	Poste quadrado de aço galvanizado (mm)		Fixação com parafuso ou fixação embutido na parede (Ø mm)
Monofásico	M1	2	1	-	$0 < C \leq 6,0$	1x1x10+10	2x10	6(6)	6(6)	6	1H 16X2400	30/32	25	20	150	80	80x80	40
	M2	2	1	-	$6,0 < C \leq 11,0$	1x1x10+10	2x10	10(10)	10(10)	10	1H 16X2400	50	25	20	150	80	80x80	40
	M3	2	1	-	$11,0 < C \leq 15,4$	1x1x16+16	-	16(16)	16(16)	10	1H 16X2400	70	25	25	150	80	80x80	40
Bifásico	B1	3	2	-	$0 < C \leq 17,6$	2x1x10+10	-	2#10(10)	2#6(6)	6	1H 16X2400	40	32	25	150	80	80x80	50
	B2	3	2	-	$17,6 < C \leq 22,0$	2x1x16+16	-	2#10(10)	2#10(10)	10	1H 16X2400	50	32	25	150	80	80x80	50
	B3	3	2	-	$22,00 < C \leq 26,30$	2x1x25+25	-	2#16(16)	2#16(16)	16	1H 16X2400	70	40	40	150	80	80x80	50
Trifásico	T1	4	3	$0 < D \leq 24,00$	$0 < C \leq 75$	3x1x10+10	-	3#10(10)	3#6(6)	6	H 16x2400	40	32	32	150	80	80x80	50
	T2	4	3	$24,1 < D \leq 30,0$		3x1x16+16	-	3#10(10)	3#10(10)	10	*H 16X2400	50	32	32	150	80	80x80	50
	**T3	4	3	$30,01 < D \leq 42,40$		3x1x25+25	-	3#25(25)	3#16(16)	10	*H 16X2400	70	40	40	150	100	90x90	50
	**T4	4	3	$42,40 < D \leq 60,54$		3x1x35+35	-	3#35(35)	3#25(25)	16	*H 16X2400	100	50	50	300	100	90x90	50
	**T5	4	3	$60,55 < D \leq 75$		3x1x70+70	-	3#70(35)	3#50(35)	25	*H 16X2400	125	65	75	600	N.A	N.A	N.A

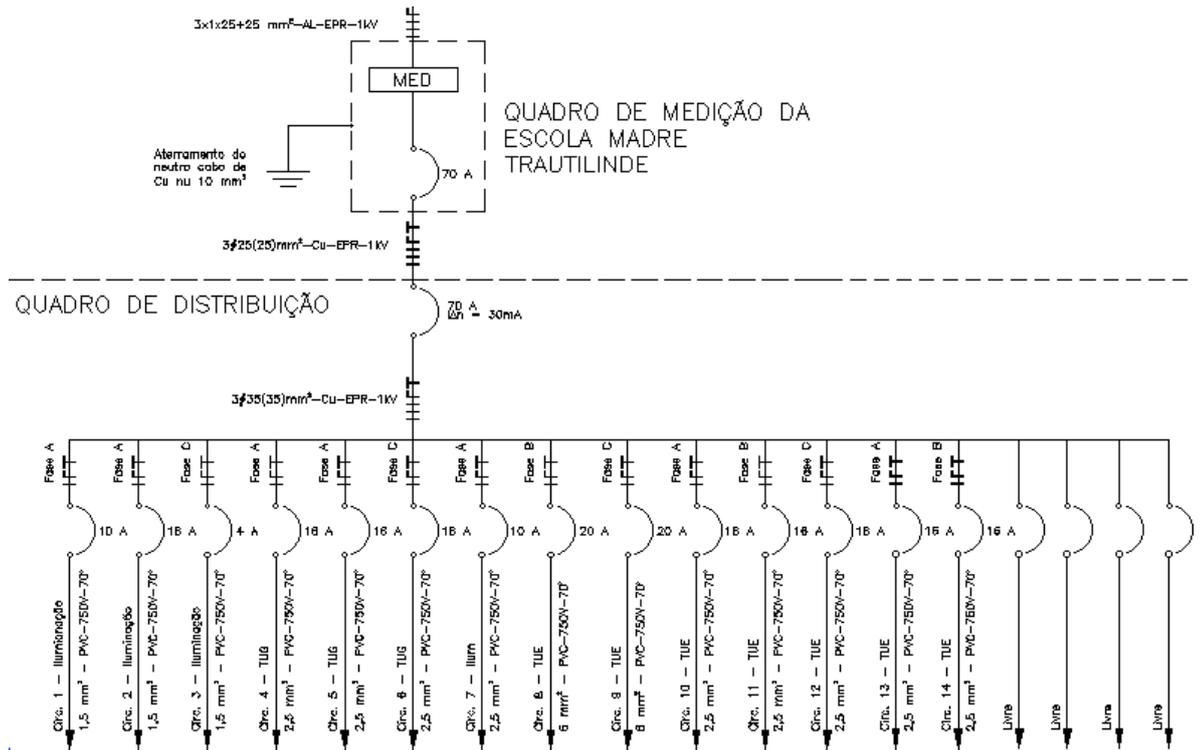
Fonte: Energisa (2020).

O padrão de entrada atual da edificação possui um disjuntor tripolar de 30 A, com ramal de ligação com cabo quadruplex de 10 mm² e ramal de entrada de 6 mm², já p aterramento é feito com cabo de cobre de 6 mm. Para o novo padrão de entrada, será utilizado um disjuntor de 70 A tripolar, o ramal de ligação será feito com cabo quadruplex de 25 mm² e o ramal de entrada será com cabo de cobre isolado de 25 mm², três fases e um neutro, já o condutor de aterramento deverá ser de 10 mm.

Assim, o diagrama unifilar da nova instalação elétrica, segundo as normas da ABNT, está mostrado na Figura 6.

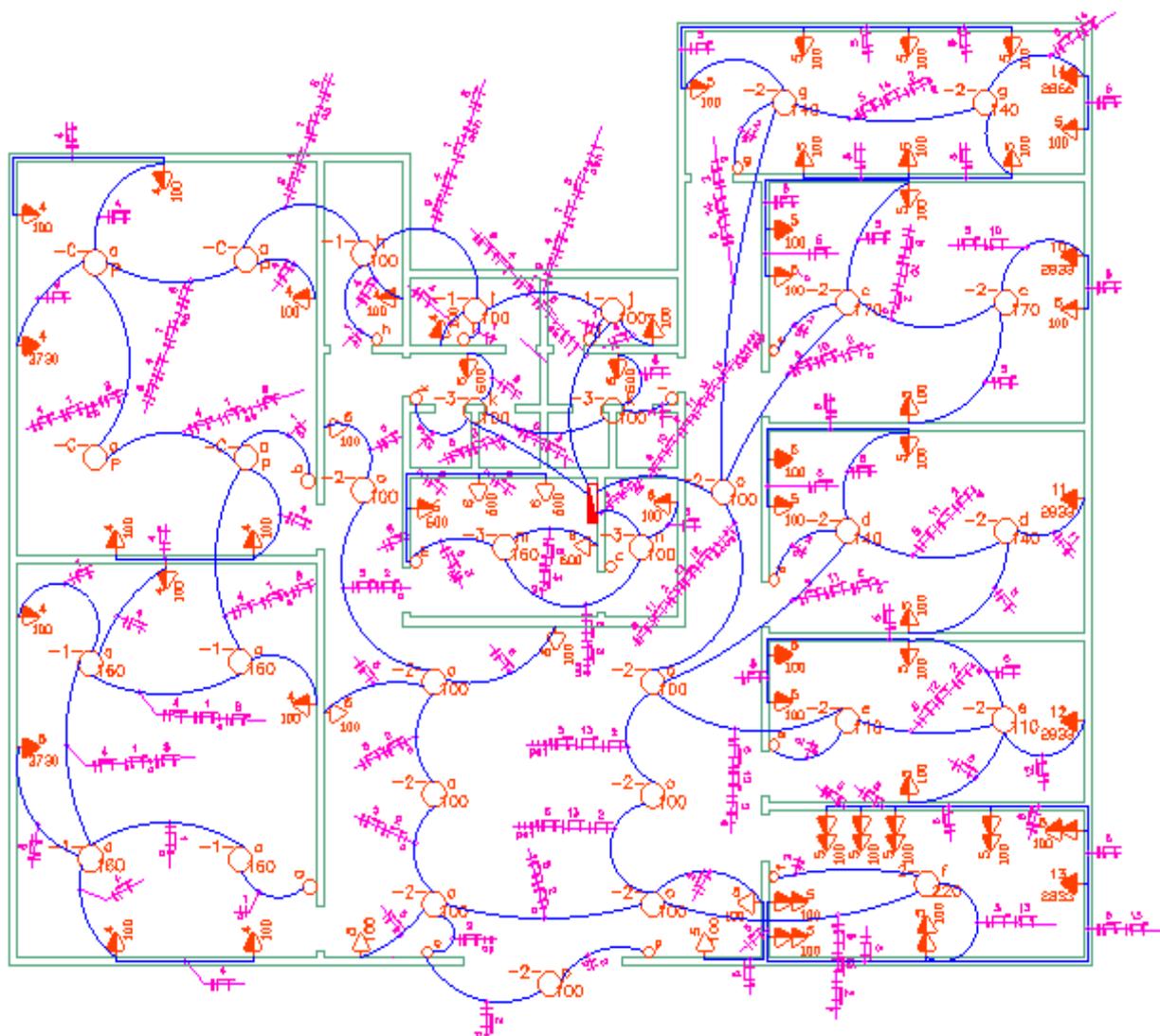
Além disso, na Figura 7, há uma sugestão da nova de distribuição dos pontos de tomadas de uso geral, tomadas de uso específico e pontos de iluminação. Essa adequação sugerida foi feita com base no dimensionamento feito dos pontos citados e das necessidades identificadas nas visitas *in loco*.

Figura 6 - Novo diagrama unifilar.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 7 - Planta elétrica sugerida.



Fonte: Autoria própria (2021).

3.4 ORÇAMENTO

Para ter uma estimativa palpável das adequações feitas para que a instalação da escola Madre Trautilinde ficar de acordo com a norma técnica da ABNT, foi feito um orçamento-base dos materiais necessários para essa adaptação. Não foi considerado o valor dos pontos de iluminação das salas, embora não estejam de acordo com o indicado na norma, pois as luminárias estão satisfazendo a sua função e seria um gasto desnecessário. A lista de material elétrico foi feita com base no SINAPI, já que a escola pertence à Prefeitura Municipal e toda reforma precisa de licitação que segue esta tabela. A lista do material elétrico necessário e o orçamento referente ao mesmo, encontra-se na Tabela 19 e mostra que a reforma para as adequações das instalações elétricas terá um valor de R\$ 2776,21.

Figura 8 - Orçamento do material elétrico.

Obra: Projeto - Reforma elétrica da Escola Madre Trautilinde							
Data de preço: SINAPI Setembro de 2021, sem desoneração							
Cidade: Areia/PB							
Planilha Orçamentária							
PAVIMENTO TÉRREO							
ITEM	CÓDIGO	FONTE	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS	UN.	QUANT.	VALOR UNITÁRIO S/BDI (RS)	VALOR TOTAL COMBDI (RS)
1.0	PADRÃO DE ENTRADA						
1.1	2373	SINAPI	DISJUNTOR TIPO NEMA, TRIPOLAR 60 ATE 100 A, TENSAO MAXIMA DE 415 V	UN.	1	RS 75,66	RS 75,66
1.2	34643	SINAPI	CAIXA INSPECAO EM POLIETILENO PARA ATERRAMENTO	UN.	1	RS 12,79	RS 12,79
1.3	38055	SINAPI	GRAMPO METALICO TIPO OLHAL PARA HASTE DE ATERRAMENTO DE 1/2", CONDUTOR 10A 50 MM2	UN.	2	RS 4,45	RS 8,90
1.4	43095	SINAPI	CAIXA MODULAR PARA MEDIDOR DE ENERGIA AGRUPADA, EM POLICARBONATO TERMOPLASTICO, COM SUPORTE PARA DISJUNTOR (PADRAO DA CONCESSIONARIA LOCAL)	UN.	1	RS 135,86	RS 135,86
1.5	39184	SINAPI	BUCHA DE REDUCAO EM ALUMINIO, COM ROSCA, DE 1" X 1/2", PARA ELETRODUTO	UN.	1	RS 5,38	RS 5,38
1.6	7569	SINAPI	HASTE ANCORA EM ACO GALVANIZADO, DIMENSOES 16 MM X 2000 MM	UN.	1	RS 64,79	RS 64,79
1.7	954	SINAPI	CABO DE COBRE UNIPOLAR 25MM2, BLINDADO, ISOLACAO 6/10 KV EPR, COBERTURA EM PVC	UN.	1	RS 87,49	RS 87,49
1.8	12070	SINAPI	ELETRODUTO DE PVC RIGIDO SOLDAVEL, CLASSE B, DE 40 MM	M	10	RS 3,40	RS 34,00
						SUBTOTAL	RS 424,87
2.0	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO						
2.1	39798	SINAPI	QUADRO DE DISTRIBUICAO, SEM BARRAMENTO, EM PVC, DE EMBUTIR, PARA 27 DISJUNTORES NEMA OU 36 DISJUNTORES DIN	UN.	1	RS 211,41	RS 211,41
2.2	34653	SINAPI	DISJUNTOR TIPO DIN/IEC, MONOPOLAR DE 6 ATE 32A	UN.	14	RS 6,17	RS 86,38
2.3	39471	SINAPI	DISPOSITIVO DPS CLASSE II, 1 POLO, TENSAO MAXIMA DE 275 V, CORRENTE MAXIMA DE *45* UN 71,11 KA	UN.	3	RS 71,11	RS 213,33
2.4	39456	SINAPI	DISPOSITIVO DR, 4 POLOS, SENSIBILIDADE DE 30 MA, CORRENTE DE 40 A, TIPO AC	UN.	2	RS 108,44	RS 216,88
						SUBTOTAL	RS 728,00
3.0	CONDUTORES						
3.1	982	SINAPI	CABO DE COBRE, FLEXIVEL ISOLACAO EM PVC/A CONDUTOR, 450/750 V, SECAO NOMINAL 6 MM2	M	100	RS 5,59	RS 559,00
						SUBTOTAL	RS 559,00
4.0	TOMADA						
4.1	7528	SINAPI	TOMADA 2P+T 10A, 250V, CONJUNTO MONTADO PARA EMBUTIR 4" X 2" (PLACA + SUPORTE + MODULO)	UN.	32	RS 7,95	RS 254,40
						SUBTOTAL	RS 254,40
5.0	TOMADA						
5.1	13390	SINAPI	REFLETOR REDONDO EM ALUMINIO ANODIZADO PARA LAMPADA VAPOR DE MERCURIO/SODIO, CORPO EM ALUMINIO COM PINTURA EPOXI, PARA LAMPADA E-27 DE 300 W, COM SUPORTE REDONDO E ALCA REGULAVEL PARA FIXACAO	UN.	6	RS 134,99	RS 809,94
						SUBTOTAL	RS 809,94
						TOTAL	RS 2.776,21

Fonte: Autoria própria (2021).

4 CONCLUSÃO

Este trabalho proporcionou a compreensão da realidade das instalações elétricas das escolas públicas municipais, do interior paraibano, mostrando o risco constante que os equipamentos e que os usuários estão expostos por acrescentar cargas elétricas sem fazer alterações compatíveis no sistema, como a adaptação dos cabos condutores e da proteção utilizada. Além disso, foi possível entender a necessidade da elaboração de projeto elétrico por um profissional capacitado, além de profissionais capacitados para realizar a instalação elétrica.

Para tal, estudou-se a Escola Municipal Madre Trautilinde localizada na cidade de Areia-PB, analisando a sua situação atual das instalações elétricas. Considerou-se a proteção elétrica dos circuitos, os cabos condutores, a divisão dos circuitos e as cargas da instalação.

Foram enumeradas as inconformidades das instalações elétricas, segundo a norma técnica da ABNT, NBR 5410:2004. Posteriormente, elaborou-se uma proposta de correção das inconformidades elétricas, assim como uma sugestão de planta elétrica, caso haja a substituição dos cabos elétricos e, por fim, o orçamento dos materiais necessários para realizar a reforma, segundo a tabela da SINAPI, já que a escola é municipal e necessita de licitação.

Assim, de acordo com a lista de materiais desenvolvida, avalia-se que o gasto com materiais para que a edificação adapte-se as normas técnicas da ABNT, é de R\$ 2776,21. O valor final da reforma elétrica é aceitável para a Prefeitura Municipal, já que trata-se da segurança dos alunos e profissionais da instituição.

Ademais, foi possível constatar que com a existência de um projeto elétrico realizado por um profissional capacitado, todas as inconformidades seriam inexistentes, além de todas as pessoas que estão ligadas à instituição estarem protegidas.

Como sugestões para continuidade do trabalho tem-se o estudo para instalação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, já que a escola possui quadra poliesportiva. Outra sugestão é o estudo para instalação de painéis fotovoltaicos para que a escola torne-se independente na produção de energia, fazendo a prefeitura economizar a longo prazo

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Brasil). NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

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

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. Instalações Elétricas Prediais. 14. ed. São Paulo: Érica, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Brasil). NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

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

FONSÊCA, Glicéria Emiliana da. Dimensionamento dos condutores de uma instalação residencial em Angicos/RN, com base na NBR 5410:2004. Monografia (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos. 2013.

CREDER, Hélio. Instalações Elétricas. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

PEREIRA, José H. A. A gestão eficiente de projetos de instalações elétricas para edificações. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Gestão de Sistemas de Engenharia, Universidade Católica de Petrópolis. Petrópolis. 2016.

ALVAREZ, André Luiz Montero. Uso racional e eficiente de energia elétrica: metodologia para determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares. 1998. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FARIAS, Leonel Marques; SELMITTO, Miguel Afonso. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. Revista Liberato, v. 12, n. 17, p. 07-16, 2011.

DE SOUZA, DANILO UFMT. A Evolução dos Métodos de Projetar Instalações Elétricas. Revista de Ensino de Engenharia, v. 37, n. 3, 2019.

DA SILVA, Mauricio Dias Paixão. Prevenção de acidentes nas instalações elétricas. 2016. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ENERGISA. (2014). Norma de Distribuição Unificada – NDU-001: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão - Edificações Individuais ou Agrupadas até 3 Unidades Consumidoras. Energisa (p. 96). ENERGISA.