UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DO CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

WILLIAM MACHADO PRADELLA

PROJETO DE NOVA INFRAESTRUTURA ELÉTRICA PARA ESCOLA MUNICIPAL DE FLORES DA CUNHA: ESTUDO DE CASO

CAXIAS DO SUL
2019

WILLIAM MACHADO PRADELLA

PROJETO DE NOVA INFRAESTRUTURA ELÉTRICA PARA ESCOLA MUNICIPAL DE FLORES DA CUNHA: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica à Universidade de Caxias do Sul.
Orientadora: Profª. Ma. Andréa Cantarelli Morales.

CAXIAS DO SUL
2019

WILLIAM MACHADO PRADELLA

PROJETO DE NOVA INFRAESTRUTURA ELÉTRICA PARA ESCOLA MUNICIPAL DE FLORES DA CUNHA: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica à Universidade de Caxias do Sul.

Aprovado em 27 / 11 / 2019

Banca Examinadora:

Prof. Ma. Andréa Cantarelli Morales (orientadora)
Universidade de Caxias do Sul - UCS

Prof. Me. Anderson Soares dos Santos
Universidade de Caxias do Sul – UCS

Prof. Me. Cícero Zanoni
Universidade de Caxias do Sul - UCS

“Quando penso que cheguei ao meu limite, descubro que tenho forças para ir além.”

(Ayrton Senna)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por tudo.

Além disso, agradeço a minha família, meus pais Carlos Deonisio Pradella e Rosangela Machado Pradella, que me permitiram e sempre incentivaram a estudar. Gostaria de agradecer também a minha irmã Rosiane Machado Pradella, por todo empenho, apoio e cumplicidade durante toda minha vida. Obrigado por estarem sempre ao meu lado.

A minha namorada Gleyca Guaresi, pela paciência, atenção, carinho e por entender minhas ausências em diversas oportunidades. Obrigado por todo o teu apoio e amor, eu amo você.

A orientadora e professora Andréa Cantarelli Morales, pela dedicação, empenho e acompanhamento, em especial nesse último ano, teus conselhos, paciência e motivação contribuíram para que fosse possível colher os frutos desse trabalho, meu muito obrigado.

A professora Marta Baltar Alves, que me auxiliou e orientou em diversas situações, repassando os seus conhecimentos sempre que necessitei de ajuda.

Por fim, gostaria de agradecer a todos que estiveram comigo nessa jornada e aqueles que também passaram pela minha vida e de algum forma contribuíram para eu me tornar a pessoa que sou hoje.

RESUMO

Os acontecimentos provenientes de irregularidades nas instalações elétricas, tais como, os ocorridos no alojamento do Ninho do Urubu, no Rio de Janeiro, e no Mercado Público de Porto Alegre, fazem com que o tema ganhe grande visibilidade no cenário nacional. A falta de acompanhamento de profissionais da área da elétrica, o não seguimento das diretrizes impostas para a elaboração desses projetos, a falta dos equipamentos de proteção e a divisão de forma equivocada das cargas nos circuitos contribuem para que esses problemas ocorram com maior frequência. Diante deste cenário, este trabalho teve como objetivo desenvolver o projeto de uma nova infraestrutura elétrica para a edificação onde situa-se a Escola Municipal de Ensino Fundamental 1º de Maio, de Flores da Cunha – RS. Através do estudo e entendimento das normas vigentes relacionadas aos assuntos, verificou-se a necessidade de elaboração de um projeto de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas através do cálculo do gerenciamento de riscos e desenvolvimento dos projetos de: aterramento, abordado pelo método TT e verificado através do arranjo de Wenner, a fim de determinar o número de hastes necessárias para suprir as necessidades da estrutura; luminotécnico, abordado através do método dos lumens, com o intuito de determinar a quantidade de luminárias necessárias para cada ambiente; instalações elétricas, contemplando os levantamentos de cargas e demandas, dimensionamento dos condutos e condutores e divisão dos circuitos. A partir dessas abordagens, foram verificados os custos totais de implementação dos projetos e, assim, elaborada uma proposta de Eficiência Energética, uma vez que o investimento de R$ 147.776,21 é significativo para os cofres públicos do município. Através dos resultados obtidos verificou-se que é possível inserir novas cargas, possibilitando que sejam implementados sistemas de refrigeração na escola, desfrutar dos benefícios e confiabilidade dos sistemas de proteção e reduzir a potência instalada e o consumo de energia do sistema de iluminação em mais de 50%, o que resultaria em uma redução de, aproximadamente, R$ 9.300,00 anualmente nas constas de energia elétrica. Além disso, foi possível verificar que a partir de um horizonte mais amplo, o município pode estar apto a participar de chamadas públicas, disponibilizadas anualmente.

Palavras-chave: Instalações elétricas. Gerenciamento de riscos. Aterramento. Luminotécnico. Eficiência Energética.

ABSTRACT

The events arising from irregularities in the electrical installations, such as those occurring in Ninho do Urubu, in Rio de Janeiro, and in the Mercado Público, located in Porto Alegre, make the theme highly visible in the national scene. The lack of follow up from electrical professionals, the non-compliance with the guidelines imposed for the elaboration of these projects, the lack of protective equipment and the mistaken division of loads in the circuits contribute to these problems to occur more frequently. In this scenario, this work aimed to develop the project of a new electrical infrastructure for the building where is located the Escola Municipal de Ensino Fundamental 1º de Maio, Flores da Cunha - RS. Through the study and understanding of the current norms related to the subjects, it was verified the necessity to elaborate a project of Protection Systems against Lightning through the calculation of the risk management and development of the projects, such as: grounding, approached by the TT method and verified through the Wenner arrangement, in order to determine the number of rods needed to supply the structure needs; lighting technique, approached by the lumen method, in order to determine the amount of luminaires needed for each room; electrical installations, covering the lifting of loads and demands, dimensioning of the conduits and conductors and circuit division. From these approaches, the total costs of the project implementation were verified and, therefore, an Energy Efficiency proposal was prepared, since the investment of R$ 147,776.21 is significant for the municipal coffers. Through the results obtained it was found that it is possible to insert new loads, enabling the implementation of refrigeration systems in the school, enjoy the benefits and reliability of the protection systems and reduce the installed power and energy consumption of the lighting system by more than 50%, which would result in a reduction of approximately R$ 9,300.00 annually in the electricity bill. In addition, it was possible to verify that the municipality may be able to participate in public calls, available annually.

Keywords: Electrical installations. Risk management. Grounding. Luminotechnical. Energy efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Condutores elétricos 33
Figura 2 - Acidentes por origem elétrica em 2017 43
Figura 3 - Mortes por origem elétrica, no Brasil, de 2013 a 2017 44
Figura 4 - Descrição dos esquemas de aterramento 48
Figura 5 - Esquema de ligação, configuração TN 49
Figura 6 - Esquema de ligação, configuração TT 49
Figura 7 - Esquema de ligação, configuração IT 50
Figura 8 - Esquemático Arranjo de Wenner 50
Figura 9 - Penetração na profundidade "a" 52
Figura 10 - Exemplo de configuração de um SPDA 54
Figura 11 - Procedimento para decisão da necessidade da proteção 60
Figura 12 - Área de exposição da edificação, conforme ABNT NBR 5419-2:2015 69
Figura 13 - Terrômetro MEGABRAS 72
Figura 14 - Área de medição 73
Figura 15 - Medições *in-loco,* linha de medição D 73
Figura 16 - Medições *in-loco*, linha de medição C 74
Figura 17 - Curva *p* x *a* 75
Figura 18 – Hastes Alinhadas em Paralelo 76
Figura 19 - *Layout* Sala de Aula 01 79
Figura 20 – Fator de utilização 80
Figura 21 - Simulação Sala de Aula 01, com lâmpada TUBO LED PRO PC 81
Figura 22 - Curvas Isolux da simulação 82
Figura 23 - Legenda do projeto 86
Figura 24 – Dimensionamento dos Condutores 90
Figura 25 – Zoneamento dos ambientes 94
Figura 26 – Levantamento das características dos ambientes 95
Figura 27 – Custos diretos e indiretos 96
Figura 28 – Custos totais 97
Figura 29 – RCB por uso final 97

Figura 30 – Perspectiva 1 99
Figura 31 - Perspectiva 2 99
Figura 32 – Curva de carga dos sistemas de iluminação 100
Figura 33 – RCB do projeto 102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparativo dos trabalhos realizados....65
Quadro 2 - Parâmetros de entrada para riscos RA e RB....69
Quadro 3 - Parâmetros de entrada para riscos RU e RV....70
Quadro 4 - Resistividade elétrica medida e calculada....74
Quadro 5 - Desvio Relativo e Resistividade Média....75
Quadro 6 - Levantamento do sistema de iluminação....77
Quadro 7 - Iluminância média Sala de Aula 01....78
Quadro 8 - Ambientes com refletâncias 852....82
Quadro 9 - Ambientes com refletâncias 872....84
Quadro 10 - Ambientes com refletâncias 552....85
Quadro 11 - Previsão de carga, projeto Luminotécnico....87
Quadro 12 - Previsão de carga, pontos de força....87
Quadro 13 - Fatores de demanda....88
Quadro 14 - Cores dos condutores....90
Quadro 15 - Disjuntor de proteção por QD....92
Quadro 16 - Previsão orçamentária....93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Seção mínima dos condutores 34

Tabela 2 - Temperaturas características dos condutores 34

Tabela 3 - Capacidade de condução de corrente, em ampères, para condutores de Cu e Al, com isolação em PVC, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D 36

Tabela 4 - Planejamento dos ambientes, tarefas e atividades com relação ao iluminamento necessário 41

Tabela 5 - Fatores de utilização e depreciação das luminárias 42

Tabela 6 - Área do terreno e número mínimo de linhas de medição 51

Tabela 7 - Fontes de danos, tipos de danos e tipos de perdas de acordo com o ponto de impacto 55

Tabela 8 - Componentes de risco a serem considerados para cada tipo de perda em uma estrutura 57

Tabela 9 - Valores típicos de risco tolerável RT 61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\emptyset$	Fluxo total
ΔV	Queda de tensão parcial
a	Espaçamento entre as hastes
ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRACOPEL	Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade
A_D	Área de exposição equivalente da estrutura
Al	Alumínio
A_M	Área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem perto da estrutura
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
b	Profundidade de penetração
BA_T	Benefício anualizado
BEN	Balanço de Energia Nacional
BEP	Barramento de Equipotencialização Principal
BT	Baixa Tensão
C	Comprimento do ambiente
CA	Corrente Alternada
CA_n	Custo anualizado de cada equipamento, incluído os seus custos relacionados
CA_T	Custo anualizado total
CC	Corrente Contínua
C_D	Fator de localização da estrutura
C_E	Fator ambiental
CED	Custo unitário de da demanda
CEE	Custo unitário de energia
Celesc	Centrais Elétricas de Santa Catarina
C_I	Fator de instalação da linha
C_{LD}	Fator que depende das condições da blindagem, aterramento e isolamento da linha a qual o sistema interno está conectado

C_{LI}	Fator que depende das condições da blindagem, do aterramento e da isolação da linha
CosØ	Fator de potência
CPFL	Companhia Paulista de Força e Luz
C_T	Fator tipo de linha
Cu	Cobre
D	Danos
d	Fator de depreciação
D1	Ferimento aos seres vivos por choque elétrico;
D2	Danos físicos
D3	Falhas de sistemas eletroeletrônicos
dh	Diâmetro da hastes
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
DR	Diferencial-residual
EE	Energia anual economizada
E_m	Iluminância média
EMEF	Escola Municipal de Ensino Fundamental
EPP	Eficiência Energética nos Prédios Públicos
EPR	Borracha etileno-propileno
F	Fase
FCA	Fator de correção de agrupamento
FCR	Fator de correção de resistividade
FCT	Fator de correção de temperatura
H	Altura da fonte luminosa sobre o plano de trabalho
h_z	Fator de aumento da perda devido a danos físicos quando um perigo especial estiver presente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
I_m	Corrente medida entre os terminais
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
I_p	Corrente de projeto do circuito
I_p’	Corrente de projeto corrigida
k	Constante em função do esquema do circuito
K	Índice do recinto

l	Comprimento do circuito
L	Perdas
L1	Perda de vida humana
L2	Perda de serviço público
L3	Perda de patrimônio cultural
L4	Perda de valores econômicos
L_a	Largura do ambiente
LED	*Light Emitting Diode*
LEMP	*Lightning Electromagnetic Impulse*
L_F	Número relativo médio típico de vítimas por danos físicos (D2) devido a um evento perigoso
Lh	Comprimento da haste
L_L	Comprimento da seção da linha
L_O	Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos (D3) devido a um evento perigoso
L_T	Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico (D1) devido a um evento perigoso
MME	Ministério de Minas e Energia
MT	Média Tensão
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
N	Neutro
n	Rendimento
NBR	Norma Brasileira
N_D	Quantidade de descargas atmosféricas para a terra na localização da estrutura por ano
N_{DJ}	Número médio anual de eventos perigosos devido à descarga atmosférica direta a uma estrutura conectada na extremidade de uma linha
N_G	Densidade de descargas atmosféricas para a terra
nl	Número de luminárias
Nº	Número
NR	Normas Regulamentadoras
n_t	Número total de pessoas na estrutura
n_z	Número de pessoas na zona
p	Resistividade

pa	Resistividade aparente do solo
P_B	Probabilidade que depende do nível de proteção contra descargas atmosféricas para o qual o SPDA foi projetado
PE	Condutor de proteção
P_{EB}	Probabilidade que depende das ligações equipotenciais para descargas atmosféricas
PEE	Programa de Eficiência Energética
PEN	Condutor de proteção mais neutro
P_{LD}	Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica na linha conectada dependendo das características da linha
P_{LI}	Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica perto de uma linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos
P_{MS}	Probabilidade que depende das características da blindagem e dos circuitos internos da estrutura
P_n	Potência nominal do circuito
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PROCOBRE	Instituto Brasileiro do Cobre
PROPEE	Procedimentos do Programa de Eficiência Energética
P_{SPD}	Probabilidade que depende do sistema coordenado de DPS de acordo com a proteção contra descargas atmosféricas para o qual os DPS foram projetados
P_{TA}	Probabilidade que depende das medidas de proteção adicionais contra tensões de toque e passo
P_{TU}	Probabilidade que depende das medidas de proteção contra tensões de toque, como restrições físicas ou avisos visíveis de alerta
PVC	Policloreto de Vinila
R	Riscos
R1	Riscos de perda de vida humana
R1haste	Resistência de uma haste
R2	Risco de perda de serviço ao público
R3	Risco de perda ao patrimônio cultural
R4	Risco de perda de valores econômicos

RA	Componente de risco (ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na estrutura)
RB	Componente de risco (danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na estrutura)
RC	Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica na estrutura)
RCB	Relação Custo Benefício
RDP	Redução de Demanda na Ponta
Req	Resistência do conjunto
r_f	Fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo do risco de incêndio ou do risco de explosão da estrutura
RGE	Rio Grande Energia
RM	Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica perto da estrutura)
RN	Rio Grande do Norte
r_p	Fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo das providências tomadas para reduzir as consequências do incêndio
RS	Rio Grande do Sul
RT	Risco tolerável
r_t	Fator de redução da perda de vida humana dependendo do tipo do solo ou piso
RU	Componente de risco (ferimentos a seres vivos – descarga atmosférica na linha conectada)
RV	Componente de risco (danos físicos na estrutura – descarga atmosférica na linha conectada)
RW	Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica na linha conectada)
RZ	Componente de risco (falha dos sistemas internos – descarga atmosférica perto da linha)
s	Seção do condutor
S	Área do terreno
S1	Descargas na estrutura
S2	Descargas perto da estrutura
S3	Descargas na linha

S4	Descargas perto da linha
SENGE	Sindicato dos Engenheiros do Rio Grande do Sul
SPDA	Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas
S_r	Área do Recinto
Temp	Temperatura
TUE	Tomada de uso específico
TUG	Tomada de uso geral
t_z	Tempo o qual as pessoas estão presentes na zona
u	Fator de utilização
v	Tensão entre fase e neutro
V	Tensão entre fases
V_m	Tensão medida entre os terminais
XLPE	Polietileno reticulado
φ	Fluxo por luminárias

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
“	Polegada
A	Ampère
cd	Candela
h	Hora
Hz	Hertz
k	Kelvin
kA	Quilo Ampère
kM	Quilometro
km²	Quilometro quadrado
kV	QuiloVolts
kVA	QuiloVolt Ampère
kW	QuiloWatt
kWh	QuiloWatt-hora
lm	Lumens
m	Metro
m²	Metro quadrado
mA	Mili Ampère
mm²	Milímetro quadrado
MWh	MegaWatt-hora
ºC	Grau Celsius
R$	Real
TWh	Terawatt-hora
V	Volts
VA	Volt-Ampère
W	Watt
Ω	Ohm
Ωm	Ohm-metro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 22
1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO 23
1.2 OBJETIVO GERAL 24
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 24
1.4 LIMITAÇÕES DO TRABALHO 25
1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO 25

2 REFERENCIAL TEÓRICO 26
2.1 PROJETOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS 27
2.1.1 **Simbologia** 28
2.2 PREVISÃO DE CARGA 28
2.3 PREVISÃO DE DEMANDA 29
2.4 LINHAS ELÉTRICAS 30
2.5 CIRCUITOS 31
2.5.1 **Divisão das instalações** 31
2.5.2 **Tipos de instalações** 31
2.6 CONDUTORES 32
2.6.1 **Dimensionamento dos condutores** 33
2.6.1.1 **Capacidade de condução de corrente** 34
2.6.1.2 **Limite de queda de tensão** 37
2.7 CONDUTOS 38
2.8 TOMADAS 39
2.9 ILUMINAÇÃO 40
2.10 RISCOS ELÉTRICOS 43
2.11 PROTEÇÃO 45
2.11.1 **Dispositivo Diferencial-Residual** 46
2.11.2 **Dispositivo de Proteção contra Surtos** 47
2.11.3 **Aterramento** 47
2.11.4 **O Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas e o Para-Raios** 53
2.11.4.1 **Gerenciamento de riscos** 54

2.12 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 61
2.12.1 **Procel EPP** 62
2.12.2 **Procel EDIFICA** 62
2.12.3 **ANEEL PROPEE** 62
2.13 ESTADO DA ARTE 64

3 METODOLOGIA 68
3. 1 CÁLCULO DO GERENCIAMENTO DE RISCOS 68
3. 2 PROJETO DE ATERRAMENTO 72
3. 3 ILUMINAÇÃO 76
3. 4 PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA 85
3.4.1 **Simbologia** 86
3.4.2 **Previsão de carga do projeto** 87
3.4.3 **Previsão de demanda do projeto** 88
3.4.4 **Circuitos e Divisão da instalação** 88
3.4.5 **Tipos de instalação e Condutos** 89
3.4.6 **Condutores** 89
3.4.6.1 **Dimensionamento dos Condutores** 90
3.4.7 **Proteção** 91
3. 5 CUSTOS 93
3. 6 PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA 93

4 RESULTADOS 98

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS 103

REFERÊNCIAS 105

APÊNDICE A – Layout do sistema de iluminação atual 110
APÊNDICE B – Algoritmo para cálculo luminotécnico 111
APÊNDICE C – Quadros de cargas 112
APÊNDICE D – Lista de materiais 115

APÊNDICE E – Projeto Elétrico 117

ANEXO A – Tipos de linhas elétricas 119

ANEXO B – Queda de tensão em V/A.km, cabos Sintenax, Sintenax Flex e Voltalene. 125

ANEXO C – Cabos Isolados com PVC 70ºC 126

ANEXO D – Fator de localização da estrutura C_D 127

ANEXO E – Valores e probabilidade P_{TA} de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque e de passo perigosas . 128

ANEXO F – Valores de probabilidade P_B dependendo das medidas de proteção para reduzir danos físicos 129

ANEXO G – Fator de redução r_t em função do tipo da superfície do solo ou piso 130

ANEXO H – Tipo de perda L1: valores médios típicos de L_T, L_F E L_O. 131

ANEXO I – Fator de redução r_P em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio. 132

ANEXO J – Fator de redução r_t em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura 133

ANEXO K – Fator h_Z aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial 134

ANEXO L – Fator de instalação da linha C_I 135

ANEXO M – Fator ambiental da linha C_E 136

ANEXO N – Fator tipo de linha C_T 137

ANEXO O – Valores da probabilidade P_{TU} de uma descarga atmosférica em uma linha que adentre a estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque perigosas. 138

ANEXO P – Valor da probabilidade P_{EB} em função do NP para o qual os DPS foram projetados 139

ANEXO Q – Valores da probabilidade P_{LD} dependendo da resistência R_S da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_W do equipamento 140

ANEXO R – Valores dos fatores C_{LD} e C_{LI} dependendo das condições de blindagem aterramento e isolamento 141

ANEXO S – Tabela de Hastes Paralelas, Alinhadas E Igualmente Espaçadas 143

ANEXO T – Orçamento Picktron Soluções 144

ANEXO U – Orçamento Recilux Reciclagem de Lâmpadas 145

ANEXO V – Orçamento Delbra Representações LTDA 146

ANEXO W – Orçamento Trento Comercial Elétrica e Hidráulica 147

ANEXO X – Orçamento Oliboni Escavações 150

ANEXO Y – Orçamento Picktron Soluções **151**
ANEXO Z – Orçamento INSTALWATT **152**

1 INTRODUÇÃO

Flores da Cunha é um município do Nordeste do estado do Rio Grande do Sul, com uma área territorial de aproximadamente 272,605 km² e uma população estimada de 30.430 habitantes (IBGE, 2018). O município conta, atualmente, com 10 escolas municipais distribuídas na área urbana e rural do seu território.

A maioria das edificações que abrigam as escolas possuem mais de 25 anos de construção. Sabe-se que toda edificação, com o tempo, pode sofrer deteriorações, e que muitas vezes não são visíveis, como na parte elétrica, por exemplo. Ainda nesse contexto, "a falta de manutenção nas instalações elétricas mais antigas ocasiona sobrecargas, curtos-circuitos e até perda do patrimônio" (ROCHA, 2008, p. 72). No Brasil, em 2018, houve 536 casos de incêndios causados por curto-circuito, acarretando em 62 mortes, apresentando um crescimento de 20% comparado ao ano anterior (INSTALAÇÕES ..., 2019).

A necessidade de uma readequação na parte elétrica das escolas vem sendo abordada desde o início do ano de 2018 no estado do Rio Grande do Sul. Neste ano, o governo do estado assinou um termo de cooperação em companhia de instituições de ensino superior para a elaboração de novos projetos e de qualificação da rede elétrica de quase 90% da rede de ensino estadual (ESTADO-RS, 2018).

Com o desenvolvimento de um novo projeto de infraestrutura elétrica para uma escola municipal, abrem-se novas oportunidades para que o município invista em projetos de eficiência energética para os prédios públicos. Desta maneira, ao implantar políticas de eficiência energética, adequar as instalações antigas e fazer as reformas e revisões necessárias, o poder público pode contribuir na economia de gastos, uma vez que os municípios não possuem tantos recursos disponíveis.

Esse tipo de abordagem já trouxe benefícios para muitas pessoas, como no início dos anos 2000, com o projeto Escola + Clara, que favoreceu mais de cem mil alunos de escolas da rede pública estadual de Santa Catarina. O mesmo trouxe benefícios para as 129 escolas participantes do estudo no nível de iluminamento médio, sendo que também foi possível observar redução da demanda, além de conscientizar os usuários pelo uso racional de energia elétrica e aumentar a segurança nas escolas (NASPOLINI et. al., 2007).

1.1 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

O ensino avançou muito nos últimos anos em parceria com o avanço tecnológico que o mundo vem sofrendo desde o início do século. A aula propriamente dita deixou de ser simplesmente a palavra do professor, o giz e o quadro-negro. Nos dias atuais, não é difícil encontrar uma sala de aula que contemple uma caixa de som, um projetor de vídeo, um computador, um aparelho de ar-condicionado, entre outros equipamentos que consomem energia elétrica.

Apesar da realidade citada acima, ficam os questionamentos: será que toda sala de aula está preparada para receber esses equipamentos? Existem tomadas em número e capacidade suficientes para isso? Em algumas instituições de ensino estas situações não são realidade, tendo que adaptar algo que pode se tornar um risco aos usuários.

O patrimônio público do município de Flores da Cunha conta com as edificações das escolas municipais, que atendem crianças, jovens e adultos no decorrer dos dias letivos. A maioria dessas edificações foram construídas há mais de 25 anos, possuindo uma infraestrutura elétrica defasada, que atualmente recebe somente reparos.

Uma instalação elétrica antiga pode ter sido modificada e/ou ampliada, visando atender novas necessidades que não foram previamente pensadas na concepção de seu projeto. Entretanto, a mesma pode não ser capaz de suportar uma carga maior, assim, existe a possibilidade de ocorrer curto-circuito e possíveis incêndios. De acordo com pesquisas, afirma-se que, mais de 90% dos incêndios registrados no estado do Rio de Janeiro, foram provocados por problemas nas instalações elétricas (INSTALAÇÕES ..., 2019). Além disso, a deterioração de uma instalação elétrica pela própria ação do tempo, ou pelo manuseio incorreto do usuário, pode fazer com que ocorram rompimentos em pontos da instalação, surgindo, assim, fios desencapados, que podem causar acidentes.

> "Este cenário é tão grave que muitos especialistas da área elétrica alertam que, se nada for feito, corremos o risco de ter no país novas tragédias de grandes proporções, como a que ocorreu recentemente no incêndio da boate Kiss, na cidade de Santa Maria (RS). No caso da boate, o incêndio não teve início em função de problemas na parte elétrica. No entanto, em vários edifícios residenciais e comerciais as instalações em não conformidade poderão ser as responsáveis pelo fogo." (PROCOBRE, 2014, p. 25).

Em função do cenário citado, este trabalho busca desenvolver um novo projeto elétrico para atender as necessidades não só de professores e alunos no ambiente de sala de aula, mas também de toda a instituição da Escola Municipal de Ensino Fundamental 1º de Maio. Além

disso, realizar um projeto e diagnóstico de eficiência energética do sistema de iluminação da instituição, uma vez que, segundo a PROCELINFO (2019a), “cerca de 70% do consumo de energia elétrica nos prédios públicos se deve ao uso de sistema de iluminação e climatização dessas edificações”.

A EMEF 1º de Maio, possui uma edificação que foi construída há mais de 34 anos, e a escolha do desenvolvimento deste trabalho, para essa escola, justifica-se pelo fato de apresentar o maior número de alunos, além de uma instalação elétrica defasada que, atualmente, recebe reparos somente quando apresenta problemas. Também é de conhecimento que a escola pretende em um futuro próximo aumentar a carga instalada através de equipamentos de ar-condicionado nas salas de aula.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é desenvolver um projeto de uma nova infraestrutura elétrica para atender as necessidades atuais e futuras da Escola Municipal de Ensino Fundamental 1º de Maio, perante as regulamentações vigentes. Além de elaborar análise e projeto de eficiência energética através da substituição de lâmpadas, visando a redução do consumo de energia elétrica.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

A seguir são descritos os objetivos específicos definidos a serem abordados para contemplar este trabalho:

- Revisar a bibliografia da área, com o foco em: instalações elétricas, luminotécnica, proteção e eficiência energética.
- Elaborar uma revisão do estado da arte dos trabalhos já desenvolvidos nestas áreas;
- Verificar a necessidade de elaboração de projeto de Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas, por meio do cálculo do gerenciamento de riscos;
- Verificar os índices de iluminância, com base na ABNT NBR 8595-1;
- Elaboração do projeto de instalação elétrica da edificação contemplando:
    - Levantamento de quadro de carga;
    - Dimensionamento de condutores e circuitos;

    - Levantamento de lâmpadas;
    - Projeto de aterramento;
    - Memorial Descritivo.
- Verificação de custos de implementação;
- Elaborar o projeto de eficiência energética.

1.4 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Este trabalho será desenvolvido com caráter de estudo de caso, que se limitará até o desenvolvimento do projeto da nova infraestrutura elétrica da edificação. O mesmo, futuramente, será apresentado para a prefeitura municipal de Flores da Cunha, em que a mesma poderá ou não dar seguimento à execução do projeto.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado em cinco capítulos, sendo que o primeiro contém a introdução, justificativa, objetivos gerais e específicos e as limitações do trabalho. O segundo capítulo é composto pelo referencial teórico do estudo, fazendo parte dele os seguintes itens: projetos de instalações elétricas, previsões de carga e demanda, linhas elétricas, circuitos, condutores, condutos, tomadas, iluminação, riscos elétricos, proteção, eficiência energética e uma revisão do estado da arte de trabalhos realizados na área. O terceiro capítulo contém a metodologia desta produção, com a descrição das etapas percorridas e também as especificações das abordagens utilizadas para os projetos luminotécnico e de aterramento, bem como, a análise qualitativa e quantitativa do gerenciamento de riscos. O quarto capítulo compreende os resultados alcançados pela produção. O quinto, as considerações finais e os trabalhos futuros que podem ser explorados por este trabalho. Já a última etapa compreende as referências, os apêndices e anexos, utilizados no decorrer deste trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Uma instalação elétrica pode ser descrita como o meio de ligação entre os equipamentos elétricos de uma unidade consumidora[1] e as concessionárias fornecedoras de energia elétrica. Dentro dos diversos parâmetros que contemplam uma instalação elétrica, deve-se elencar como principais: o nível de tensão ao qual será inserida a unidade consumidora e a potência instalada para esta edificação.

Os projetos de instalações elétricas de baixa tensão para finalidades residenciais, comerciais ou prediais, necessitam atender as condições necessárias estabelecidas pela ABNT NBR 5410 (Norma Brasileira – Instalações elétricas de baixa tensão), bem como as diretrizes estabelecidas pela concessionária local responsável pelo fornecimento de energia elétrica até o ramal de entrada da unidade consumidora, neste caso, a RGE Sul, pertencente ao grupo CPFL Energia. De acordo com a NBR 5410 (2008), as instalações elétricas são classificadas conforme o seu nível de tensão, designando como baixa tensão[2] (BT) aquelas que possuem circuitos elétricos alimentados por tensão nominal igual ou inferior a 1 kV em corrente alternada (CA) para frequências até 400 Hz, ou 1,5 kV em corrente contínua (CC). Por sua vez, a norma Fornecimento em Tensão Secundária de Distribuição (GED 13), disponibilizada pela concessionária responsável pelo fornecimento de energia elétrica na região, possui seu campo de aplicação destinado os consumidores atendidos por baixa tensão ou tensão secundária[3] que possuem características usuais com carga instalada de até 75 kW (CPFL, 2018).

Tanto para a elaboração de um projeto, quanto para a execução do mesmo, o responsável técnico pela obra necessita conhecer a finalidade da instalação e seus recursos disponíveis. Lima Filho (2011, p. 22) define o objetivo de um projeto de instalações elétricas como

> [...] a transferência de energia desde uma fonte, em geral a rede de distribuição da concessionária ou geradores particulares, até os pontos de utilização (pontos de luz, tomadas, motores etc.). Para que isso se faça de maneira segura e eficaz é necessário que o projeto seja elaborado, observando as prescrições das diversas normas técnicas aplicáveis.

---

[1] "Chama-se *unidade consumidora* a instalação elétrica pertencente a um único consumidor, e que recebe energia em um só ponto, com sua respectiva medição". (COTRIM; MORENO; GRIMONI, 2009, p. 9)

[2] A norma NR 10, classifica como baixa tensão o intervalo de 50 volts em corrente alternada ou 120 volts em corrente contínua a tensão igual ou inferior de 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, sendo essa ligação feita entre fases ou entre fase e terra (MTE, 2016).

[3] Apesar de revogada, a norma ANEEL 414:2010, classifica como Grupo B, unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, subdivididos nos subgrupos: a) subgrupo B1 – residencial; b) subgrupo B2 – rural; c) subgrupo B3 – demais classes; e d) subgrupo B4 – Iluminação pública (2010).

Segundo Creder (2007) o projeto de uma instalação elétrica é a previsão escrita da instalação, contendo a localização dos pontos de utilização da energia elétrica, trajeto e seção dos condutores, divisão dos circuitos, dispositivos de proteção e carga.

A atual situação das instalações elétricas no território brasileiro é crítica, segundo o PROCOBRE – Panorama das Instalações Prediais de Baixa Tensão no Brasil (2014), devido à falta de participação de engenheiros eletricistas e de projetos elétricos na construção, são fatores que agravam essa situação. Ainda se salienta que, "[...] sem dúvida, os maiores problemas encontram-se nos imóveis mais antigos, principalmente com mais de 20 anos, e na autoconstrução, sendo que, geralmente, as obras são executadas sem a devida supervisão de um profissional habilitado [...]" (PROCOBRE, 2014, p. 20). Uma vez que esse acompanhamento não seja realizado, pode ocorrer divisão inadequada dos circuitos, dimensionamento equivocado de condutores elétricos e a falta de dispositivos de proteção.

Ainda segundo o Procobre (2014, p. 22) é importante ressaltar que,

> No caso das construções efetuadas há mais de 20 anos, também há uma tendência natural de inadequação em relação ao uso, pois as residências e escritórios de hoje reúnem uma quantidade maior de dispositivos elétricos, como computadores, eletrodomésticos, equipamentos de aquecimento e refrigeração.
> Ou seja, estes locais demandam mais carga elétrica do que há duas décadas. Por isso, mesmo que as instalações tenham sido projetadas e executadas em conformidade com as normas técnicas válidas na época da construção, elas não previam o atual nível de potências necessárias.
> Sem contar que com o passar do tempo a instalação elétrica tem um envelhecimento natural e seus vários dispositivos podem se deteriorar ou perder rendimento.

2.1 PROJETOS DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Para a elaboração de um projeto de instalação elétrica é necessário o projeto arquitetônico contendo plantas baixas, cortes e fachadas, bem como as alturas de pé direito dos ambientes para que seja possível extrair as dimensões para a correta distribuição dos pontos de iluminação e das tomadas. Também se faz necessária a planta de localização, para que seja possível visualizar os acessos da edificação, tal como a rede de energia elétrica da concessionária local, a fim de verificar o tipo de fornecimento e possíveis pontos de derivação para o atendimento. O projeto elétrico precisa atender os critérios de acessibilidade, uma vez que os pontos de utilização projetados e os dispositivos de proteção necessitam estar em locais de fácil acesso, para que seja possível efetuar eventuais manutenções do sistema elétrico (LIMA FILHO, 2011).

Um projeto de instalação elétrica pode ser considerado completo desde que o mesmo contenha: plantas, diagramas unifilares, detalhamento, especificações e memorial descritivo. O

projeto precisa ser eficiente e criativo, uma vez que o próprio pode sofrer alteração a qualquer momento, desde a sua idealização até a fase de execução. O ideal é que as alterações sejam previstas ainda na concepção do projeto, sendo necessária a interação de todos os profissionais e demais pessoas interessadas no assunto para que a execução seja efetuada de maneira mais fiel possível ao projeto. Entretanto, sempre que houver necessidade de alteração, ela deve ser analisada e aprovada pelo responsável técnico (LIMA FILHO, 2011).

2.1.1 **Simbologia**

Todo projeto de instalação elétrica necessita a utilização de uma simbologia para a representação dos diversos materiais elétricos adotados. Em um projeto elétrico deve-se adotar uma única simbologia, a fim de evitar interpretações equivocadas e também dúvidas no decorrer da execução (MAMEDE FILHO, 2010).

Até o ano de 2014, no Brasil, eram adotados os símbolos gráficos estabelecidos pela ABNT NBR 5444:1989, que tinha como objetivo estabelecer a simbologia referente às instalações elétricas prediais, no entanto, a mesma foi cancelada, uma vez que cada projetista estabelecia a sua própria legenda no projeto. Mesmo antes do cancelamento da NBR 5444, NERY (2014, p. 23) já se observava que,

> Infelizmente, em instalações elétricas não é utilizada, na prática, a norma oficial para os símbolos de representação de equipamentos em projetos. Livros, projetistas e instituições relacionados ao assunto empregam, em geral, seus símbolos particulares. Como cada projetista pode utilizar uma simbologia, é imprescindível em todo projeto a apresentação de uma legenda com a indicação dos símbolos utilizados.

2.2 PREVISÃO DE CARGA

A carga, em uma instalação elétrica, é considerada a partir da potência nominal dos equipamentos que nela serão conectados, podendo ser informados pelo fabricante do item ou calculada pelas grandezas de tensão e corrente nominal, além do fator de potência. Segundo a norma ANEEL 414 (2010, p. 2), a definição de carga instalada pode ser dada como a "soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW)". Sabe-se também que "[...] cada bloco de carga deve corresponder a um quadro de distribuição terminal com alimentação e proteção individualizadas." (MAMEDE FILHO, 2010, p. 2).

Com a extração dos dados fornecidos pelas plantas do projeto da edificação, ou pelo levantamento *in-loco*, a partir das normas técnicas é possível fazer uma previsão de carga para

a instalação, tanto da potência nominal dos aparelhos, quanto da quantidade de pontos[4] de utilização, assim, é possível fazer uma previsão de tomadas e iluminação, bem como a previsão de cargas especiais (elevadores, bombas, etc.), caso existam. Para o desenvolvimento de um projeto é elaborado um levantamento de potência e consumo dos aparelhos que farão parte da edificação, considerando todos os equipamentos que podem consumir energia elétrica. "Cada aparelho de utilização consome uma carga específica em watts ou VA que o projetista precisa conhecer." (CREDER, 2007, p. 58). Com essas informações em mãos o profissional pode verificar o melhor dimensionamento e divisão dos circuitos elétricos.

2.3 PREVISÃO DE DEMANDA

As concessionárias prestadoras de serviços de eletricidade estabelecem diferentes métodos e critérios para o cálculo da demanda do ramal de entrada com base na previsão de carga instalada para as edificações a serem atendidas. Desta maneira, a RGE Sul, concessionária fornecedora de energia local, determina, por meio da sua norma GED 13:2018, os critérios a serem adotados pelos clientes atendidos pelos seus serviços.

Assim, o cálculo do fator de demanda[5], expressado pela equação 1, pode ser aplicado para instalações elétricas elaboradas para clientes comerciais, hospitalares, escolares e residenciais. Esse cálculo leva em consideração as diferentes parcelas de cargas que podem conter em uma instalação devido ao valor da demanda variar durante o dia, pois a mesma depende das cargas estarem ou não em operação. Dessa maneira, a carga instalada nunca será o valor real de consumo de uma unidade consumidora.

$$D = a + b + c + d + e + f + g + h + i \; [kVA] \tag{1}$$

Onde:

a: Demanda referente a tomadas e iluminação;

b: Demanda referente a chuveiros, torneiras, aquecedores de água de passagem e ferros elétricos;

c: Demanda referente a aquecedores central ou de acumulação (Boiler);

d: Demanda de secadora de roupas, forno elétrico, máquina de lavar louça e forno micro-ondas;

---

[4] "[...] termo empregado para designar **aparelhos fixos** de consumo para luz, tomadas de corrente, arandelas, interruptores, botões de campainha [...]". (NISKIER, MACINTYRE, 2013, p. 56)

[5] Denomina-se demanda a potência que realmente é absorvida em um determinado instante por um aparelho ou por um sistema (LIMA FILHO, 2011).

e: Demanda referente a condicionadores de ar tipo janela;

g: Demanda referente a motores elétricos e de máquinas de solda a motor;

h: Demanda referente a equipamentos especiais;

i: Demanda referente à hidromassagem.

A partir do levantamento da previsão de carga e calculada a demanda, é definido se os clientes serão atendidos por tensão primária ou secundária, se serão atendidos de forma trifásica, bifásica ou monofásica e, consequentemente, o número de condutores que interligarão a unidade consumidora ao sistema de distribuição (LIMA FILHO, 2011). Diante disso, segundo Cruz e Aniceto (2012), o cálculo da demanda tem como objetivo estabelecer um valor de potência de alimentação mais real, menor do que a potência instalada, evitando o superdimensionamento do projeto. Todavia, deve-se também evitar o subdimensionamento, pois o mesmo pode comprometer a segurança de uma instalação.

2.4 LINHAS ELÉTRICAS

Uma linha elétrica pode ser definida pelo conjunto de um ou mais condutores, acompanhado de elementos de fixação ou suportes e proteção mecânica, destinados a transportar sinais e energia elétrica por uma instalação elétrica (COTRIM; MORENO; GRIMONI 2009). Dentro desse contexto, existem 5 principais tipos de linhas elétricas:

- Linha elétrica de sinal;
- Linha elétrica externa;
- Ponto de entrada;
- Ponto de entrega;
- Ponto de utilização.

É importante ressaltar que uma linha elétrica pode ser formada por condutores em condutos, e ainda possuir um ou mais pontos de utilização, podendo também alimentar mais um equipamento elétrico. Desta maneira “[...] as linhas elétricas devem ser dispostas ou marcadas de modo a permitir sua identificação quando da realização de verificações, ensaios, reparos ou modificações na instalação.” (ABNT NBR 5410, 2008, p. 86).

2.5 CIRCUITOS

"Um *circuito de uma instalação elétrica* é o conjunto de componentes da instalação alimentados da mesma origem e protegidos pelo mesmo dispositivo de proteção." (COTRIM; MORENO; GRIMONI, 2009, p. 9). Uma instalação elétrica é composta de circuitos série e paralelo, entretanto, o circuito misto, é o mais comumente encontrado, pois, embora as cargas estejam ligadas em paralelo, como os fios possuem resistência ôhmica, esta precisa ser considerada na parte de cálculos (CREDER, 2007). Pode-se classificar ainda os circuitos de duas maneiras: os circuitos de distribuição, os quais alimentam um ou mais quadros de distribuição e os circuitos terminais, que estão ligados diretamente a equipamentos de utilização de energia elétrica (COTRIM; MORENO; GRIMONI, 2009).

2.5.1 **Divisão das instalações**

A NBR 5410 estabelece diretrizes para correta divisão das instalações, não limitando o número de circuitos a serem projetados, mas determina que sejam concebidos quantos forem necessários, desde que atendam os critérios de segurança, conservação de energia, funcionalidade e manutenção. Indica, também, que sejam previstos circuitos distintos para partes que necessitem controle específico, e que os mesmos sejam individualizados pela sua função, distinguindo os de tomada e os de iluminação. "[...] devem ser consideradas também as necessidades futuras. As ampliações previsíveis devem refletir não só na potência de alimentação [...], mas também na taxa de ocupação dos condutores e dos quadros de distribuição." (ABNT NBR 5410, 2008, p. 18).

2.5.2 **Tipos de instalações**

A maneira como os condutores são dispostos pela edificação, instalados nos diversos tipos de condutos, influencia diretamente na capacidade de troca térmica entre os condutores e o ambiente, impactando na capacidade de condução de corrente elétrica dos mesmos (LIMA FILHO, 2011). Com relação a esses tipos distintos de instalação, a norma estabelece os métodos de referência a serem utilizados na determinação da capacidade de condução de corrente dos condutores instalados em cada situação. Desta maneira, existem nove tipos de métodos tratados pela NBR 5410, sendo eles:

- 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.

Diante disso, cada método de referência influencia na capacidade de corrente que o condutor pode conduzir, pois fatores como temperatura, ventilação e umidade estão atrelados diretamente a cada escolha de aplicação. Assim, a NBR 5410 traz tabelas para a definição de cada método de referência conforme o tipo de linha elétrica, como pode ser observado no Anexo A.

2.6 CONDUTORES

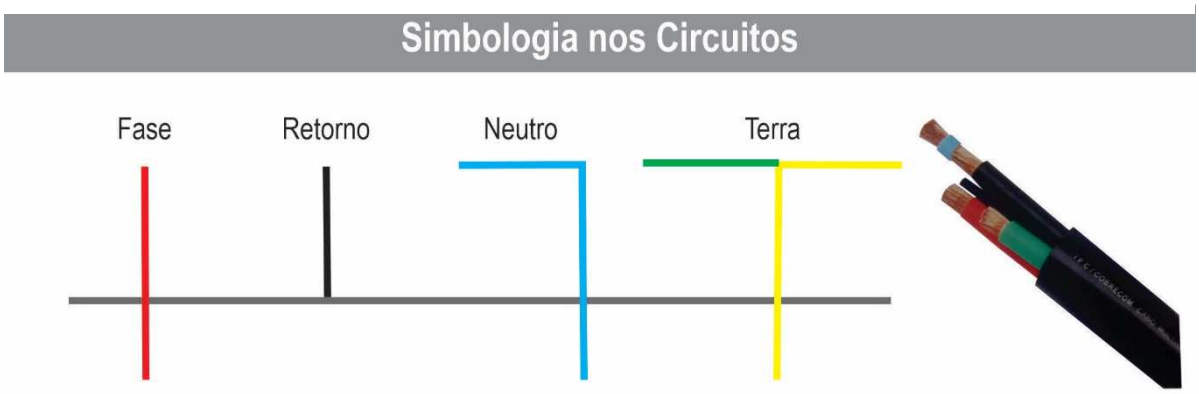
Os condutores elétricos são o meio de transporte de energia elétrica, do ponto de geração até o consumo, impactando diretamente no bom funcionamento e segurança das instalações elétricas. Dentro do aspecto construtivo "[...] o cobre e o alumínio são os dois metais mais utilizados na fabricação de condutores elétricos, tendo em vista suas propriedades elétricas e mecânicas, bem como o seu custo." (MORENO, 2014 p. 3). Ainda dentro desse contexto, a norma NBR 5410 estabelece que os condutores a serem utilizados nas instalações elétricas devem ser desses dois materiais, todavia, em locais que possuem afluência ao público, como no caso de escolas, supermercados, estádios, entre outros, a NBR 13570:1996, preconiza a utilização de condutores de cobre, determinando ainda que os condutos e condutores obrigatoriamente devem ser livres de halogênio e apresentarem baixa emissão de fumaça, gases tóxicos e corrosivos.

A NBR 5410 também determina que todos os condutores unipolares e multipolares devem apresentar no mínimo isolação, podendo ser constituída por materiais sólidos termoplásticos (cloreto de polivinila e polietileno) ou termofixos (borracha etileno-propileno e polietileno reticulado) (MORENO, 2014).

As cores dos revestimentos dos condutores, conforme Figura 1, são correspondentes com a função de que o mesmo desempenha dentro do circuito:

- Neutro[6]: azul-claro;
- Proteção: verde, verde/amarelo;
- Retorno: preto;
- PEN[7]: azul clara com anilhas verde-amarelas;
- Fase: qualquer cor, exceto as já mencionadas anteriormente.

Figura 1 - Condutores elétricos



Fonte: Adaptado de Moreno (2019).

2.6.1 **Dimensionamento dos condutores**

Para o correto dimensionamento dos condutores que irão compor uma instalação elétrica, é necessário conhecer as grandezas que os circuitos serão submetidos, pois cada carga desempenha um papel único dentro de uma instalação. Nesse contexto, o correto dimensionamento de um circuito passa pela definição da seção mínima dos condutores, desta forma, a NBR 5410, estipula critérios mínimos para as sessões dos cabos a serem utilizados, conforme Tabela 1. Ainda sendo necessário que os mesmos suportem as condições de limites de temperatura, determinados pela capacidade de corrente, bem como os limites de queda de tensão.

---

[6] "O condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito." (ABNT NBR 5410, 2008, p. 114)
[7] "[...] funções de neutro e de proteção combinadas em um único condutor [...]. " (ABNT NBR 5410, 2008, p. 14)

Tabela 1 - Seção mínima dos condutores

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al[8]
		Circuitos de força (tomadas de corrente)	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu
	Condutores nus	Circuitos de força (tomadas de corrente)	10 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu

Fonte - Adaptado de ABNT NBR 5410:2008 (2019).

2.6.1.1 **Capacidade de condução de corrente**

Esse tipo de abordagem leva em consideração os efeitos térmicos nos componentes pela passagem da corrente elétrica (efeito Joule), a fim de garantir que componentes, como condutores e isolações, ao serem submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela passagem de corrente, tenham uma vida útil satisfatória. Desta maneira, de acordo com a NBR 5410 (2008), ao submeter um condutor durante períodos prolongados de tempo, em funcionamento normal, a temperatura máxima para serviço contínuo não pode ultrapassar os valores da Tabela 2.

Tabela 2 - Temperaturas características dos condutores

(continua)

Tipo de isolação	Temp. máxima para serviço contínuo ºC	Temp. limite de sobrecarga ºC	Temp. limite de curto-circuito ºC
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm²	70	100	140

[8] O uso de condutores em alumínio só é admitido nas seguintes condições: - Indústria: seção nominal dos condutores seja igual ou superior a 16 mm²; instalação alimentada diretamente por subestação de transformação ou transformador; a instalação e a manutenção seja realizada por pessoas qualificadas; - Estabelecimentos comerciais: seção dos condutores seja igual ou superior a 50 mm²; os locais não devem apresentar nenhuma limitação quanto a fuga de pessoas em situações de emergência; a instalação e a manutenção seja realizada por pessoas qualificadas; - Locais de afluência ao público: não é permitido, em nenhuma circunstância, o emprego de condutores de alumínio (ABNT NBR 5410:2008).

(conclusão)

Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte - Adaptado de ABNT NBR 5410:2008 (2019).

Conforme Lima Filho (2011), para a determinação das seções dos condutores, é necessário calcular as correntes do projeto; para isso, leva-se em consideração as características nominais do tipo de utilização. A corrente pode variar caso o circuito seja monofásico (fase e neutro), bifásico (2F), trifásico (3F e N) ou trifásico equilibrado (3F). Essa variação é apresentada pelas equações 2, 3, 4 e 5, respectivamente:

Monofásico $$I_{p1\emptyset} = \frac{P_n}{v \times Cos\emptyset \times n} \quad (2)$$

Bifásico $$I_{p2\emptyset} = \frac{P_n}{V \times Cos\emptyset \times n} \quad (3)$$

Trifásico $$I_{p3\emptyset} = \frac{P_n}{3 \times v \times Cos\emptyset \times n} \quad (4)$$

Trifásico equilibrado $$I_{p3\emptyset} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \times V \times Cos\emptyset \times n} \quad (5)$$

Onde:

I_p: Corrente de projeto do circuito [A];

P_n: Potência nominal do circuito [W];

v: Tensão entre fase e neutro [V];

V: Tensão entre fases [V];

$Cos\emptyset$: Fator de potência;

n: Rendimento.

Ainda dentro desse contexto, existe a corrente corrigida, que deve ser considerada quando as condições da instalação forem diferentes daquelas especificadas na norma. Essa corrente, por sua vez, leva em consideração, além das grandezas submetidas aos circuitos, correções baseadas em fatores que podem influenciar e acarretar em aumento do seu valor, como temperatura, agrupamento e resistividade. O correto dimensionamento dos condutores é obtido através do valor da corrente corrigida, uma vez que a mesma é determinada pela situação mais crítica ao qual os condutores dos circuitos são submetidos, visto que o fator de agrupamento e a corrente de projeto podem variar a cada fração do circuito. Diante disso, a corrente corrigida pode ser expressada pela equação 6.

$$I_p' = \frac{I_p}{FCT \times FCA \times FCR} \quad (6)$$

Onde:

I_p': Corrente de projeto corrigida [A];

I_p: Corrente de projeto do circuito [A];

FCT: Fator de correção de temperatura, determinado pela NBR 5410;

FCA: Fator de correção de agrupamento, determinado pela NBR 5410;

FCR: Fator de correção de resistividade, determinado pela NBR 5410;

Como visto na seção 2.5.2, existem diferentes métodos de referência e cada método a ser utilizado impacta diretamente na capacidade de condução de corrente dos condutores. Desta maneira, a Tabela 3 determina a seção nominal do condutor para o número de condutores carregados, conforme o método de referência utilizado.

Tabela 3 - Capacidade de condução de corrente, em ampères, para condutores de Cu e Al, com isolação em PVC, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Seções nominais mm²	Método de referência indicado na seção 2.5.2											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados[9]											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	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	88	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
Alumínio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94

Fonte - Adaptado de ABNT NBR 5410:2008 (2019).

[9] "Considera-se **condutor carregado** aquele que efetivamente é percorrido pela corrente elétrica no funcionamento normal do circuito." (LIMA FILHO, 2011, p. 129). A NBR 5410 (2008), determina o número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito: a) Monofásico a dois condutores: 2; – b) Monofásico a três condutores: 2; - c) Duas fases sem neutro: 2; - d) Duas fases com neutro: 3; - e) Trifásico sem neutro: 3; - f) Trifásico com neutro: 3 ou 4.

A norma também aborda os demais métodos de referência, E, F e G, bem como os demais tipos de isolação que os condutores podem ser encontrados (EPR e XLPE).

2.6.1.2 **Limite de queda de tensão**

A queda de tensão oriunda da passagem de corrente elétrica através dos condutores deve permanecer dentro dos limites estabelecidos pela concessionária local. Esse tipo de queda pode vir a reduzir a vida útil dos equipamentos e também pode comprometer o desempenho dos mesmos, uma vez que os aparelhos podem estar recebendo uma tensão inferior ao valor nominal para o qual foram projetados (CRUZ; ANICETO, 2012).

De acordo com a NBR 5410 (2008), em qualquer segmento de uma instalação elétrica, a queda de tensão não pode ser superior a 4% e nem superior aos seguintes valores, com base no valor de tensão nominal da instalação:

- "7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) 'consumidoras(s);" (ABNT NBR 5410, 2008, p. 115).
- "7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformado MT/BT da empresa de distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for localizado;" (ABNT NBR 5410, 2008, p. 115).
- "5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;" (ABNT NBR 5410, 2008, p. 115).
- "7% calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo de gerador próprio." (ABNT NBR 5410, 2008, p. 115).

Através da equação 7 é possível calcular a queda de tensão parcial do circuito. Este processo é utilizado para circuitos de distribuição e também para circuitos terminais.

$$\Delta V = \frac{k \times \rho \times l \times I_p}{s \times V} \tag{7}$$

Onde:

ΔV: Queda de tensão parcial [%];

k: Constante em função do esquema do circuito;

ρ: Constante do material aplicado;

l: Comprimento do circuito [m];

s: Seção inicial do condutor no trecho analisado [mm²];

Em seguida, com os valores calculados, pode-se verificar, conforme o método de instalação dos condutores, se o valor da queda de tensão é igual ou inferior ao calculado, obtendo, desta forma, a seção do condutor, conforme tabelas fornecidas pelos fabricantes, que podem ser observados nos Anexos B e C, para os condutores fornecidos pelas marcas Prysmian e Nexans, respectivamente.

> Determinadas as seções dos condutores pelos critérios da **Capacidade de Corrente** e do **Limite de Queda de Tensão**, adota-se como resultado a maior seção, e escolhe-se o condutor padronizado comercialmente, cuja seção nominal seja igual ou superior à seção calculada. (LIMA FILHO, 2011, p. 121)

2.7 CONDUTOS

Os condutos são componentes[10] de instalações elétricas que envolvem os condutores elétricos da edificação. Existem diversos tipos e modelos de condutos. Destacam-se os eletrodutos, as calhas e as eletrocalhas[11], por possuírem maior aplicação em instalações elétricas. Ainda pode-se dividir os condutos em:

- Dutos;
- Eletrodutos;
- Calhas e canaletas (condutos fechados ou abertos);
- Bandejas ou leito de cabos (condutos abertos);
- Molduras, rodapés e alizares.

"O eletroduto é um elemento de linha elétrica fechada, de seção circular ou não, destinado a conter os condutores elétricos" (NISKIER; MACINTYRE, 2013, p. 119). Os mesmos podem ser fabricados e comercializados de materiais como PVC, plástico com fibra de vidro, polipropileno, polietileno de alta densidade, além de metais (magnéticos ou não magnéticos), que podem ser classificados como rígidos ou flexíveis. Esse tipo de componente tem como função a proteção dos condutores contra ações mecânicas, corrosão, umidade e combate a incêndios (NISKIER; MACINTYRE, 2013). Quanto à utilização de eletrodutos, só

---

[10] "Termo empregado para designar itens da instalação que, […] podem ser materiais, acessórios, dispositivos, instrumentos, equipamentos [...], máquinas, conjuntos ou mesmo segmentos ou partes da instalação […]." (ABNT NBR 5410, 2008, p. 7).

[11] ""Eletrocalha" é usualmente empregado para designar a "bandeja" (que seria, então, uma "eletrocalha sem tampa")" (NISKIER; MACINTYRE, 2013, p. 374).

são admitidos aqueles que não propagam chama, sendo somente permitida a instalação de condutores isolados, assim como cabos unipolares e multipolares (ABNT NBR 5410, 2008).

Ainda segundo a mesma norma, no que diz respeito às dimensões internas dos eletrodutos, deve-se garantir que, após a montagem dos mesmos e suas conexões, seja possível que os condutores sejam instalados e retirados com facilidade. Em razão disso, a taxa de ocupação dos eletrodutos pode ser expressada pelo quociente entre a soma das áreas das seções transversais dos condutores, e a área útil da seção transversal do eletroduto, assim, não podendo ser superior a 53% no caso de um único condutor, 31% no caso de dois condutores e 40% no caso de três condutores ou mais (ABNT NBR 5410, 2008).

As calhas e eletrocalhas, por sua vez, são bastante utilizadas em ambientes não residenciais. Esse tipo de conduto é utilizado para fazer a distribuição de qualquer tipo de cabo (eletricidade, comunicação, dados, imagem e voz). Suas principais funções são: a organização, sustentação e encaminhamento dos condutores. Facilitando a manutenção, reparos e inspeção dos circuitos, os mesmos ficam organizados de forma linear.

Para a escolha de uma eletrocalha, lisa, aramada, perfurada, com ou sem tampa, deve-se levar em consideração fatores de segurança durante a operação, além de índices como montagem e desmontagem, valores de aquisição, necessidade de ventilação, acúmulo de partículas e água, presença de animais e vegetação e exposição à umidade.

No entanto, diferentemente dos eletrodutos, a NBR 5410 não estabelece limite quanto à taxa de ocupação dos condutores utilizados em uma eletrocalha. Recomenda-se somente que os cabos sejam dispostos em uma única camada, em caso contrário, o volume de material combustível não deverá ultrapassar as medidas referenciadas na ABNT NBR 60332-3-25:2005.

2.8 TOMADAS

O meio de conexão entre os aparelhos e os circuitos de uma instalação elétrica se dá através das tomadas. As tomadas de uso geral (TUGs) são utilizadas para atender os mais diversos equipamentos que consomem energia elétrica dentro uma unidade consumidora, não sendo especificadas para atender um único equipamento. Já as tomadas de uso específico (TUEs) são aquelas destinadas a atender equipamentos com maior valor de potência. Esse tipo de tomada é prevista na concepção do projeto para atender as necessidades do consumidor, sendo normalmente projetado um circuito único e específico para satisfazer este tipo de consumo (CRUZ; ANICETO, 2012).

Um ponto de tomada pode e deve ser classificado de acordo com o circuito que o alimenta, levando em consideração o tipo do equipamento e a corrente nominal do mesmo. As tomadas de uso geral devem ser destinadas à ligação de aparelhos portáteis; já as específicas, devem ser alocadas para aparelhos fixos ou estacionários, aparelhos esses que trabalham sempre em um mesmo local, como é o caso do ar-condicionado (NISKIER; MACINTYRE, 2013). A quantidade de pontos de tomadas para cada ambiente deve obedecer às regulamentações expressas pela NBR 5410, em que deve-se considerar os critérios mínimos que a norma aborda na seção 9.5.2.2.

A norma também aborda os parâmetros referentes à potência desses pontos, estabelecendo para ambientes como: banheiros, cozinhas, quartos, salas e demais ambientes de habitação, no mínimo 600 VA por ponto de tomada até três pontos, e, 100 VA por ponto para os excedentes. Considerando cada um desses ambientes separadamente, nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada (ABNT NBR 5410, 2008).

Creder (2016, p. 90), observa que existe a "[...] *possibilidade de que um ponto de tomada venha a ser usado para alimentação de mais de um equipamento, sendo recomendável, portanto, a instalação da quantidade de tomadas julgada adequada* [...]" , pois muitas vezes o usuário acaba utilizando dispositivos como "T" ou "Benjamin", como também é conhecido, além de extensões, para fornecer energia para mais de um equipamento através de um único ponto.

2.9 ILUMINAÇÃO

A NBR 5410 estabelece que em cada cômodo ou dependência, deve ser previsto, pelo menos, um ponto de luz fixo no teto. Sabe-se que os critérios adotados pela norma estabelecem as condições mínimas de uso, e, de acordo com Cruz e Aniceto (2012, p. 265), "a determinação da quantidade e localização dos pontos de luz, bem como da potência prevista para a iluminação dos diversos ambientes de uma residência ou outros tipos de habitação, depende tanto da quantidade da iluminação desejada quanto da utilidade do ambiente".

Com relação à potência do ponto de iluminação, a norma estabelece o dimensionamento do mesmo em 100 VA para cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², e para áreas superiores deve ser previsto um acréscimo de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros (ABNT NBR 5410, 2008).

Entretanto, ao abordar o quesito iluminação, é comum para projetos não residenciais a elaboração de um projeto específico, o luminotécnico, uma vez que existem ambientes que

necessitam uma iluminação compatível com o seu tipo de serviço e utilização. Ainda esse tipo de abordagem pode trazer vários benefícios aos usuários como "[...] **proteção à vista**, **influências benéficas sobre o sistema nervoso vegetativo** [...], fazendo com que haja uma elevação do rendimento no trabalho, diminuição de erros e acidentes, contribuindo assim para maior conforto, bem-estar e segurança" (CAVALIN; CERVELIN, 2014, p. 69).

Os parâmetros referentes a esse tipo de projeto são abordados através da NBR 8995:2013, que leva em consideração conceitos e grandezas fundamentais, como o fluxo luminoso, o qual representa uma potência emitida por uma determinada fonte luminosa em todas as direções, medido em lúmens (lm) (RODRIGUES, 2002), iluminância/iluminamento, que representa a relação entre o fluxo luminoso incidente por unidade de área iluminada, expresso em Lux (ZACCHI et.al, 2016). Para as mais diversas áreas de trabalho, os valores mínimos de lux a serem adotados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 - Planejamento dos ambientes, tarefas e atividades com relação ao iluminamento necessário

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	Lux
Áreas gerais da edificação	
Hall de entrada, corredores e circulação	100
Refeitórios/Cantinas	200
Vestiários, banheiros, toaletes	200
Construções educacionais	
Salas de aula, salas de aulas particulares	300
Salas de aula noturnas, classes e educação	500
Sala de leitura	500
Quadro negro	500
Oficina de ensino	500
Salas de ensino de computador	500
Salas dos professores	300
Salas de esportes, ginásios e piscinas	300

Fonte - Adaptado de ABNT NBR 8995-1:2013 (2019).

Ainda dentro desse contexto existem as grandezas, tais como: eficiência luminosa, definida pelo quociente entre o fluxo luminoso e a potência consumida (RODRIGUES, 2002); intensidade luminosa, dada pela potência de radiação visível emitida por uma determinada fonte de luz em uma direção específica, medida em candela (cd) (MAMEDE FILHO, 2010); refletância, relação entre o fluxo luminoso refletido por uma superfície e o fluxo luminoso incidente sobre a mesma. Ao ser iluminada uma superfície, parte do fluxo luminoso incidente é refletido, dessa maneira, quanto maior a refletância, maior a quantidade de luz existente, melhorando a iluminação do ambiente (RODRIGUES, 2002).

Diante disso, o projeto de iluminação para ambientes não residenciais, pode ser feito através do dimensionamento pela carga mínima exigida pela norma, ou por meio dos métodos conhecidos como o Método dos lumens, dado pela equação 8.

$$\emptyset = \frac{S_r \times E_m}{u \times d} \tag{8}$$

Onde:

Ø: Fluxo total [lumens];

S_r: Área do Recinto [m²];

E_m: Iluminância média [lux];

u: Fator de utilização;

d: Fator de depreciação.

Para o correto dimensionamento luminotécnico por esse método, faz-se necessário o conhecimento das características da instalação como, dimensão e classificação do ambiente, conforme equação 9, fator de utilização, levando em consideração as refletâncias das superfícies (teto, parede e piso), e o fator de depreciação, considerado a partir da frequência de manutenção e condição de limpeza do ambiente, expressados pela Tabela 5.

$$K = \frac{C \times L_a}{H \times (C + L_a)} \tag{9}$$

Onde:

K: Índice do recinto;

C: Comprimento do ambiente [m];

L_a: Largura do ambiente [m];

H: Altura da fonte luminosa sobre o plano de trabalho [m].

Tabela 5 - Fatores de utilização e depreciação das luminárias

Fator de utilização			Fator de Depreciação			
Índice	Reflexão	Significado	Tipo de ambiente	Período de Manutenção [h]		
2	20%	Superfície escura		2500	5000	7500
3	30%	Superfície média	Limpo	0,95	0,91	0,88
5	50%	Superfície clara	Normal	0,91	0,85	0,80
8	80%	Superfície branca	Sujo	0,80	0,66	0,57

Fonte – Adaptado de Creder (2019).

Percorridas todas as etapas do projeto, é possível determinar a quantidade de luminárias necessárias para os ambientes, levando em consideração os parâmetros da luminária a ser escolhida, como pode ser observado na equação 10.

$$nl = \frac{\emptyset}{\varphi} \tag{10}$$

Onde:

nl: Número de luminárias;

φ: Fluxo por luminárias [lumens].

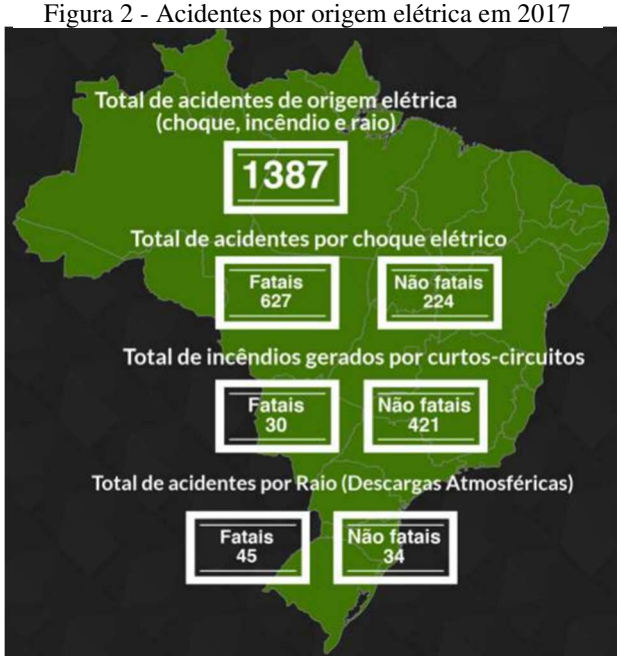
2.10 RISCOS ELÉTRICOS

A eletricidade requer que os usuários a manuseiem de forma cautelosa. Os riscos envolvendo a eletricidade muitas vezes passam despercebidos uma vez que, em alguns casos, somente com uma inspeção visual não se pode determinar os perigos presentes em uma instalação elétrica. Dentro deste contexto, o choque elétrico é o tipo de acidente que ocorre com maior frequência em residências, indústrias e comércios.

Cotrim, Moreno e Grimoni (2009) classificam o choque elétrico como uma perturbação que se manifesta em organismos vivos ao serem percorridos por uma corrente elétrica, provocando danos de acordo com a intensidade e o tempo de exposição. Essa perturbação pode ocorrer por contato direto (quando o indivíduo toca diretamente a parte viva de uma instalação) ou indireto (quando o contato é feito através de massas que ficam sob tensão devido a falhas no isolamento).

Dentro dos dois tipos de contato, o direto é o responsável pela maioria dos acidentes elétricos que ocorrem diariamente no mundo, muitas vezes sendo até fatais, uma vez que os mesmos são provocados normalmente por falhas no isolamento, rupturas e imprudências por parte dos usuários. Como pode ser observado na Figura 2, o número de acidentes envolvendo eletricidade superou a marca de mil e trezentas (1300) ocorrências no ano de 2017.

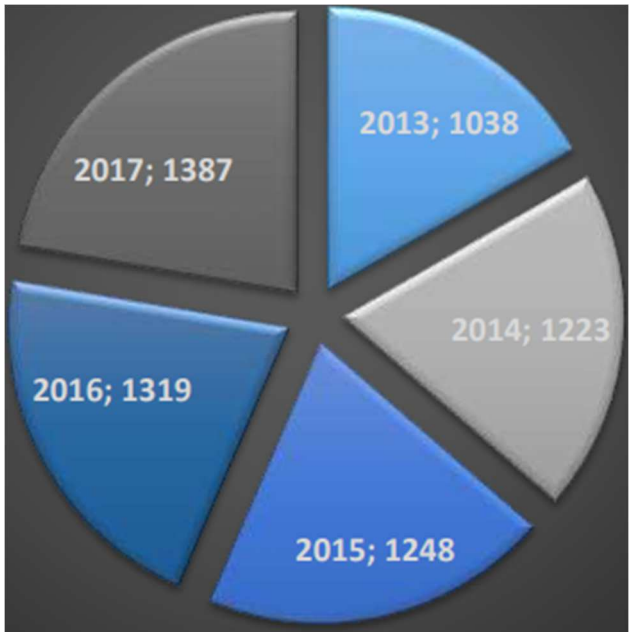
Figura 2 - Acidentes por origem elétrica em 2017



Fonte: Adaptado de ABRACOPEL (2019).

Segundo a ABRACOPEL (2018), ao considerar o crescimento dos incidentes fatais nos últimos anos, os números são ainda mais preocupantes, pois por mais que campanhas e programas de conscientização tenham sido feitos, o total de casos apresentam um aumento maior que 30% ao comparar os anos de 2013 e 2017, como pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 - Mortes por origem elétrica, no Brasil, de 2013 a 2017



Fonte: Adaptado de ABRACOPEL (2019).

No Brasil, inúmeros casos de incêndios já foram registrados por origem elétrica, como o do Edifício Joelma (São Paulo), na Cidade do Samba (Rio de Janeiro), no Mercado Público de Porto Alegre (Rio Grande do Sul) e, recentemente, no alojamento do Ninho do Urubu (Rio de Janeiro). A maioria dos incêndios relacionados a eletricidade são originados por sobreaquecimentos da fiação. Esse sobreaquecimento é proveniente de alguma irregularidade na instalação, como subdimensionamento (RANGEL JUNIOR, 2011). Diante disso, uma instalação elétrica precisa atender os critérios referentes ao dimensionamento dos condutores elétricos, assim como os tipos de materiais prescritos em norma, além de dispor de dispositivos de proteção para prevenir possíveis problemas.

> É necessário haver uma coordenação entre os diversos componentes de uma instalação. O tempo de atuação dos dispositivos de proteção para eventuais sobre-cargas e para os níveis presumidos de curto-circuito deve ser estabelecido de forma a garantir que as temperaturas admissíveis estabelecidas em norma para os condutores anteriormente dimensionados não sejam ultrapassadas (LIMA FILHO, 2011, p. 121).

2.11 PROTEÇÃO

A NBR 5410 (2008), estabelece diretrizes destinadas a garantir a segurança de todos os seres vivos, bem como contra os perigos e danos que podem ser resultado pela utilização de energia elétrica, como proteção contra choques elétricos, contra efeitos térmicos, sobrecorrentes, sobretensões e curtos-circuitos.

"Os condutores e equipamentos que fazem parte de um circuito elétrico devem ser protegidos contra curtos-circuitos e contra sobrecargas [...]." (NISKIER; MACINTYRE, 2013, p.138). Dessa maneira, segundo Lima Filho (2011), os dispositivos são classificados conforme o tipo de proteção:

- Proteção contra curto-circuito (fusíveis, disjuntores magnéticos);
- Proteção contra sobrecorrente (relés térmicos ou bimetálicos);
- Proteção contra curtos-circuitos e sobrecargas (disjuntores termomagnéticos);
- Proteção das pessoas contra choques elétricos e contra riscos de incêndios (disjuntores diferenciais, residuais, que normalmente são fornecidos com o módulo termomagnético acoplado);
- Proteção contra sobretensões (para-raios Franklin, para-raios de distribuição do tipo válvula, relés de sobrentensão etc.).

Usualmente, os disjuntores são os dispositivos de proteção que mais aparecem nas instalações elétricas, uma vez que garantem, simultaneamente, a manobra e a proteção contra correntes de sobrecarga, bem como contra correntes de curto-circuito, já que, em uma instalação elétrica, é imprescindível garantir condições ideais de funcionamento, sob quaisquer condições de operação, protegendo assim, a rede elétrica de acidentes que possam vir a ocorrer por alterações de corrente (CAVALIN; CERVELIN, 2014). Esse tipo de dispositivo permite ainda "[...] o seu religamento tão logo o problema seja solucionado, sem a necessidade de substituição do dispositivo de proteção." (CRUZ; ANICETO, 2012, p.349).

Todavia, os disjuntores não são os únicos dispositivos utilizados para prover proteção nas instalações elétricas. A NBR 5410 estabelece que as instalações elétricas na sua totalidade devem possuir, ao menos, um condutor de proteção (PE), além da instalação de dispositivos diferencial-residual (DR), para que assim seja garantida a proteção contra choques elétricos. Ainda dentro desse contexto, sempre que for necessário e possível, deve-se projetar dispositivos

e seccionamento que compreendam os recursos fixos de equipotencialização e aterramento do circuito seccionado (MTE, 2016).

Dessa maneira, em cada edificação deve ser realizada a equipotencialização, reunindo os elementos como: estruturas metálicas, tubulações metálicas de água, gás esgoto, refrigeração, e outros elementos metálicos associados, condutos metálicos das linhas de energia e sinal que entram e saem da edificação. Bem como blindagens, armações, condutores de proteção e condutor neutro, formando, assim, o barramento de equipotencialização[12] principal (BEP), que tem como objetivo evitar tensões de contato que possam ser perigosas em casos de faltas fase-massa internas ou externas à edificação (ABNT NBR 5410, 2008).

2.11.1 **Dispositivo Diferencial-Residual**

O dispositivo diferencial-residual (DR), tem seu uso obrigatório em instalações elétricas no território nacional, sendo ele um dispositivo de seccionamento mecânico destinado a abrir os seus contatos ao surgimento de uma corrente de fuga à terra. Provendo proteção contra correntes residuais, oferece segurança aos seres vivos contra choques elétricos causados por contatos diretos e indiretos com a rede. Em alguns casos, o dispositivo DR, também pode ser utilizado para a proteção de equipamentos e princípios de incêndios, uma vez que ocorre o seu desligamento antes que um curto-circuito provoque superaquecimento nos condutores (CAVALIN; CERVELIN, 2014).

Os aparelhos com corrente residual nominal de 30 mA, são utilizados para a proteção pessoal, de bens e contato direto com a rede. Já aqueles que possuem corrente residual nominal de 300 mA, tem seu uso exclusivamente ligado a proteção contra incêndios. Os DR podem ainda ser utilizados individualmente para proteger um único circuito ou um dos seus pontos de utilização, mas também para a proteção de um grupo de circuitos, como os de TUG e TUE de áreas úmidas, e pontos de iluminação externos. Além disso, o uso desse dispositivo exerce indiretamente a função de controlar a qualidade da instalação, impedindo que seja desperdiçada muita energia, já que seu funcionamento também ocorre em caso de excessiva fuga de corrente (CRUZ; ANICETO, 2012).

---

[12] "Procedimento que consiste na interligação de elementos especificados, visando obter a eqüipotencialidade necessária para os fins desejados. Por extensão a própria rede de elementos interligados resultante" (ABNT NBR 5410, 2008, p. 7).

2.11.2 **Dispositivo de Proteção contra Surtos**

Outro dispositivo de proteção que pode aparecer em uma instalação elétrica é o Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS). Esse tipo de equipamento tem seu uso ligado às sobretensões transitórias provocadas por descargas diretas e/ou indiretas na rede, que causam um aumento repentino na tensão da rede, podendo causar sérios danos em equipamentos eletroeletrônicos e à própria edificação (CRUZ; ANICETO, 2012).

A utilização de DPS não possui seu uso obrigatório nas instalações elétricas do território nacional, mesmo assim, a sua utilização é abordada pela NBR 5410, estabelecendo as características que esses equipamentos devem atender como:

- Corrente nominal de descarga e/ou corrente de impulso;
- Máxima tensão de operação contínua;
- Nível de proteção;
- Suportabilidade à corrente de curto-circuito;
- Suportabilidade a sobretensões temporárias.

Diante disso, os DPS são classificados por três classes, I, II e III. A classe I é utilizada para a proteção contra surtos elétricos provenientes de descargas atmosféricas diretas. Os equipamentos de classe II são destinados à proteção contra surtos elétricos provenientes de descargas elétricas indiretas. Já aqueles que possuem classe III são dispositivos que são conectados próximo ao equipamento que se deseja proteger.

2.11.3 **Aterramento**

Toda edificação deve possuir uma infraestrutura de aterramento[13], preferencialmente utilizando as próprias armaduras do concreto das fundações, ou pelo uso de fitas, barra, cabos metálicos, malhas e hastes dispostos pelo perímetro da edificação, para que possa conduzir correntes de falta à terra, já que a mesma é um condutor natural por onde as correntes elétricas podem se dispersar, sem risco de danos térmicos, termomecânicos e eletromecânicos, ou choques elétricos causados por essas correntes (ABNT NBR 5410, 2008).

---

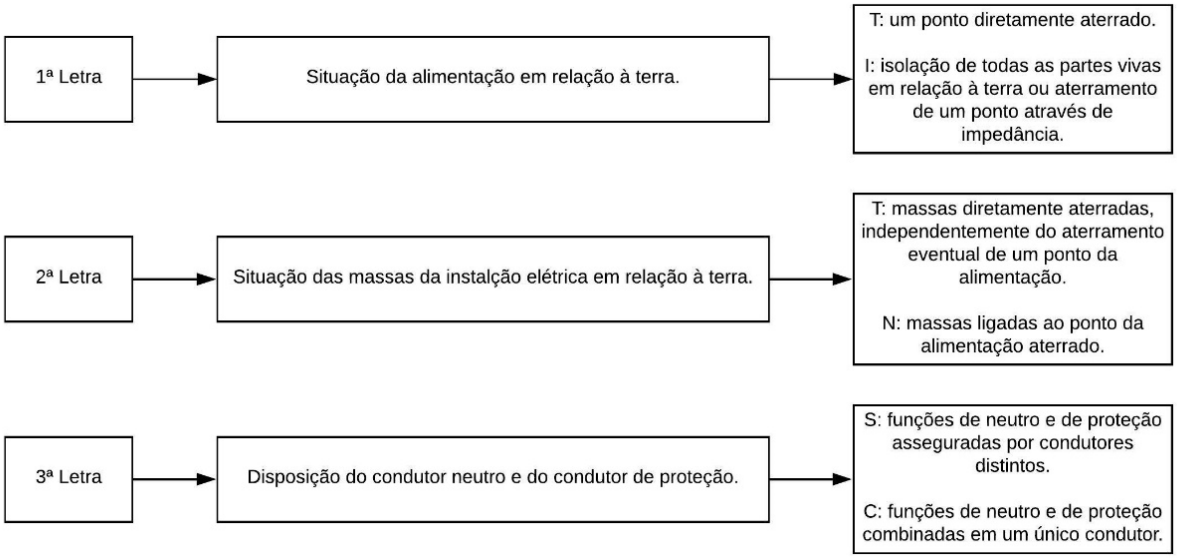
[13] "Denomina-se *aterramento* a ligação intencional de um sistema elétrico com a terra, seja por meio de condutor elétrico, seja por meio de uma resistência ou impedância inserida no caminho da corrente." (CRUZ; ANICETO, 2012, p.383).

Ainda segundo a norma, o aterramento e a equipotencialização são fundamentais para a garantia do correto funcionamento dos sistemas de proteção contra choques elétricos dentro e fora da edificação, dessa maneira, existem dois tipos de aterramento:

- Aterramento funcional: esse sistema é realizado através da ligação à terra, por meio de um dos condutores do sistema, e está relacionado ao correto funcionamento da instalação, de forma segura e confiável. Muitas concessionárias fornecedoras de energia elétrica solicitam aos seus clientes que o neutro seja aterrado diretamente no medidor de energia.
- Aterramento de proteção: esse sistema consiste na ligação à terra das massas e dos elementos condutores à instalação, visando à proteção contra choques elétricos por contato indireto.

Diante disso, nas instalações elétricas existe a possibilidade da existência de aterramento elétrico combinado, fazendo um aterramento funcional ligado diretamente ao medidor e, dentro da edificação, um aterramento de proteção. As configurações existentes recomendadas pela a NBR 5410:2008 são classificadas por simbologia algébrica, em que a primeira letra identifica a situação da alimentação em relação à terra; a segunda, refere-se à situação das massas da instalação elétrica em relação à terra; e as outras eventuais letras que podem aparecer, dizem respeito à disposição do condutor neutro e do condutor de proteção, como pode ser observado na Figura 4.

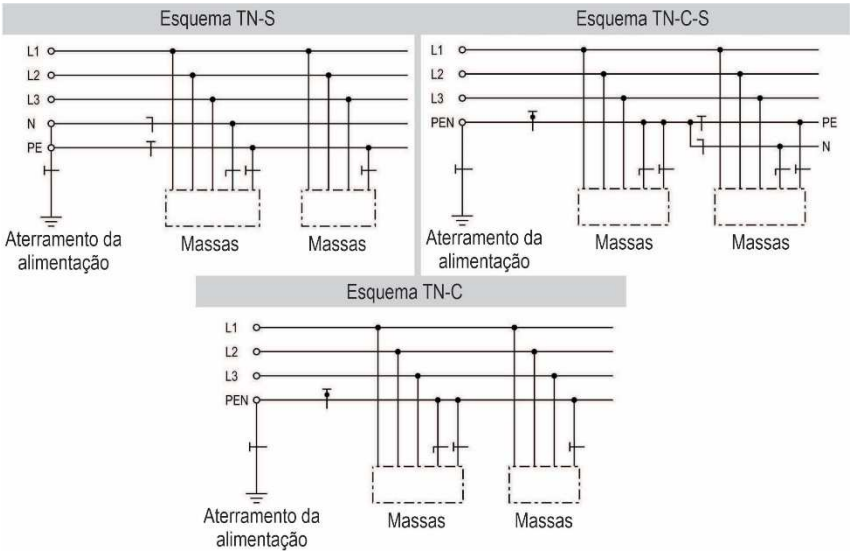
Figura 4 - Descrição dos esquemas de aterramento



Fonte: Autor (2019).

Ainda dentro desse contexto, a Figura 5 representa as possibilidades de configurações de aterramento relacionados à configuração TN, em que a mesma apresenta um ponto de alimentação diretamente aterrado, e as massas das estruturas no interior da edificação estão conectadas através de condutores de proteção. A variação TN-S apresenta condutores de proteção e neutro distintos; TN-C-S, as funções de proteção e de neutro estão combinadas em um condutor (PEN) em parte da instalação, e a configuração TN-C, em que as funções de neutro e de proteção são combinadas em um único condutor na totalidade da instalação.

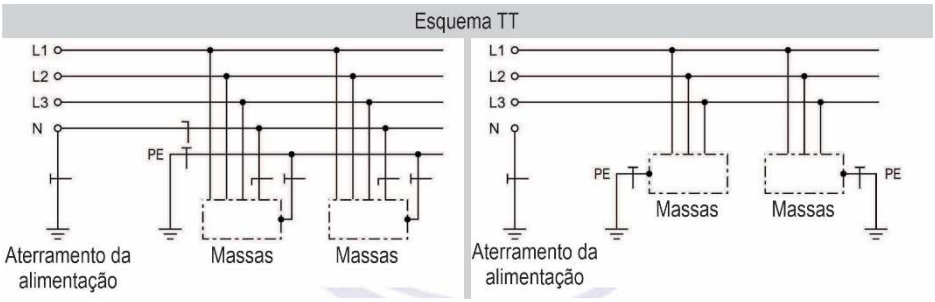
Figura 5 - Esquema de ligação, configuração TN



Fonte - Adaptado de ABNT NBR 5410:2008 (2019).

Na configuração TT, o esquema apresenta um ponto de alimentação diretamente aterrado, e as massas ligadas a outro elemento distinto de aterramento, como pode ser observado na Figura 6.

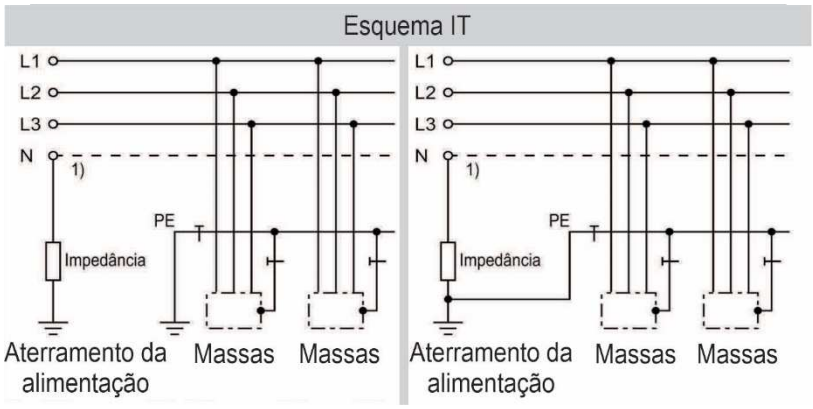
Figura 6 - Esquema de ligação, configuração TT



Fonte - Adaptado de ABNT NBR 5410:2008 (2019).

Já o esquema IT, é um esquema similar a configuração TT, todavia, desta vez, o aterramento da fonte é realizado através de um alto valor de impedância, a fim de limitar a corrente e não permitir que, em caso de uma falta, o sistema seja desligado. As massas do sistema podem ser aterradas no mesmo eletrodo de aterramento da alimentação, ou aterradas por meio de eletrodos próprios, como pode ser observado na Figura 7.

Figura 7 - Esquema de ligação, configuração IT

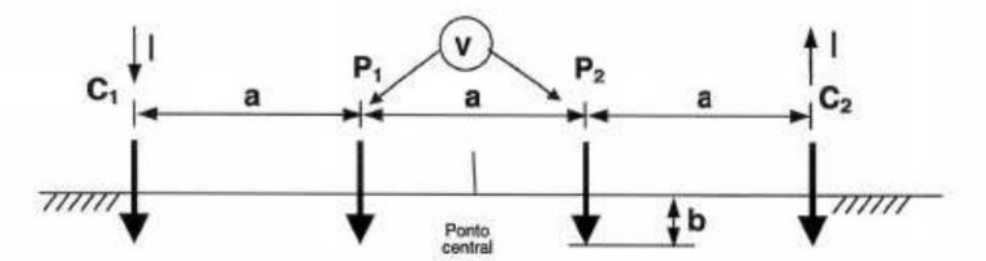


Fonte - Adaptado de ABNT NBR 5410:2008 (2019).

Muitas vezes os projetos de aterramentos são feitos de forma equivocada, sendo colocadas "n" hastes sem o correto cálculo da resistência do aterramento, dessa maneira, não é levado em consideração a resistividade do solo ao qual a edificação se encontra. Uma vez que o aterramento elétrico está fortemente associado a essa resistividade, é preciso conhecer o seu valor, pois, quanto maior a resistividade maior será a resistência de aterramento necessária para suprir as necessidades do projeto.

Assim, deve-se utilizar instrumentos apropriados para mensurar esses valores, para tal feito, opta-se por uma das metodologias conhecidas como a do Arranjo de Wenner. Esse arranjo é utilizado para as medições abordadas pelo método dos quatro eletrodos, representado pela Figura 8 e expressado pela equação 11. Essa configuração é a mais conhecida e utilizada pelos instrumentos de mensuração comercializados no território nacional.

Figura 8 - Esquemático Arranjo de Wenner



Fonte - ABNT NBR 7117:2012

$$p = \frac{4 \times \pi \times a \times \frac{V_m}{I_m}}{1 + \frac{2 \times a}{\sqrt{a^2 + 4 \times b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}} \tag{11}$$

Onde:

p: Resistividade do solo [Ωm]

a: Espaçamento entre as hastes [m], variável em potência de 2;

V_m: Tensão medida entre os terminais [V];

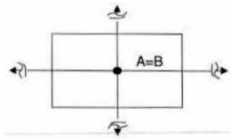
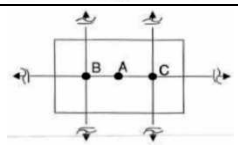
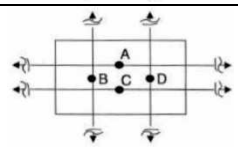
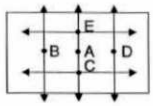
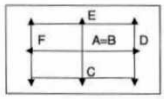
I_m: Corrente medida entre os terminais [A];

b: Profundidade de penetração [m]

Segundo a norma ABNT NBR 7117 (2012), a metodologia abordada por esse arranjo, consiste em espaçar quatro eletrodos igualmente a uma distância *a*, mensurar a tensão entre os eletrodos *P1* e *P2*, com base nos valores de corrente injetada, que circula pelos eletrodos *C1* e *C2*. Ainda, a norma observa que a distância *b*, preferencialmente, não deve exceder a condição de 10% comparado ao valor de *a*.

Diante disso, devem ser realizadas diversas medições alterando o espaçamento entre os eletrodos para que assim seja obtida a variação da resistividade em relação com a profundidade. O número de medições diversifica conforme a área na qual a edificação se encontra, dessa maneira a Tabela 6 demonstra essa variação.

Tabela 6 - Área do terreno e número mínimo de linhas de medição

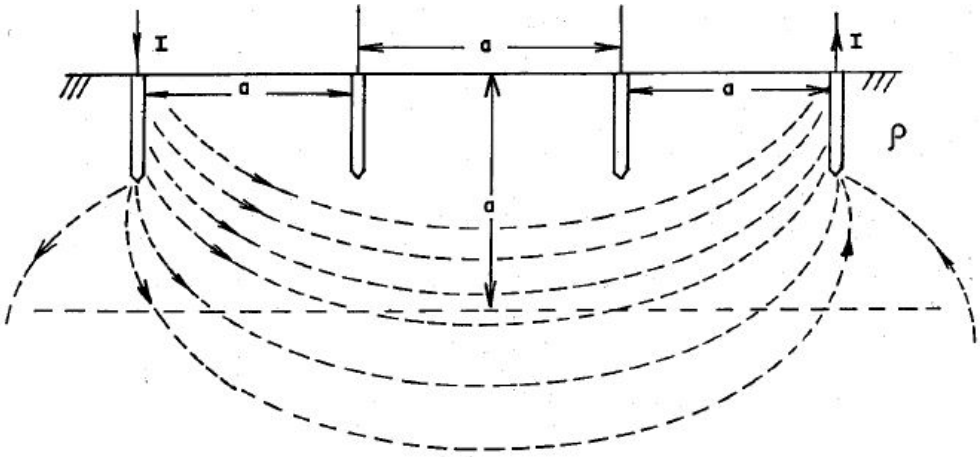
Área do terreno [m²]	Nº mínimo de linhas de medição	Croquis para as linhas de medição
S ≤ 1000	2	
1000 < S ≤ 2000	3	
2000 < S ≤ 5000	4	
5000 < S ≤ 10000	5	
10000 < S ≤ 20000	6	

NOTA para medições em áreas acima de 20000 m², recomenda-se dividir o terreno remanescentes em áreas de até 10000 m², acrescentando-se linhas de medições equivalentes às descritas nesta tabela. Assim, para uma área de 25000 m², executam-se 6 + 4 = 10 linhas de medições

Fonte – Adaptado de ABNT NBR 7117:2012 (2019).

Segundo Kindermann (1998), o método de Wenner considera que praticamente 58% da distribuição de corrente que circula pelas hastes externas do equipamento ocorre a uma profundidade equivalente ao espaçamento que as hastes foram submetidas. Portanto, para medições realizadas por este método, considera-se que o valor da resistência elétrica lida nos aparelhos próprios para esta finalidade é relativa a uma profundidade *a* do solo, conforme pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 - Penetração na profundidade "a"



Fonte: Kindemann (1998).

Ainda dentro desse contexto, a produção de Visacro Filho (2002) aponta que existem diferentes configurações de disposição das hastes de aterramento, que variam de acordo com a forma de distribuição da densidade de corrente do solo. Cada configuração possui sua equação específica, para que assim seja possível determinar o correto dimensionamento do sistema. Da mesma maneira, Kindermann (1998) estabelece que a equação que rege a resistência elétrica para uma haste cravada verticalmente pode ser representada pela equação 12.

$$R_{1haste} = \frac{pa}{2 \times \pi \times L} \times \ln \frac{4 \times Lh}{dh} \tag{12}$$

Onde:

R_{1haste}: Resistência de uma haste [Ω];

pa: Resistividade aparente do solo [Ω.m];

Lh: Comprimento da haste [m];

dh: Diâmetro da hastes [m].

Ainda segundo o autor anteriormente citado, salienta-se que nem sempre o aterramento com uma única haste fornece o valor de resistência desejada, sendo possível colocar hastes em

paralelo, desde que seja levado em consideração o acréscimo de resistência ocasionada pela interferência entre as hastes.

Dessa maneira, a equação 13 é definida como a relação entre a resistência equivalente e a resistência individual de cada haste. Indicando, assim, que a resistência equivalente do conjunto de hastes em paralelo está reduzida *k* vezes do valor da resistência de uma única haste isolada.

$$R_{eq} = k \times R_{1haste} \tag{13}$$

Onde:

R_{eq}: Resistência do conjunto [Ω];

k: Índice de Redução [tabelado para cada tipo de haste].

2.11.4 O Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas e o Para-Raios

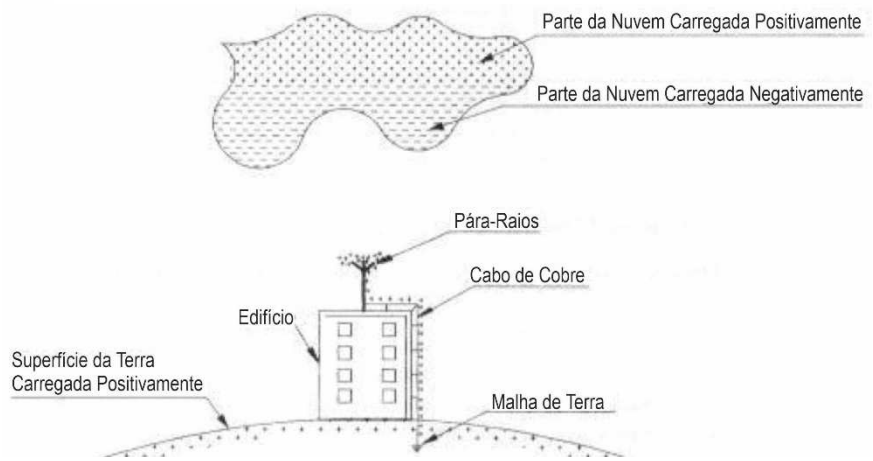
O Brasil é o país líder mundial em incidências de raios. Em toda sua extensão caem cerca de 77.8 milhões de raios por ano, uma vez que é o maior país da zona tropical do planeta, onde o clima é mais quente, consequentemente mais favorável à formação de tempestades e de raios (INPE, 2019b). Naturalmente, as descargas atmosféricas caem sobre os pontos mais elevados, como: árvores, antenas, chaminés e edificações, sendo capaz de causar perturbações nas redes aéreas de distribuição e transmissão de energia elétrica, podendo causar, além de danos materiais nas edificações atingidas, riscos a vida dos seres humanos (MAMEDE FILHO, 2010).

Diante desses fatores, o sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) atua para proteger as estruturas e edificações contra os efeitos das descargas atmosféricas; esse sistema tem sido habitualmente chamado de para-raios (NISKIER; MACINTYRE, 2013). Constituído, de forma geral, de três partes interligadas: sistema de captores (naturais ou não naturais) utilizados para receber o impacto das descargas atmosféricas; sistema de descidas (naturais ou não naturais) realizado por meio de condutores distribuídos ao longo do perímetro a ser protegido, devendo ser adotado no mínimo dois condutores de descida; sistema de aterramento (naturais ou não naturais), composto de eletrodos verticais, conectados a um condutor em forma de anel circulando toda a edificação (MAMEDE FILHO, 2010).

Instalados nos pontos mais altos das edificações, como pode ser observado no exemplo da Figura 10, esse sistema oferece à descarga atmosférica um caminho preferencial, reduzindo, assim, os riscos às estruturas das edificações. Com o permanente escoamento de cargas elétricas

para a terra, tende-se a neutralizar o crescimento de potencial entre o solo e as nuvens (LIMA FILHO, 2011).

Figura 10 - Exemplo de configuração de um SPDA



Fonte: Mamede Filho (2010).

O SPDA deve ser conectado ao demais sistemas de aterramento, evitando riscos de choques elétricos, incêndio e explosão no interior da estrutura a ser protegida. As condições para a elaboração de um projeto de descargas atmosféricas são estabelecidas pela norma ABNT NBR 5419:2015, que tem como objetivo fixar as condições exigíveis de projetos comerciais, industriais, administrativos, residenciais e agrícola, para fins de instalação e manutenção de sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, bem como de pessoas.

Esta norma foi criada em 2001 e, atualmente, está em processo de revisão. Seu conteúdo sofreu grandes mudanças desde o ano de 2015, fazendo com que o cálculo do gerenciamento de riscos, necessário para saber se é preciso instalar um SPDA, ficasse mais complexo, abordando diversos parâmetros. Após a verificação da necessidade de um SPDA, opta-se pelo desenvolvimento do projeto em questão, através das modelagens conhecidas listadas a seguir:

- Projeto de SPDA através do método Franklin;
- Projeto de SPDA através do método Eletrogeométrico (Esferas Rolantes);
- Projeto de SPDA através do método das malhas (Gaiola de Faraday).

2.11.4.1 **Gerenciamento de riscos**

Os riscos são definidos como a provável perda média anual em uma estrutura devido às descargas atmosféricas (diretas ou próximas às estruturas), levando em consideração as probabilidades de danos e a quantidade média de perdas que podem ser causadas, conforme a

quantidade de eventos. Como essas descargas podem ser diretas às estruturas, isso pode acarretar em possíveis danos físicos e risco à vida dos usuários da edificação. Já aqueles eventos que ocorrem próximos à edificação, podem causar falhas nos sistemas eletrônicos, devido às sobretensões (ABNT NBR 5419-1:2015).

Diante disso, a quantidade de eventos perigosos com influência das descargas atmosféricas que podem agir em uma estrutura, avaliado pela equação 14, são diretamente relacionadas às dimensões da edificação, bem como as características das estruturas e das linhas conectadas a ela, levando em consideração ainda os aspectos do ambiente a sua volta e a densidade de cargas atmosféricas para a terra daquela região (ABNT NBR 5419-1:2015).

$$N_D = N_G \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \tag{14}$$

Onde:

N_D: Quantidade de descargas atmosféricas para a terra na localização da estrutura por ano [1/ano];

N_G: Densidade de descargas atmosféricas para a terra [1/km2 × ano];

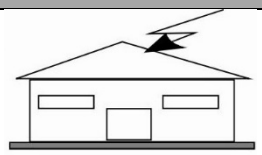
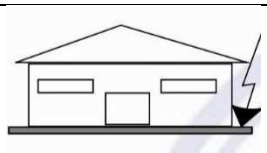
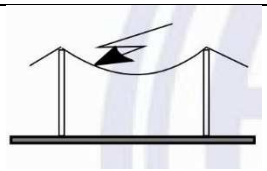
A_D: Área de exposição equivalente da estrutura, expressa em metro quadrado [m2];

C_D: Fator de localização da estrutura.

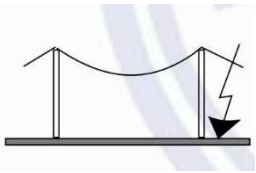
Ainda dentro desse contexto, existem quatro configurações de descargas atmosféricas que podem atingir direta ou indiretamente em uma edificação, como pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 - Fontes de danos, tipos de danos e tipos de perdas de acordo com o ponto de impacto

(continua)

Descarga atmosférica			Estrutura	
Ponto de impacto		Fonte de danos	Tipo de danos	Tipo de perdas
Descargas na estrutura		S1	D1	L1, L4[a]
			D2	L1, L2, L3, L4
			D3	L1[b], L2, L4
Descargas perto da estrutura		S2	D3	L1[b], L2, L4
Descargas na linha		S3	D1	L1, L4[a]
			D2	L1, L2, L3, L4
			D3	L1[b], L2, L4

(conclusão)

Descargas perto da linha		S4	D3	L1[b], L2, L4

a: Somente para estruturas com risco de explosão e para hospitais ou outras estruturas quando a falha dos sistemas internos imediatamente possam colocar em perigo a vida humana.

b: Somente para propriedades onde animais possam ser perdidos.

Fonte - Adaptado de ABNT NBR 5419-2:2015 (2019).

Conforme a norma NBR 5419-2:2015, são classificados os danos (D) e as perdas (L) provocadas por uma descarga atmosférica como:

- D1: ferimento aos seres vivos por choque elétrico;
- D2: danos físicos;
- D3: falhas de sistemas eletroeletrônicos

- L1: perda de vida humana: o número de pessoas em perigo;
- L2: perda de serviço público: o número de usuários não servidos (energia, telefonia, internet);
- L3: perda de patrimônio cultural: valor econômico em perigo da estrutura e conteúdo;
- L4: perda de valores econômicos: o valor econômico em perigo de animais, a estrutura, conteúdo e sistemas internos.

Ainda de acordo com a norma, os riscos R1, R2, R3 e R4 devem ser considerados na avaliação da necessidade de proteção contra descargas atmosféricas em uma determinada estrutura, onde:

- R1: riscos de perda de vida humana (incluindo ferimentos);
- R2: risco de perda de serviço ao público;
- R3: risco de perda ao patrimônio cultural;
- R4: risco de perda de valores econômicos.

Dessa maneira cada risco R, é composto pela soma dos seus componentes de risco (R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W, R_Z) considerados para cada tipo de perda em uma edificação, como pode ser observado na Tabela 8.

Tabela 8 - Componentes de risco a serem considerados para cada tipo de perda em uma estrutura

Fonte de danos	Descarga S1			Descarga S2	Descarga S3			Descarga S4
Componente de risco	R_A	R_B	R_C	R_M	R_U	R_V	R_W	R_Z
Risco para cada tipo de perda								
R1	X	X	X[a]	X[a]	X	X	X[a]	X[a]
R2		X	X	X		X	X	X
R3		X				X		
R4	X[b]	X	X	X	X[b]	X	X	X

a: Somente para estruturas com risco de explosão e para hospitais ou outras estruturas quando a falha dos sistemas internos imediatamente possam colocar em perigo a vida humana.

b: Somente para propriedades onde animais possam ser perdidos.

Fonte - Adaptado de ABNT NBR 5419-2:2015 (2019).

- R_A: componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura e fora nas zonas até 3 m ao redor dos condutores de descidas, expressada pela equação 15;

$$R_A = N_D \times P_{TA} \times P_B \times r_t \times L_T \times \frac{n_z}{n_t} \times \frac{t_z}{8760} \quad (15)$$

Onde:

P_{TA}: Probabilidade que depende das medidas de proteção adicionais contra tensões de toque e passo;

P_B: Probabilidade que depende do nível de proteção contra descargas atmosféricas para o qual o SPDA foi projetado;

r_t: Fator de redução da perda de vida humana dependendo do tipo do solo ou piso;

L_T: Número relativo médio típico de vítimas feridas por choque elétrico (D1) devido a um evento perigoso;

n_z: Número de pessoas na zona;

n_t: Número total de pessoas na estrutura;

t_z: Tempo o qual as pessoas estão presentes na zona, expresso em horas por ano.

- R_B: componente relativo a danos físicos causados por centelhamentos perigosos dentro da estrutura iniciando incêndio ou explosão, os quais podem também colocar em perigo o meio ambiente, expressada pela equação 16;

$$R_B = N_D \times P_B \times r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times \frac{n_z}{n_t} \times \frac{t_z}{8760} \quad (16)$$

Onde:

r_p: Fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo das providências tomadas para reduzir as consequências do incêndio;

r_f: Fator de redução da perda devido a danos físicos dependendo do risco de incêndio ou do risco de explosão da estrutura;

h_z: Fator de aumento da perda devido a danos físicos quando um perigo especial estiver presente;

L_F: Número relativo médio típico de vítimas por danos físicos (D2) devido a um evento perigoso.

- R_C: componente relativo a falhas de sistemas internos causados por LEMP (*Lightning Electromagnetic Impulse)*, para descargas atmosféricas na estrutura, expressada pela equação 17;

$$R_C = N_D \times A_D \times C_D \times 10^{-6} \times P_{SPD} \times C_{LD} \times L_O \times \frac{n_z}{n_t} \times \frac{t_z}{8760} \quad (17)$$

Onde:

P_{SPD}: Probabilidade que depende do sistema coordenado de DPS de acordo com a proteção contra descargas atmosféricas para o qual os DPS foram projetados;

C_{LD}: Fator que depende das condições da blindagem, aterramento e isolamento da linha a qual o sistema interno está conectado;

L_O: Valor relativo médio típico de todos os valores danificados pela falha de sistemas internos (D3) devido a um evento perigoso.

- R_M: componente relativo a falhas de sistemas internos causados por LEMP, para descargas atmosféricas perto da estrutura, expressada pela equação 18;

$$R_M = N_G \times A_M \times 10^{-6} \times P_{SPD} \times P_{MS} \times L_O \times \frac{n_z}{n_t} \times \frac{t_z}{8760} \quad (18)$$

Onde:

A_M: Área de exposição equivalente de descargas atmosféricas que atingem perto da estrutura, expressa em metro quadrado [m²];

P_{MS}: Probabilidade que depende das características da blindagem e dos circuitos internos da estrutura.

- R_U: componente relativo a ferimentos aos seres vivos causados por choque elétrico devido às tensões de toque e passo dentro da estrutura, expressada pela equação 19;

$$R_U = (N_G \times 40 \times L_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} + N_{DJ}) \times P_{TU} \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \times r_t \times L_T \times \frac{n_z}{n_t} \times \frac{t_z}{8760} \quad (19)$$

Onde:

L_L: Comprimento da seção da linha, expresso em metros (m), caso seja desconhecida a dimensão a norma determina que seja assumido o valor de 1000m;

C_I: Fator de instalação da linha;

C_E: Fator ambiental;

C_T: Fator tipo de linha;

N_{DJ}: Número médio anual de eventos perigosos devido à descarga atmosférica direta a uma estrutura conectada na extremidade de uma linha, conforme orientação da norma em muitos casos esse valor pode ser desprezado;

P_{TU}: Probabilidade que depende das medidas de proteção contra tensões de toque, como restrições físicas ou avisos visíveis de alerta;

P_{EB}: Probabilidade que depende das ligações equipotenciais para descargas atmosféricas, conforme o nível de proteção contra descargas atmosféricas para o qual o DPS foi projetado;

P_{LD}: Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica na linha conectada dependendo das características da linha;

- R_V: componente relativo a danos físicos (incêndio ou explosão iniciados por centelhamentos perigosos entre instalações externas e partes metálicas geralmente no ponto de entrada da linha na estrutura) devido à corrente da descarga atmosférica transmitida ou ao longo das linhas, expressada pela equação 20;

$$R_V = (N_G \times 40 \times L_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 10^{-6} + N_{DJ}) \times P_{EB} \times P_{LD} \times C_{LD} \times r_p \times r_f \times h_z \times L_F \times \frac{n_z}{n_t} \times \frac{t_z}{8760} \quad (20)$$

- R_W: componente relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta, expressada pela equação 21;

$$R_W = (N_G \times 40 \times L_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 1O^{-6} + N_{DJ}) \times P_{SPD} \times P_{LD} \times C_{LD} \times L_O \times \frac{n_z}{n_t} \times \frac{t_z}{8760} \quad (21)$$

- R_Z: componente relativo a falhas de sistemas internos causados por sobretensões induzidas nas linhas que entram na estrutura e transmitidas a esta, expressada pela equação 22.

$$R_Z = N_G \times 4000 \times L_L \times C_I \times C_E \times C_T \times 1O^{-6} \times P_{SPD} \times P_{LI} \times C_{LI} \times L_O \times \frac{n_z}{n_t} \times \frac{t_z}{8760} \quad (22)$$

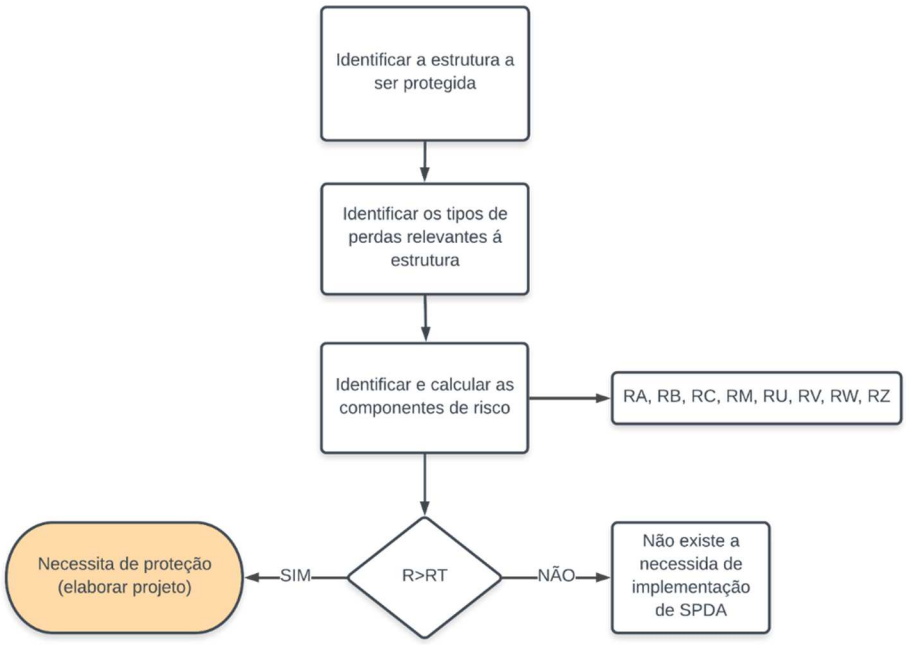
Onde:

P_{LI}: Probabilidade de falha de sistemas internos devido a uma descarga atmosférica perto de uma linha conectada dependendo das características da linha e dos equipamentos;

C_{LI}: Fator que depende das condições da blindagem, do aterramento e da isolação da linha.

Conforme a estrutura a ser protegida, identificadas as perdas relevantes e calculados aos componentes de riscos, determina-se a necessidade da implementação de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas, comparando o risco R, composto pelos riscos R1, R2, R3 e R4, com o valor do risco tolerável RT, variável de acordo com o tipo de perda a qual refere-se à edificação, conforme Figura 11.

Figura 11 - Procedimento para decisão da necessidade da proteção



Fonte - Adaptado de ABNT NBR 5419-2:2015 (2019).

Dessa maneira, a norma NBR 5419-2:2015 fornece os valores típicos a serem considerados para o risco tolerável (RT), levando em consideração cada tipo de perda que pode ocorrer a uma estrutura e aos usuários da mesma. Esses valores podem ser observados pela Tabela 9.

Tabela 9 - Valores típicos de risco tolerável RT

	Tipo de perda	RT(y^{-1})
L1	Perda de vida humana	10^{-5}
L2	Perda de serviço ao público	10^{-3}
L3	Perda de patrimônio cultural	10^{-4}
L4	Perda de valores econômicos	10^{-3}

Fonte - Adaptado de ABNT NBR 5419-2:2015 (2019).

2.12 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Para a Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO, 2019), a eficiência energética é uma atividade que busca melhorar o uso das fontes de energia, a qual baseia-se na relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e a quantidade de energia disponibilizada para sua realização. Esse assunto ganhou maior importância no início da década de 70, com a crise do petróleo, em que houve uma elevação no custo de energia elétrica e toda população precisou se conscientizar de que era necessário conter os desperdícios de energia (MAMEDE FILHO, 2010) e voltou à tona no Brasil, com as crises hídricas, em que a baixa quantidade de água nos reservatórios das usinas hidroelétricas fez com que as usinas termoelétricas contribuísse significativamente com a produção de nacional de energia elétrica, consequentemente aumentando novamente o preço do quilowatt-hora.

De acordo com MME (2018), por meio do Balanço de Energia Nacional (BEN), no Brasil, em 2018, foram consumidos mais de 520 TWh, e o setor público representa 8,2% desse montante. Ainda dentro desse contexto, estima-se que, dentro do consumo de energia elétrica em prédios públicos, 24% refere-se à iluminação, 48% aos sistemas de climatização, 15% aos equipamentos de escritório e 13% pelas bombas e elevadores (CORCUERA, 2010 apud PURIFICACAO, 2018).

Para a correta elaboração de qualquer projeto, deve-se seguir as orientações e prescrições das normas e legislações vigentes. Diante disso, no Brasil, em 2001, foi sancionada a Lei Nº 10.295, que Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, com o objetivo de estabelecer os níveis mínimos de eficiência energética das edificações e dos equipamentos elétricos comercializados no território nacional (BRASIL,

2001). O governo ainda trabalha em conjunto com os órgãos regulamentadores, a fim de melhorar os índices de desperdício de energia, por meio de programas federais como: PROCEL EPP, PROCEL EDIFICA e PROPEE.

2.12.1 **Procel EPP**

Criado em 1997, o Programa de Eficiência Energética nos Prédios Públicos (PROCEL EPP), tem como objetivo promover o desenvolvimento de sistemas de eficiência energética em prédios públicos, a nível nacional, estadual e municipal. Sua finalidade é diminuir os gastos do poder público em suas edificações através da implementação de eficiência energética e da difusão da informação junto aos agentes envolvidos com a administração pública, além da redução do consumo de energia elétrica, substituindo tecnologias obsoletas por mais eficientes e com maior vida útil, melhorando as condições de trabalho, segurança e conforto dos servidores (KRAUSE, 2002).

2.12.2 **Procel EDIFICA**

Criado em 2003, o Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA), atua de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia, Ministério das Cidades, universidades, centros de pesquisa e entidades governamentais. Prove incentivo à conservação e o uso eficiente dos recursos naturais, tendo em vista que as edificações consomem cerca de 45% da energia elétrica faturada no país. Através do EDIFICA, estima-se que possa haver uma redução de 50% deste consumo, para edificações novas e 30% para aquelas que forem submetidas a reformas (PROCELINFO, 2019a).

2.12.3 **ANEEL PROPEE**

O PROPEE, aprovado em 2013, foi baseado no antigo Programa de Eficiência Energética (PEE), tornando o processo de seleção e implantação dos projetos de eficiência energética mais abrangentes e transparentes. Esse programa tem como objetivo principal viabilizar o uso eficiente de energia elétrica em todos os setores da economia nacional por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais (ANEEL, 2016). Diante disso, no ano de 2000, foi criada a Lei Nº 9.991, alterada em 2016 para a Lei º 13.280, definindo que as empresas concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica ficam

obrigadas a aplicar um percentual mínimo de sua receita líquida em programa de eficiência energética (BRASIL, 2000). Dentro desse contexto, 80% devem ser aplicados pelas próprias concessionárias e 20% destinados ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (BRASIL, 2016).

Para que um projeto de eficiência energética seja submetido ao PROPEE, necessita-se que sejam cumpridas inicialmente as etapas de medição e verificação e a viabilidade econômica. Para a verificação da viabilidade econômica, devem ser considerados dois indicadores para a análise de eficiência energética: o primeiro refere-se à relação Custo Benefício – RCB, o qual leva em consideração a relação entre os custos e benefícios totais atrelados ao projeto, expressado pela equação 23; já o segundo, refere-se à Redução de Demanda na Ponta – RDP, que avalia a redução de demanda média no horário de ponta, desfrutados pelas ações de eficiência energética (ANEEL, 2018).

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T} \tag{23}$$

Onde:

CA_T: Custo anualizado total;

BA_T: Benefício anualizado.

Diante das considerações citadas, as componentes CA_T e BA_T são expressadas pelas equações 24 e 25, respectivamente.

$$CA_T = \sum_n CA_n \tag{24}$$

$$BA_T = (EE \times CEE) + (RDP \times CED) \tag{25}$$

Onde:

CA_n: Custo anualizado de cada equipamento, incluído os seus custos relacionados;

EE: Energia anual economizada [MWh/ano];

CEE: Custo unitário de energia [R$/MWh];

RDP: Demanda evitada na ponta [kW ano];

CED: Custo unitário da demanda [R$/kW].

Assim, a avaliação econômica de viabilidade de um projeto do PROPEE, deve apresentar valores de RCB iguais ou inferiores a 0,8. Caso isso não ocorra, o investimento disponibilizado pelas concessionárias distribuidoras, sofrerão uma redução proporcional ao limite ultrapassado.

2.13 ESTADO DA ARTE

Em Projeto de instalações elétricas em baixa tensão, por Câmara (2017) é proposto um estudo de projeto de instalação elétrica para um conjunto misto, em que há serviços comerciais e residenciais. Abordado pelo autor, por meio das normas vigentes ABNT NBR 5410 e da concessionária local. É verificado os procedimentos pertinentes para a elaboração do projeto elétrico da edificação com seus respectivos levantamentos de cargas, divisão da instalação, divisão dos circuitos, sistemas de proteção e dimensionamento das componentes do projeto. Ainda referente ao projeto, a parte gráfica é desenvolvida pelo autor através do *software* AutoCAD, uma vez que os projetos de instalações elétricas contemplam alto nível de detalhamentos e grau de complexidade. Dessa maneira, é possível desenvolver todas as etapas que devem ser cumpridas para o projeto e execução de uma instalação elétrica.

No trabalho desenvolvido por Santini (2016), é elaborada uma análise dos impactos acarretados pela atualização da ABNT NBR 5419 do ano 2005 para a versão do ano de 2015. Dessa maneira compara-se os resultados através de um estudo de caso, realizado para ambas as versões da norma, uma vez que, conforme as modificações significativas da norma, o processo de planejamento para um projeto de SPDA tornou-se mais complexo abrangendo fatores probabilísticos relacionados à edificação e o seu entorno, levando em consideração as peculiaridades de cada elemento da estrutura. Através da comparação dos resultados obtidos, observa-se que a principal diferença entre as duas versões da norma está atrelada ao gerenciamento de riscos, sendo que o mesmo deixa de ser algo trivial para se tornar um instrumento fundamental para a elaboração da avaliação da necessidade de implementação de um SPDA.

Nesta produção, notou-se a necessidade de implementação de SPDA. O projeto foi desenvolvido através do método Eletrogeométrico, com o auxílio do *software* AutoCAD, no qual foram representadas as conexões e os detalhamentos do SPDA e dispostos os subsistemas de descidas do mesmo. Vale ressaltar ainda que, a partir do emprego das modificações da norma, a eficiência do sistema de proteção, no caso verificado, apresenta um aumento de 3,15% em comparação à proteção baseada na versão anterior.

No estudo realizado por Purificacao (2018), a busca pela redução do consumo de energia elétrica e o aumento de eficiência energética é associado a utilização de tecnologia LED, substituindo as lâmpadas com tecnologias obsoletas. Assim, é realizada uma pesquisa exploratória, para um projeto luminotécnico de uma sala de aula genérica das escolas da rede municipal da cidade de São Paulo. Dessa maneira avaliam-se as curvas obtidas pelas simulações

computacionais desenvolvidas através da utilização do *software* DIALux. A análise realizada pelo autor mostra que, com a substituição das tecnologias destinadas a iluminação das salas de aula, as lâmpadas LED apresentam maiores índices de iluminamento por meio das suas características, consumindo menores valores de energia. Essa abordagem mostra que, a partir do emprego da tecnologia LED, existe um aumento da vida útil das lâmpadas, e uma atenuação dos valores relacionados à eficiência energética de toda a edificação, reduzindo, dessa maneira, a potência instalada e, consequentemente, os valores gastos relacionados à infraestrutura elétrica.

No artigo desenvolvido por Naspolini et. al. (2007), é realizada uma análise das escolas da rede estadual de Santa Catarina, a fim de combater o desperdício de energia, através da empregabilidade de equipamentos mais eficientes e conscientização das pessoas que utilizam o meio escolar diariamente. Dessa maneira, o projeto apresenta como principais objetivos a redução de consumo, a conscientização, a ampliação da responsabilidade social e a promoção da ação integrada com o poder público local.

A metodologia aplicada baseia-se no até então atual manual do Programa de Eficiência Energética, elaborado pela Aneel, que inicia pelo diagnóstico do sistema de iluminação das escolas selecionadas, verificação dos valores reais de economia de energia e redução de potência, e passa pela realização de campanhas de sensibilização, divulgação e promoção dos conceitos de eficiência energética e resultados alcançados.

Como o projeto em questão foi financiado pela Celesc, empresa de comercialização e distribuição de eletricidade de Santa Catarina, mostra que a procura por incentivos e parcerias deve ser investigada pelos órgãos públicos para que obras sejam realizadas com o intuito de não só reduzir as despesas com energia elétrica, mas também para prover aumento de segurança referente às instalações, sem que sejam gastos recursos próprios.

O comparativo entre os trabalhos realizados, expresso pelo Quadro 1, aborda os seguintes segmentos: *software* utilizado, metodologia abordada, cenário da atividade e parâmetros avaliados.

Quadro 1 - Comparativo dos trabalhos realizados

(continua)

Autor	*Software*	Metodologia abordada	Cenário da atividade	Parâmetros avaliados
Câmara	AutoCAD	Revisão das orientações prescritas na norma	Empreendimento residencial e comercial da	Etapas para o desenvolvimento de

(conclusão)

		ABNT NBR 5410, e da norma da concessionária local. Para a correta elaboração do projeto proposto.	cidade de Natal-RN.	um projeto de instalação elétrica.
Santini	AutoCAD	Análise das etapas abordadas para o desenvolvimento de um projeto de SPDA, com base na norma ABNT NBR 5419:2005 e sua atualização.	Edificação localizada no município de Guaíba-RS, onde situa-se um centro de referências de assistência social.	Gerenciamento de Riscos.
Purificacao	DIALux	Análise qualitativa dos dados, através de elaboração de simulações da sala de aula, recriando as condições reais e avaliando os índices de iluminação do ambiente.	Escola da rede municipal de São Paulo.	Índices de Iluminância, redução de potência e demanda instaladas.
Naspolini et. al.	*Software* específico, não informado	Avaliação econômica conforme as diretrizes do manual do PEE.	Escolas da rede estadual de Santa Catarina.	RDP, EE, RCB.

Fonte: Autor (2019).

A utilização do *software* AutoCAD para atividades gráficas está associada à disponibilização de licenças educacionais, por meio do fabricante. Além disso, os outros principais *softwares* disponíveis no mercado, como: QiElétrico, Lumine V4, Autopower e

PRO-Elétrica, possibilitam que seus arquivos sejam salvos na mesma extensão utilizada pelo AutoCAD.

Da mesma maneira, o *software* DIALux, por ser um programa gratuito, possui grande utilização no meio profissional e acadêmico. Este *software* possui grande quantidade de fabricantes associados, em que alguns disponibilizam seus catálogos para a biblioteca interna de lâmpadas e luminárias disponíveis no *software*.

Pelos motivos citados, o estudo deste trabalho também será realizado através destes programas. Salienta-se também que a interpretação das normas é essencial para o desenvolvimento de qualquer projeto, como no caso de instalações elétricas, gerenciamento de riscos e eficiência energética. A abordagem e a metodologia dos autores citados auxiliam no entendimento e no desenvolvimento das atividades necessárias para que ocorra a correta produção deste trabalho.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi divido em etapas com o intuito de facilitar o seu entendimento, bem como a visualização de cada tema abordado. Diante disso, este capítulo é constituído pela metodologia adotada em cada etapa, a qual compreende o cálculo do gerenciamento de riscos, projeto de aterramento, projeto luminotécnico, projeto de instalações elétricas, custos, projeto de eficiência energética, bem como as simulações e cenários nos quais os estudos foram realizados.

3. 1 CÁLCULO DO GERENCIAMENTO DE RISCOS

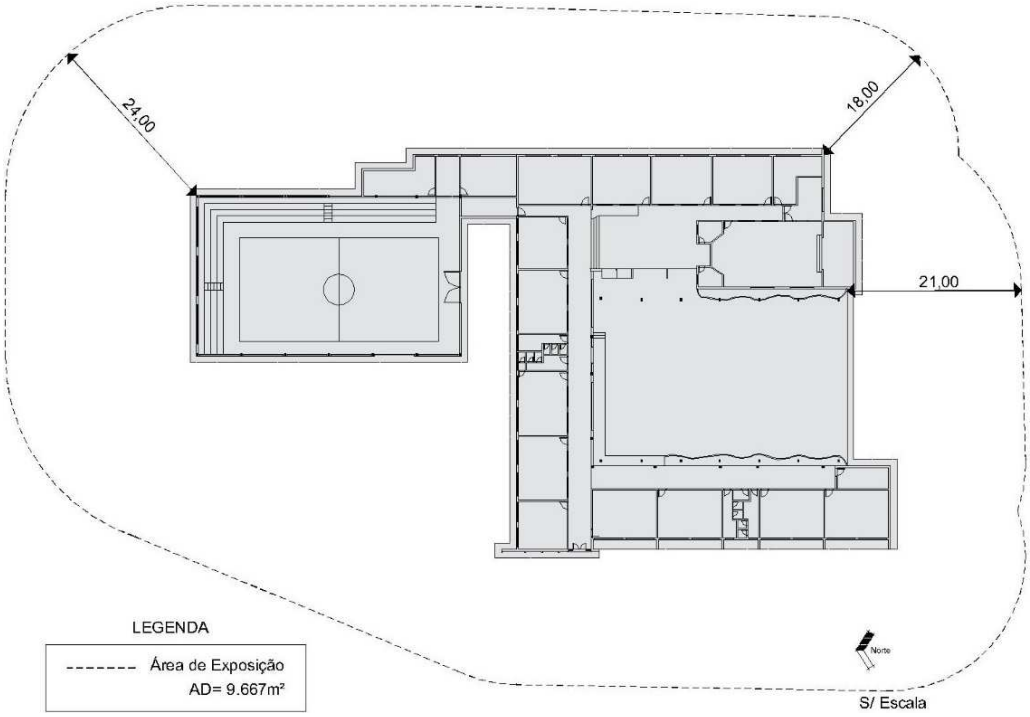
Para a determinação dos parâmetros utilizados para o cálculo do gerenciamento de riscos, incialmente foi necessário o conhecimento das características da edificação em questão, como as particularidades do terreno e o seu entorno, número de pessoas que ocupam a mesma, tipo de uso da edificação e suas especificações, para que assim fosse possível determinar os possíveis riscos, danos e perdas os quais as pessoas e a edificação podem ser submetidas.

Dessa maneira, foram coletadas informações *in-loco*, em conjunto com a direção da escola e representantes da prefeitura municipal dos setores de Planejamento e Educação, a fim de obter informações com a maior confiabilidade possível. Assim, constatou-se que a escola em questão, abriga um total de 508 pessoas, ao longo dos seus três turnos de funcionamento. Além disso, possui uma área construída de 2.852,87 m², alimentada por uma linha de energia elétrica aérea.

Diante disso, as perdas que são relacionadas à essa edificação, são as perdas de vida humana, uma vez que não existe o risco de explosões, perdas de patrimônios culturais, valores econômicos e perdas de serviços ao público como, gás, energia, telefonia e internet.

Como a edificação na qual a escola situa-se possui uma estrutura complexa, com variações nas alturas de pé direito, a área de exposição foi obtida graficamente através da utilização do *software* AutoCAD, com base nas orientações da norma ABNT NBR 5419-2:2015, em que o resultado encontrado pode ser visualizado na Figura 12. Essa área é utilizada para o cálculo da probabilidade de dano à estrutura, em eventuais descargas atmosféricas que podem ocorrer nas linhas e suas proximidades.

Figura 12 - Área de exposição da edificação, conforme ABNT NBR 5419-2:2015



Fonte: Autor (2019).

Dessa maneira, o risco de perda de vida humana, expressado pela Tabela 8, mostra as componentes de risco que foram consideradas nessa aplicação. Observa-se também, que para o caso em questão, os riscos R_C, R_M, R_W e R_Z devem ser desconsiderados, uma vez que os mesmos estão associados somente em casos no qual a estrutura corre risco de explosão, bem como para edificações de uso hospitalar. Assim, os Quadros 2 e 3 apresentam os valores obtidos para as componentes de risco R_A, R_B, R_U e R_V, respectivamente.

Quadro 2 - Parâmetros de entrada para riscos RA e RB

(continua)

Risco R_A					Risco R_B			
Símbolo	Observação	Valor	Referência		Símbolo	Observação	Valor	Referência
N_G	Flores da Cunha	6,7	(INPE, 2019a)		N_G	Flores da Cunha	6,7	(INPE, 2019a)
A_D	Diferentes alturas de pé direito	9667	Figura 12		A_D	Diferentes alturas de pé direito	9667	Figura 12
C_D	Estrutura cercada por objetos mais altos	0,25	Anexo D		C_D	Estrutura cercada por objetos mais altos	0,25	Anexo D
P_{TA}	Avisos de alerta	0,1	Anexo E		P_B	Não existe SPDA	1	Anexo F

(conclusão)

P_B	Não existe SPDA	1	Anexo F	r_p	Extintores	0,5	Anexo I
r_t	Cerâmico	0,001	Anexo G	r_f	Baixo risco	0,001	Anexo J
L_T	Todos os tipos	0,01	Anexo H	h_z	Nível médio de	5	Anexo K
n_z	Turno da tarde	252	Escola	L_F	Escola	0,1	Anexo H
n_t	Total dos três turnos	508	Escola	n_z	Turno da tarde	252	Escola
t_z	Total de dias letivos e reuniões	2730	Escola	n_t	Total dos três turnos	508	Escola
				t_z	Total de dias letivos e reuniões	2730	Escola
		R_A	$2{,}50E^{-9}$			R_B	$6{,}25E^{-7}$

Fonte: Autor (2019).

Quadro 3 - Parâmetros de entrada para riscos RU e RV

(continua)

Risco R_U				Risco R_V			
Símbolo	Observação	Valor	Referência	Símbolo	Observação	Valor	Referência
N_G	Flores da Cunha	6,7	(INPE, 2019a)	N_G	Flores da Cunha	6,7	(INPE, 2019a)
L_L	Distância não conhecida	1000		L_L	Distância não conhecida	1000	
C_I	Aéreo	1	Anexo L	C_I	Aéreo	1	Anexo L
C_E	Urbano	0,1	Anexo M	C_E	Urbano	0,1	Anexo M
C_T	Linha de energia	1	Anexo N	C_T	Linha de energia	1	Anexo N
N_{DJ}	Nenhuma estrutura adjacente	0		N_{DJ}	Nenhuma estrutura adjacente	0	
P_{TU}	Nenhuma medida de proteção	1	Anexo O	P_{EB}	Sem DPS	1	Anexo P
P_{EB}	Sem DPS	1	Anexo P	P_{LD}	Linha aérea, não blindada	1	Anexo Q

(conclusão)

P_{LD}	Linha aérea, não blindada	1	Anexo Q	C_{LD}	Linha aérea, não blindada	1	Anexo R
C_{LD}	Linha aérea, não blindada	1	Anexo R	r_p	Extintores	0,5	Anexo I
r_t	Cerâmico	0,001	Anexo G	r_f	Baixo risco	0,001	Anexo J
L_T	Todos os tipos	0,01	Anexo H	h_z	Nível médio de pânico	5	Anexo U
n_z	Turno da tarde	252	Escola	L_F	Escola	0,1	Anexo H
n_t	Total dos três turnos	508	Escola	n_z	Turno da tarde	252	Escola
t_z	Total de dias letivos e reuniões	2730	Escola	n_t	Total dos três turnos	508	Escola
				t_z	Total de dias letivos e reuniões	2730	Escola
		R_U	$4{,}14E^{-8}$			R_V	$1{,}03E^{-6}$

Fonte: Autor (2019).

Assim, com base nos resultados encontrados para R_A, R_B, R_U e R_V e a equação de acordo com a Tabela 8, nota-se que o valor de R1 não ultrapassa o risco tolerável RT. Então, o projeto de um sistema de proteção contra descargas atmosféricas é dispensável.

$$R1 = 1{,}70 \times 10^{-6} < 10^{-5}$$

Para o cálculo em questão, alguns valores foram superdimensionados, a fim de verificar a real necessidade da elaboração do projeto de SPDA, como nos casos dos valores atribuídos para o Comprimento da seção da linha (L_L) e para o Fator de redução da perda de vida humana (r_t).

Mesmo que o cálculo do gerenciamento de riscos tenha apresentado valores que dispensam a implementação de um projeto de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas, não significa que a implementação do mesmo está vetada. O próprio pode ser instalado, aumentando assim a segurança dos seres vivos que utilizam a edificação e seus arredores. Todavia, como esta produção também aborda a concepção de uma nova instalação elétrica, que dispõem de medidas adicionais de proteção, a implementação de SPDA não se faz

necessária nesta situação, já que essas medidas atuam reduzindo mais os valores calculados, para todos os riscos os quais a estrutura poderá ser submetida.

3. 2 PROJETO DE ATERRAMENTO

O projeto de aterramento da edificação e da instalação elétrica foi abordado pelo modelo TT. Nesta configuração o neutro da fonte é ligado ao aterramento existente no ponto de alimentação e as massas da instalação são conectadas aos eletrodos de aterramento distintos ao da fonte, formando um aterramento elétrico combinado. Dessa maneira, caso exista fuga de corrente em alguma das massas do sistema, o percurso da corrente de falta percorre a terra, existindo assim um alto valor de resistência que limitará a corrente que circulará pelos circuitos. Essa abordagem, faz com que a corrente de falta tenha seu valor limitado, sendo a mesma insuficiente para o seccionamento dos circuitos de proteção como no caso dos disjuntores. Todavia, como essa corrente, mesmo que reduzida, pode ser perigosa aos seres vivos, faz-se necessário a implementação de outros dispositivos de proteção como os dispositivos DR.

Para o correto dimensionamento do número de hastes necessárias para satisfazer os parâmetros do projeto, verificou-se a resistividade do solo no qual a edificação se encontra, conforme as orientações da norma ABNT NBR 7117:2012, através do Arranjo de Wenner, apresentado anteriormente. Para tal feito, utilizou-se o equipamento terrômetro digital modelo MTD-20KWe, do fabricante MEGABRAS, apresentado pela Figura 13.

Figura 13 - Terrômetro MEGABRAS

Fonte: Autor (2019).

Conforme apresentado pela Tabela 6, para o terreno em questão foram necessárias seis linhas de medição, descritas pelos algarismos *A*, *B*, *C*, *D*, *E* e *F*, uma vez que o mesmo possui uma área total de 11.922,00 m². Como a edificação ocupa grande parte do lote, optou-se por

fazer o levantamento das medições de resistividade do solo na área livre apresentada pela Figura 14.

Figura 14 - Área de medição

Fonte: Adaptado do Google Maps (2019).

Dessa maneira, foram mensuradas as resistividades do solo da edificação, espaçando e cravando as hastes no decorrer da área proposta, conforme pode ser observado nas Figuras 15 e 16.

Figura 15 - Medições *in-loco,* linha de medição D

Fonte: Autor (2019).

Figura 16 - Medições *in-loco*, linha de medição C

Fonte: Autor (2019).

Os dados obtidos através das medições de campo, relativos aos vários pontos e direções, espaçados entre si na dimensão *a*, e cravados na dimensão *b*, são apresentados pelo Quadro 4, bem como os resultados dos cálculos a partir da equação 11.

Quadro 4 - Resistividade elétrica medida e calculada

Espaçamentos								
[m]	a	b	a	b	a	b	a	b
	1	0,1	2	0,2	4	0,3	8	0,3
Resistividade Elétrica Medida V_m/I_m [Ω]								
A	35,1		11,3		3,43		0,77	
B	35,1		11,3		3,43		0,77	
C	32,9		13,08		3,65		0,95	
D	36,1		11,91		3,47		0,73	
E	30,9		12,45		2,76		0,73	
F	32,7		12,5		3,25		1,03	
Resistividade Elétrica Calculada [Ω.m]								
A	224,23		144,37		87		38,78	
B	224,23		144,37		87		38,78	
C	210,17		167,12		95,58		47,85	
D	230,61		152,17		88,02		36,77	
E	197,4		159,07		70,01		36,77	
F	208,89		159,71		82,44		51,87	

Fonte: Autor (2019).

A seguir, apresenta-se o Quadro 5 com o valor médio de cada espaçamento e o desvio relativo de cada medida, calculados a partir do Quadro 4.

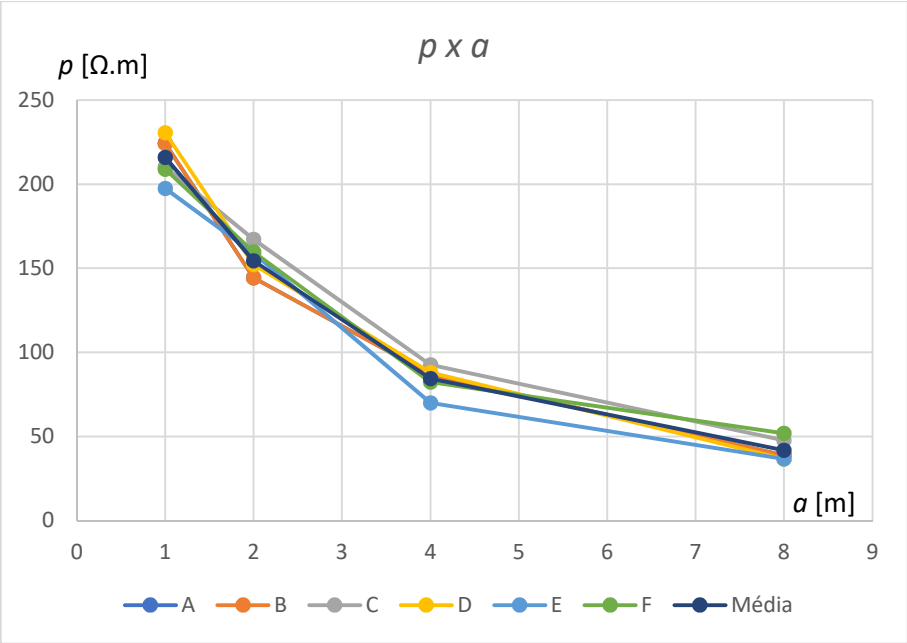
Quadro 5 - Desvio Relativo e Resistividade Média

Espaçamentos [m]		Desvio Relativo [%]						Resistividade
a	b	A	B	C	D	E	F	Média [Ω.m]
1	0,1	3,85	3,85	2,66	6,8	8,58	3,25	215,92
2	0,2	6,53	6,53	8,19	1,49	2,98	3,39	154,47
4	0,3	2,95	2,95	9,55	4,15	17,16	2,45	**84,51**
8	0,3	7,23	7,23	14,46	12,05	12,05	24,1	41,8
Nota: Caso alguma medida apresentasse desvio relativo acima de 50%, a mesma deveria ser desconsiderada e recalculada a média.								

Fonte: Autor (2019).

Nota-se que existe uma homogeneidade nos valores encontrados para a resistividade do solo, no qual foram realizadas as medições. A Figura 17 demonstra essa uniformidade dos valores.

Figura 17 - Curva *p* x *a*



Fonte: Autor (2019).

Dessa maneira, com base nos valores apresentados no Quadro 5, e as informações dispostas na equação 12, optou-se pela distribuição das hastes no sentido vertical. Assim, encontrou-se o valor de 37,14Ω como resistência para uma haste enterrada a 4m de profundidade.

$$R_{1haste} = \frac{84{,}51}{2 \times \pi \times 2{,}4} \times \ln \frac{4 \times 2{,}4}{0{,}0127} = 37{,}14\Omega \qquad (12)$$

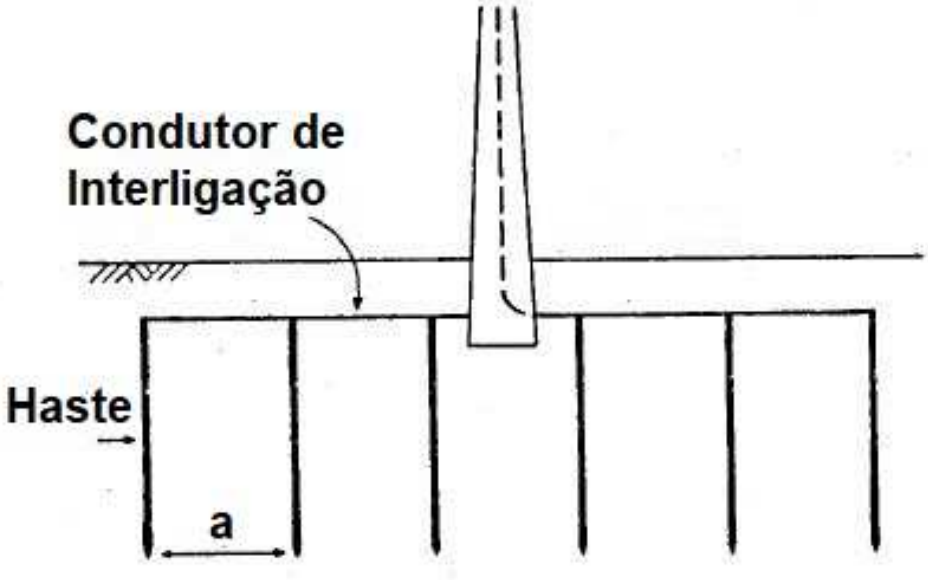
Estabelecendo como limite de resistividade do solo o valor de 10Ω, valor recomendado pela versão anterior da norma ABNT NBR 5419, e sabendo que a resistividade para uma haste possui o valor de 37,14Ω, foi possível determinar que para o projeto em questão são necessárias

5 hastes de comprimento de 2,4m e diâmetro de ½” com espaçamentos de 3m cada, conforme parâmetros obtidos pela equação 13 e informações contidas no Anexo S.

$$k = \frac{R_{eq}}{R_{1haste}} = \frac{10}{37,14} = 0,269 \quad (13)$$

Assim, haverá cinco hastes de aterramento alinhadas em paralelo, como exemplificado pela Figura 18, em material aço Copperwel enterradas na sua totalidade, interligadas com condutor de cobre nu 50mm², para onde deverão convergir os cabos de aterramento conforme indicação no projeto. Salienta-se, ainda que, no momento de execução do projeto, a resistência em relação a terra deve ser medida, e nunca ultrapassar o valor de 10Ω em qualquer época do ano.

Figura 18 – Hastes Alinhadas em Paralelo



Fonte: Kindemann (1998).

3. 3 ILUMINAÇÃO

Para o tema iluminação, inicialmente feito um levantamento das características físicas das instalações existentes na edificação, no qual compreende as partes de: estrutura do ambiente, informações das luminárias, lâmpadas e reatores existentes, horários de funcionamento, registros fotográficos e um diagnóstico do sistema de iluminação de toda a edificação da escola, a fim de saber a real potência instalada e as reais necessidades e condições da estrutura. Esse levantamento pode ser observado no Quadro 6.

Quadro 6 - Levantamento do sistema de iluminação

(continua)

Ambiente	Lâmpadas			Reatores		Potência Instalada [W]
	Tecnologia	Potência [W]	Quantidade	Potência [W]	Quantidade	
Brinquedoteca	FC 15w	15	3	0	0	45
	FT 2x32W	32	2	6	1	70
Corredor A	FT 2x32W	32	2	6	1	70
Corredor B	FT 2x32W	32	14	6	7	490
Corredor C	FT 2x32W	32	8	6	4	280
Corredor D	FT 2x32W	32	4	6	2	140
Corredor E	FC 15w	15	1	0	0	15
Cozinha	FT 2x32W	32	4	6	2	140
Depósito	FT 2x32W	32	4	6	2	140
Depósito Banda	FT 2x32W	32	2	6	1	70
Direção	FT 2x32W	32	8	6	4	280
Educação Física 01	FC 15w	15	2	0	0	30
Educação Física 02	FC 15w	15	2	0	0	30
Ginásio	VM 400W	400	22	34	22	9548
Pátio Coberto	VM 400W	400	18	34	18	7812
Refeitório	FT 2x32W	32	12	6	6	420
Saguão Ed. Física	FT 2x32W	32	12	6	6	420
Saguão Vestiários	FT 2x32W	32	2	6	1	70
Sala de aula 01	FT 2x32W	32	12	6	6	420
Sala de aula 02	FT 2x32W	32	14	6	7	490
Sala de aula 03	FT 2x32W	32	12	6	6	420
Sala de aula 04	FT 2x32W	32	14	6	7	490
Sala de aula 05	FT 2x32W	32	12	6	6	420
Sala de aula 06	FT 2x32W	32	10	6	5	350
Sala de aula 07	FT 2x32W	32	10	6	5	350
Sala de aula 08	FT 2x32W	32	10	6	5	350
Sala de Inf.	FT 2x32W	32	12	6	6	420
Sala de Leitura	FT 2x32W	32	12	6	6	420
Sala de Reforço	FT 2x32W	32	10	6	5	350
Sala de Vídeo	FT 2x32W	32	12	6	6	420
Sala dos prof.	FT 2x32W	32	12	6	6	420
Vestiário Feminino	FT 2x32W	32	4	6	2	140
Vestiário Masculino	FT 2x32W	32	4	6	2	140
WC	FT 2x32W	32	2	6	1	70
WC F	FT 2x32W	32	4	6	2	140
WC M	FT 2x32W	32	4	6	2	140

(conclusão)

Total Fluorescente Tubular	244	Potência Instalada [W]	26020
Total Fluorescente Compacta	8		
Total Vapor Metálico	40		

Fonte: Autor (2019).

Durante esse diagnóstico inicial, utilizou-se o aplicativo Medidor de Luz, do desenvolvedor O2 LED *Illumination*, para *Android*, a fim de estimar o fluxo luminoso presente nos recintos da escola. A escolha da utilização do aplicativo foi pela facilidade de utilização, uma vez que o *smartphone* faz-se presente no dia a dia das pessoas. Ainda, ao comparar os valores lidos dessa maneira, nota-se que os mesmos apresentaram valores próximos aos comparados com um Luxímetro digital. Conforme o cenário citado, foram efetuadas uma bateria de leituras, a fim de determinar o erro do aparelho e incluir o mesmo nos resultados lidos.

Assim, essa abordagem permitiu verificar que os níveis de iluminância, os quais atualmente apresentam valores abaixo dos recomendados por norma, como pode ser observado no Quadro 7, o que pode vir a ocasionar prejuízo no desenvolvimento das atividades no interior da escola.

Quadro 7 - Iluminância média Sala de Aula 01

Horário	Iluminância média medida [lux]
7h30min	266
9h30min	268
11h30min	275
13h30min	385
15h30min	1362
17h30min	1111
19h30min	212
21h00min	207
22h30min	195

Fonte: Autor (2019).

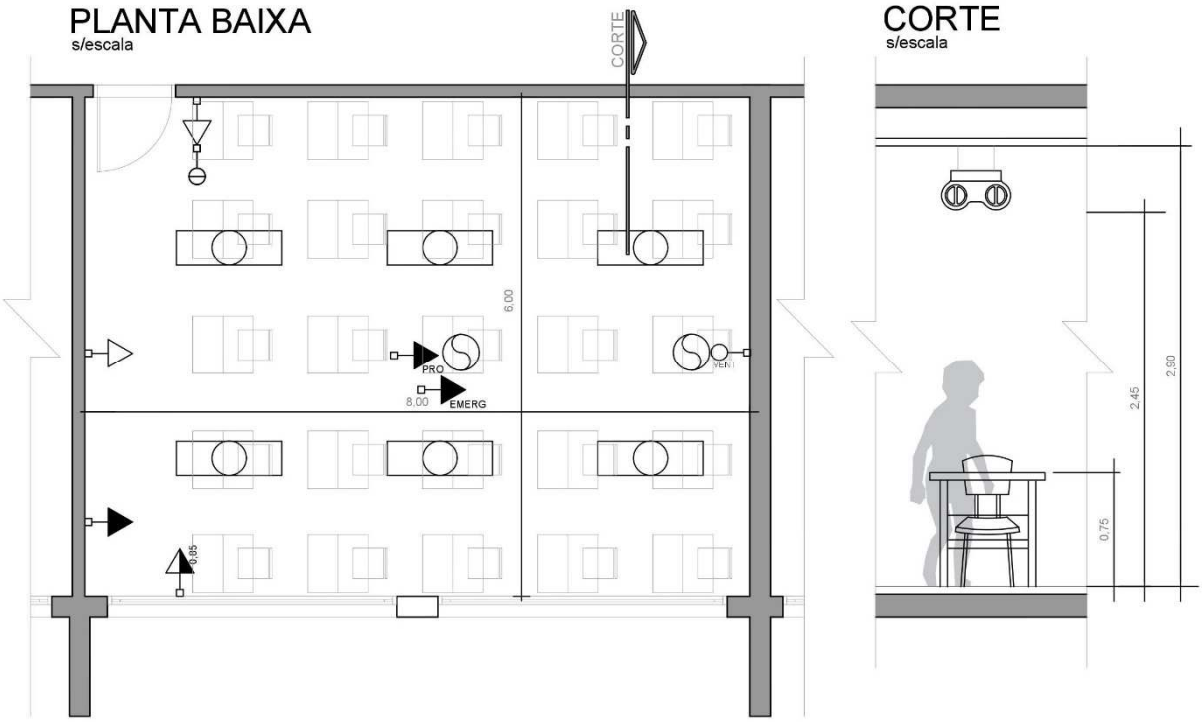
Além disso, como pode ser observado no Apêndice A, o layout das luminárias, e de todo sistema de iluminação possui disposições e orientações equivocadas, não usufruindo da melhor maneira possível o fluxo luminoso.

Diante do cenário citado, o projeto luminotécnico da edificação foi abordado pelo método dos lúmens, apresentado anteriormente, devido a esse método considerar a quantidade total de fluxo luminoso necessário para os diversos ambientes da escola, com base no tipo de atividade desenvolvida em cada recinto, conforme as prescrições da norma ABNT NBR 8995-1:2013.

Dessa maneira, para calcular o fluxo luminoso necessário para satisfazer as determinações da norma de cada ambiente, faz-se necessário calcular o Índice do recinto, com base nos valores de largura e comprimento do ambiente, assim como a altura na qual a luminária será instalada.

Para este estudo, foi escolhida a Sala de Aula 01, para servir de modelo para os cálculos do número de luminárias. As dimensões do ambiente em questão são: área 48 m², largura de 8m, comprimento de 6m, pé direito de 2,9m e altura da área de trabalho de 0,75m, como pode ser observado na Figura 19.

Figura 19 - *Layout* Sala de Aula 01



Fonte: Autor (2019).

Nesse ambiente serão instaladas as luminárias existentes, pendentes, fixadas a 2,45m do chão. Diante disso, o Índice do recinto é expressado pela equação 9.

$$K = \frac{8 \times 6}{(2{,}45 - 0{,}75) \times (8 + 6)} = 2.0168 \qquad (9)$$

Com base nesse valor, é possível encontrar o fator de utilização *u*, comparando-o aos valores pré-definidos nas tabelas disponibilizadas pelos fabricantes. Este valor, em épocas passadas, era condicionado ao tipo de luminária utilizada no recinto. Com o surgimento da tecnologia das lâmpadas de tubo LED, as luminárias passaram a exercer somente o papel de suporte para as lâmpadas. Dessa maneira, o valor do fator de utilização está atrelado diretamente à lâmpada que será utilizada no ambiente, dimensões do recinto e informações da pintura e condições das paredes, tetos e pisos.

Para os ambientes de ensino da escola, optou-se pela utilização das lâmpadas TUBO LED PRO PC e BULBO LED G5, com temperatura de cor branco neutro, já que se aconselha essa tonalidade para contribuir na redução da sonolência, aumentando, assim, a atenção dos alunos.

Os modelos citados são do fabricante Intral e a escolha das mesmas, justifica-se por apresentarem elevados valores de fluxo luminoso e eficiência, além de possuírem Selo Procel. Além disso, o próprio fabricante disponibiliza para seus clientes os testes fotométricos, no qual constam as tabelas do fator de utilização das lâmpadas LED, como pode ser observado na Figura 20.

Figura 20 – Fator de utilização

Refletância										
Teto	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0
Parede	0.7	0.5	0.3	0.7	0.5	0.3	0.7	0.5	0.3	0
Plano de Trabalho	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0
Índice do Recinto	Fator de utilização (percentual)									
k = 0.60	43	31	24	42	30	23	39	29	22	15
0.80	52	39	31	50	38	30	46	36	29	20
1.00	60	46	38	57	45	37	52	44	35	25
1.25	66	53	45	63	51	43	58	48	41	29
1.50	72	59	50	68	57	48	62	52	45	33
2.00	79	67	59	75	64	56	67	59	52	38
2.50	84	73	65	79	70	62	71	63	57	41
3.00	88	78	70	83	74	67	74	67	61	44
4.00	92	84	77	87	80	73	78	72	67	48
5.00	96	88	82	90	84	78	80	75	71	51
Índice do Recinto										
De acordo com DIN EN 13032-2 2004										

Fonte – Adaptado de INTRAL (2019).

Assim, levando em consideração que o ambiente apresenta teto na tonalidade branca, paredes médias e piso escuro, através da equação 24, por interpolação, entre os valores de K=2,00 e K=2,50, determinou-se o real valor do fator de utilização.

$$\frac{2-2{,}5}{0{,}67-0{,}73}=\frac{2-2{,}0168}{0{,}67-u}\quad u=0{,}672 \tag{24}$$

Com base nas informações contidas na Tabela 4, para Salas de aula noturnas, classes e educação, o fluxo luminoso necessário para que sejam desenvolvidas as atividades corretamente é de 500 Lux. Além disso, por tratar-se de um ambiente escolar, os ambientes são limpos regularmente, considera-se assim um valor de fator de depreciação de pelo menos 0,85.

Desse modo, com base na equação 8, o fluxo luminoso requerido para este ambiente é de 42016 lúmens.

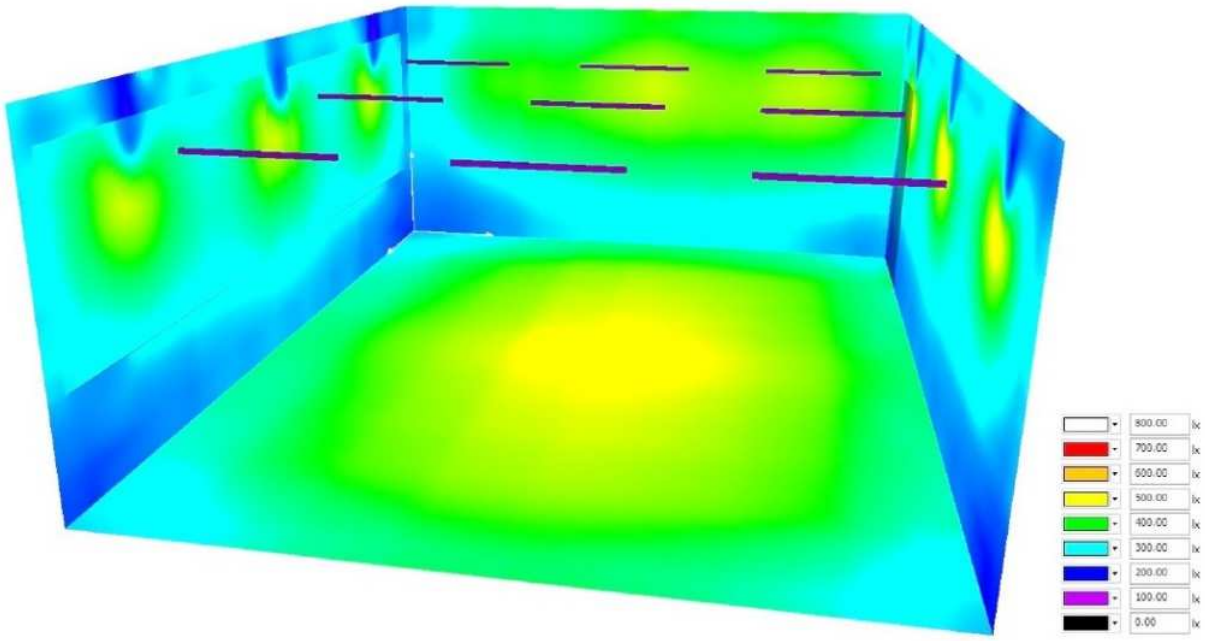
$$\emptyset = \frac{48 \times 500}{0{,}672 \times 0{,}85} = 42016\ lúmens \tag{8}$$

Portanto, como cada lâmpada TUBO LED PRO PC, apresenta um valor de fluxo luminoso de 2100 lm e o conjunto composto por duas dessas lâmpadas contidas em uma luminária possui 4200 lm, para este ambiente faz-se necessária a utilização de 10 luminárias, como pode ser observado na equação 10.

$$nl = \frac{42016}{4200} = 10{,}00 \tag{10}$$

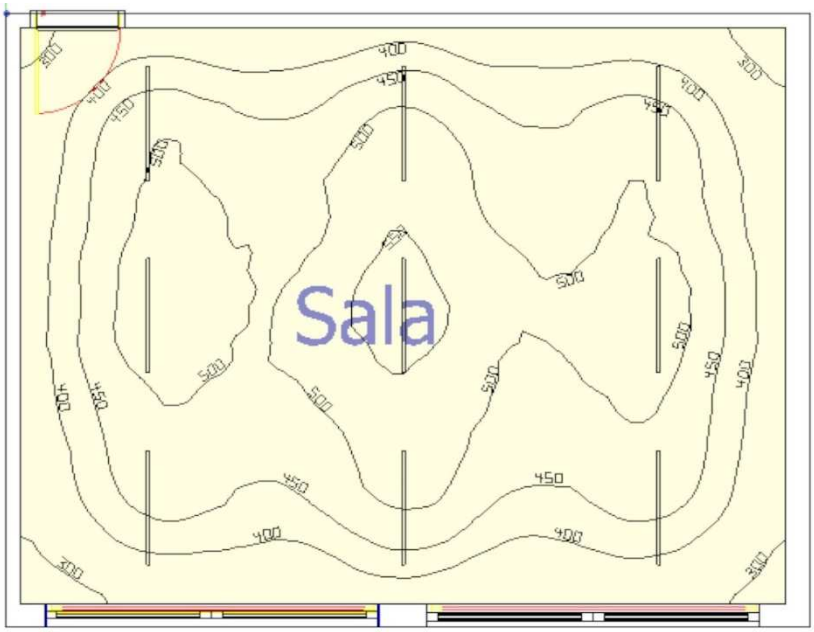
Para confirmação da veracidade das informações e análise visual dos resultados, foram simulados os ambientes da escola, no *software* DIALux, utilizando os arquivos das lâmpadas fornecidos pelo fabricante. Essas simulações permitem recriar as condições reais do ambiente, possibilitando a visualização do fluxo luminoso incidente no seu interior. Dessa maneira, as Figuras 21 e 22 demonstram as simulações elaboradas para o ambiente Sala de Aula 01, o qual possui características similares aos demais ambientes da escola.

Figura 21 - Simulação Sala de Aula 01, com lâmpada TUBO LED PRO PC



Fonte: Autor (2019).

Figura 22 - Curvas Isolux da simulação



Fonte: Autor (2019).

Nota-se que reduzindo o número de luminárias para nove, com a utilização de três linhas de luminárias, com três fileiras cada é possível satisfazer as determinações da norma, em praticamente toda a parte interna do ambiente, uma vez que o arquivo da lâmpada fornecido pelo fabricante apresenta o valor de 2119 lm por lâmpada. A fim de simplificar os cálculos, para os demais ambientes foi desenvolvido um algoritmo no *software* MATLAB. O mesmo calcula o número de luminárias ao ser alimentado com as informações do recinto, como pode ser observado no Apêndice B. Os resultados encontrados para os demais ambientes são expressados pelos Quadros 8 e 9.

Quadro 8 - Ambientes com refletâncias 852

(continua)

Ambiente	Iluminância conforme ABNR NBR 8995 [lux]	Luminárias						Dimensões do ambiente	Potência Instalada [W]
		Montagem	Temperatura de cor [k]	Fluxo Luminoso [lm]	Potência [W]	Quantidade calculada	Quantidade utilizada	(LxAxC)	
Brinquedoteca	300	LED 2x18	4000	4200	36	5,53	6	3,85x2,9x8,2	216
Corredor A	100	LED 1x18	4000	2100	18	2,71	3	6,25x2,9x3,25	54
Corredor B	100	LED 1x18	4000	2100	18	14,33	15	2,9x2,9x43,3	270

(continuação)

Corredor C	100	LED 1x18	4000	2100	18	10,26	11	30,75x2,9x2,85	198
Corredor D	100	LED 1x18	4000	2100	18	3,45	4	10,85x2,9x1,9	72
Corredor E	100	LED 1x18	4000	2100	18	1,81	2	1,35x2,9x6	36
Cozinha	500	LED 2x18	4000	4200	36	6,12	7	4,75x2,9x5,4	252
Depósito	100	LED 2x18	4000	4200	36	1,95	3	6,1x2,9x6	108
Depósito Banda	100	LED 2x18	4000	4200	36	1,25	2	6,35x2,9x2,65	72
Direção	500	LED 2x18	4000	4200	36	8,07	8	6,1x2,9x6	288
Educação Física 01	100	LED 2x18	4000	4200	36	0,74	1	2,61x2,9x3,05	36
Educação Física 02	100	LED 2x18	4000	4200	36	0,71	1	2,43x2,9x3,05	36
Refeitório	200	LED 2x18	4000	4200	36	8,57	9	13,9x3,15x8,2	324
Saguão Ed. Física	100	LED 2x18	4000	4200	36	4,93	7	15,1x2,9x8	252
Sala de aula 01	500	LED 2x18	4000	4200	36	10	9	8x2,9x6	324
Sala de aula 02	500	LED 2x18	4000	4200	36	10	9	6x2,9x8	324
Sala de aula 03	500	LED 2x18	4000	4200	36	10	9	6x2,9x8	324
Sala de aula 04	500	LED 2x18	4000	4200	36	10	9	6x2,9x8	324
Sala de aula 05	500	LED 2x18	4000	4200	36	9,59	9	7,6x2,9x6	324
Sala de aula 06	500	LED 2x18	4000	4200	36	9,29	9	7,3x2,9x6	324
Sala de aula 07	500	LED 2x18	4000	4200	36	9,59	9	7,6x2,9x6	324
Sala de aula 08	500	LED 2x18	4000	4200	36	9,39	9	7,4x2,9x6	324
Sala de Inf.	500	LED 2x18	4000	4200	36	10	9	8x2,9x6	324
Sala de Leitura	500	LED 2x18	4000	4200	36	10	9	8x2,9x6	324
Sala de Reforço	500	LED 2x18	4000	4200	36	6,38	6	4,5x2,9x6	216
Sala de Vídeo	500	LED 2x18	4000	4200	36	10	9	8x2,9x6	324
Sala dos prof.	300	LED 2x18	4000	4200	36	5,15	6	6,1x2,9x6,5	216

(conclusão)

WC F	200	LED 2x18	4000	4200	36	1,82	2	5,05x2,9x1,9	72
		LED 1x8,5	4000	810	8,5	4			34
WC M	200	LED 2x18	4000	4200	36	1,82	2	5,05x2,9x1,9	72
		LED 1x8,5	4000	810	8,5	3			25,5
Total de LÂMP. BULBO A60 E27 (03642)						7		Potência Instalada [W]	6413,5
Total de LÂMP. BL-168 HF 18W (09212)						353			

Fonte: Autor (2019).

Quadro 9 - Ambientes com refletâncias 872

Ambiente	Iluminância conforme ABNR NBR 8995 [lux]	Luminárias						Dimensões do ambiente	Potência Instalada [W]
		Montagem	Temperatura de cor [k]	Fluxo Luminoso [lm]	Potência [W]	Quantidade calculada	Quantidade utilizada	(LxAxC)	
Saguão Vestiários	100	LED 2x18	4000	4200	36	0,59	1	2,95x2,9x3,2	36
Vestiário Feminino	200	LED 2x18	4000	4200	36	175	2	4,3x2,9x3,9	72
		LED 1x8,5	4000	810	8,5	3			25,5
Vestiário Masculino	200	LED 2x18	4000	4200	36	1,75	2	4,3x2,9x3,9	72
		LED 1x8,5	4000	810	8,5	3			25,5
WC	200	LED 2x18	4000	4200	36	0,90	1	2,95x2,9x2,1	36
Total de LÂMP. BULBO A60 E27 (03642)						6		Potência Instalada [W]	267
Total de LÂMP. BL-168 HF 18W (09212)						12			

Fonte: Autor (2019).

Para os ambientes Pátio Coberto e Ginásio, por possuírem altura de pé direito mais elevado, e necessitarem de um pacote de fluxo luminoso maior, a estratégia abordada foi um pouco diferente. Segundo o PROCELINFO (2019b), a lâmpada LED homologada que possui o maior fluxo luminoso é modelo AL40362, do fabricante EMPALUX, com 4120 lm.

Para a aplicação da lâmpada anteriormente citada, seria necessária a utilização de mais de noventa unidades por ambiente, o que inviabiliza a sua escolha. Assim, optou-se pela

utilização de luminárias LED, do modelo Vesta, com fluxo luminoso de 20700 lm, também do fabricante Intral. Os resultados para esses ambientes são expressados pelo Quadro 10.

Quadro 10 - Ambientes com refletâncias 552

Ambiente	Iluminância conforme ABNR NBR 8995 [lux]	Luminárias						Dimensões do ambiente	Potência Instalada [W]
		Montagem	Temperatura de cor [k]	Fluxo Luminoso [lm]	Potência [W]	Quantidade calculada	Quantidade utilizada	(LxAxC)	
Pátio Coberto	300	LED 1x148W	5700	20700	148	13,48	15	31,5x7x22	2220
Ginásio	300	LED 1X148W	5700	20700	148	12,33	16	32,5x8x19,5	2368
Total de Luminárias LED (06977)						31		Potência Instalada [W]	4588

Fonte: Autor (2019).

Em comparação com o cenário atual, no projeto luminotécnico foi necessário aumentar o número de lâmpadas e luminárias para satisfazer principalmente as diretrizes impostas pela norma, aumentando, assim, o nível de iluminamento presente nos ambientes. Todavia, mesmo com esse acréscimo, nota-se que o valor total da potência instalada diminui cerca de 57%, nesse novo projeto do sistema de iluminação, além de aumentar a eficiência luminosa e a vida útil do mesmo.

3. 4 PROJETO DE INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Como descrito no capítulo 2 deste trabalho, a atual situação das instalações elétricas das escolas no âmbito nacional é preocupante. A infraestrutura elétrica da Escola Municipal de Ensino Fundamental 1º de Maio não possibilitava que fossem agregadas novas cargas. Além disso, é de conhecimento que a mesma pretende instalar aparelhos de ar-condicionado nas salas de aula, aumentando os valores de consumo e custo de energia.

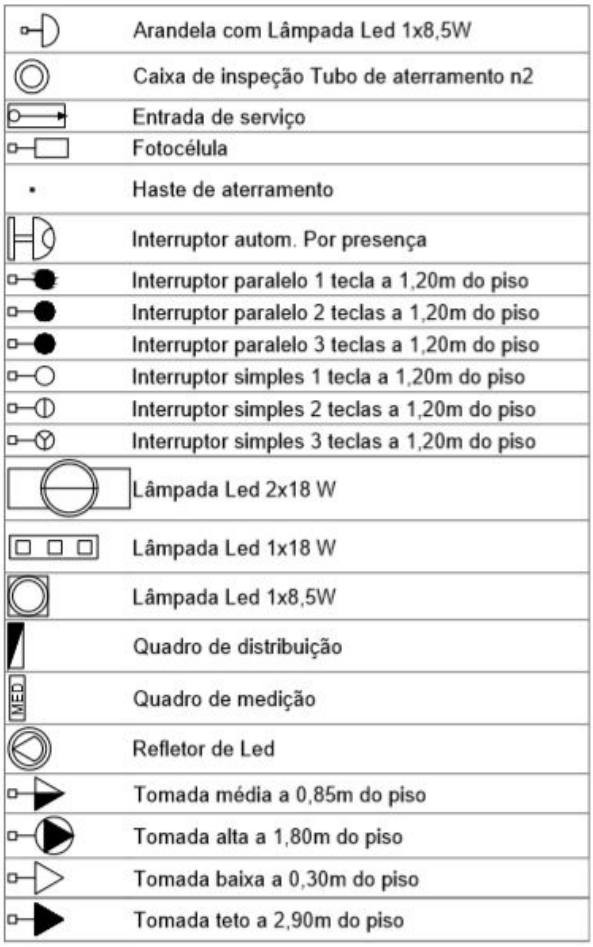
Dessa maneira, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um projeto de uma nova infraestrutura elétrica, uma vez que a estrutura como um todo estava defasada. Esse projeto foi concebido prevendo o aumento de carga, acarretado pela inserção de equipamentos de refrigeração nas salas de aula, além prever TUEs, nas situações necessárias e maior número de TUGs, para atender as necessidades diárias dos usuários.

Esse projeto ainda dispõe dos benefícios agregados pelos projetos de aterramento e luminotécnico abordados nas seções decorridas, no qual o primeiro atua agregando maior segurança, conforme apresentado anteriormente. Já o segundo, possibilitou modernização do sistema de iluminação e redução da potência instalada do mesmo, consequentemente diminuindo os gastos com energia e manutenção. Ainda, essa abordagem contribui para práticas de eficiência energética.

3.4.1 **Simbologia**

Para facilitar a interpretação dos materiais utilizados e eliminar dúvidas no decorrer da execução do projeto, foi desenvolvida uma legenda única para esse trabalho, uma vez que existem diferentes tipos de luminárias e tomadas que serão utilizadas em toda a edificação. Essa legenda pode ser observada pela Figura 23.

Figura 23 - Legenda do projeto



Fonte: Autor (2019).

3.4.2 **Previsão de carga do projeto**

Para a carga estimada no projeto, foi levado em consideração tanto o número, quanto a potência de lâmpadas, luminárias, TUGs e TUEs dispostas nos ambientes pertencentes a edificação. Através do projeto luminotécnico efetuado anteriormente, o número de lâmpadas e luminárias dispostas pela edificação expressa a potência destinada para essa utilização. Esses valores podem ser observados no Quadro 11.

Quadro 11 - Previsão de carga, projeto Luminotécnico

Tipo de lâmpada/luminárias	Quantidade	Potência unitária [W]	Potência Total [W]
BULBO A60 E27 (03642)	13	8,5	110,5
BL-168 HF 18W (09212)	365	18	6570
Luminárias LED (06977)	31	148	4588
Total	409	11268,5	

Fonte: Autor (2019).

Além desses valores, foram dispostas na área externa da edificação, sete arandelas com lâmpadas A60 (03642), acrescendo mais 59,5W, em relação à potência visualizada pelo projeto luminotécnico, totalizando 11.328W.

Já as tomadas de uso geral, foram dispostas pelos recintos conforme orientação da norma ABNT NBR 5410:2008. Nos ambientes de estudo, salas e áreas administrativas, foram espaçadas tomadas a cada cinco metros de fração de perímetro. Nos saguões e corredores, foi respeitada a orientação de, no mínimo, uma tomada. Na cozinha, o espaçamento ocorreu a cada três metros e meio do perímetro. Já nos demais ambientes foram espaçadas conforme necessidade.

Dessa maneira, o Quadro 12, apresenta a quantidade de tomadas dispostas pela edificação, com suas respectivas potências.

Quadro 12 - Previsão de carga, pontos de força

(continua)

Tomada [W]	Utilização	Quantidade	Potência Total [W]
100	TUG	154	15400
120	TUG	1	120
210	TUG	12	2520
600	TUG	11	6600
900	TUE - Micro-ondas	1	900
1500	TUE – Forno Elétrico	1	1500
2110	TUE – Ar-condicionado	4	8440

(conclusão)

2128	TUE – Ar-condicionado	3	6384
3160	TUE – Ar-condicionado	2	6320
5400	TUE – Chuveiro	2	10800
	Total	189	58984

Fonte: Autor (2019).

Ainda dentro deste contexto, foram previstos 4 circuitos reservas, de 1000W cada, totalizando 74.312W de potência instalada na edificação.

3.4.3 Previsão de demanda do projeto

Para realizar o dimensionamento foi necessário considerar fatores de demanda nos circuitos terminais. Esses fatores de demanda foram aplicados ao projeto, assim, foi possível determinar a potência aparente do mesmo.

Cada carga contém informações que foram aplicadas no dimensionamento dos circuitos terminais. O Quadro 13 especifica os fatores de demanda utilizadas para a carga estimada no projeto.

Quadro 13 - Fatores de demanda

Tipo de uso	Fator de demanda	Observação	Fonte
Iluminação/TUGS	1	Para os primeiros 12 kW	(CPFL, 2018)
	0,5	Para o excedente	
Chuveiros	1	Somente 2 unidades	
Ar-condicionado	1	Somente 9 unidades	

Fonte: Autor (2019).

Assim, os fatores de demanda aplicados para determinar a potência demandada pela edificação, pode ser observada na equação 01, calculada a partir dos valores de potência ativa e fator de potência, dos diversos circuitos e quadros, que compõem a edificação, os quais podem ser observados no Apêndice C.

$$D = 12 * 1 + 27.48 * 0{,}5 + 41{,}29 * 1 = 67{,}04\ [kVA] \quad (1)$$

3.4.4 Circuitos e Divisão da instalação

Para esta produção, foram dispostos Quadros de Distribuição (QD) individuais por recinto, salvo aqueles que são utilizados com menor frequência ou para as áreas comuns. Assim, os circuitos foram divididos por salas, facilitando o seccionamento em situações de falhas ou manutenções.

Diante disso, os circuitos foram divididos nos QDs separando os mesmo em: iluminação, tomadas de uso geral e tomadas de uso específico. Ainda dentro desse contexto, os

circuitos de iluminação, foram fracionados de forma que os recintos pudessem aproveitar da melhor maneira possível a contribuição de luz natural no decorrer dos dias.

Assim, conforme orientações do PBE EDIFICA (2016), através do Manual RTQ-C, as luminárias próximas às janelas foram adicionadas a um dispositivo de desligamento independente do restante, reduzindo a necessidade de iluminação artificial em momentos que a luz natural seja suficiente para suprir a iluminância necessária no plano de trabalho para o correto desenvolvimento das atividades escolares.

3.4.5 **Tipos de instalação e Condutos**

Através da norma ABNT NBR 5410:2008 e do Anexo A, foi determinada a Maneira de Instalar como B1 - condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira, uma vez que serão utilizados eletrodutos, e os mesmos serão instalados sobre o forro, para os pontos de iluminação e tomadas dos projetores. Já para os demais pontos de tomadas serão utilizados eletrodutos do tipo aparente em Policloreto de Vinila (PVC), fixados sobre a parede, assim como os conduletes de tomadas e interruptores conforme indicações observadas no projeto.

É importante observar que os eletrodutos sempre deverão ser instalados de modo a não formar cotovelos, uma vez que isso prejudica a posterior passagem dos condutores elétricos, além disso, em nenhuma hipótese são permitidas emendas dos condutores dentro do eletroduto.

3.4.6 **Condutores**

Os condutores adotados no projeto foram de material cobre, com tensão de isolamento 450/750V e 0,6/1kV, ambos com isolação PVC e características de não propagação e auto extinção do fogo, resistentes a temperaturas máximas de 70ºC em serviço contínuo, 100ºC em sobrecarga e 160ºC em curto-circuito, conforme orientações da norma ABNT NBR 5410:2008.

Durante a instalação, é importante que todas as linhas elétricas sejam identificados com anilhas, e numeradas conforme o número do circuito e seu respectivo Quadro de Distribuição, facilitando as manutenções futuras na instalação. Além disso, os condutores serão diferenciados conforme o seu uso final. Diante disso, o Quadro 14 específica as cores utilizadas para as diferentes aplicações dentro do projeto.

Quadro 14 - Cores dos condutores

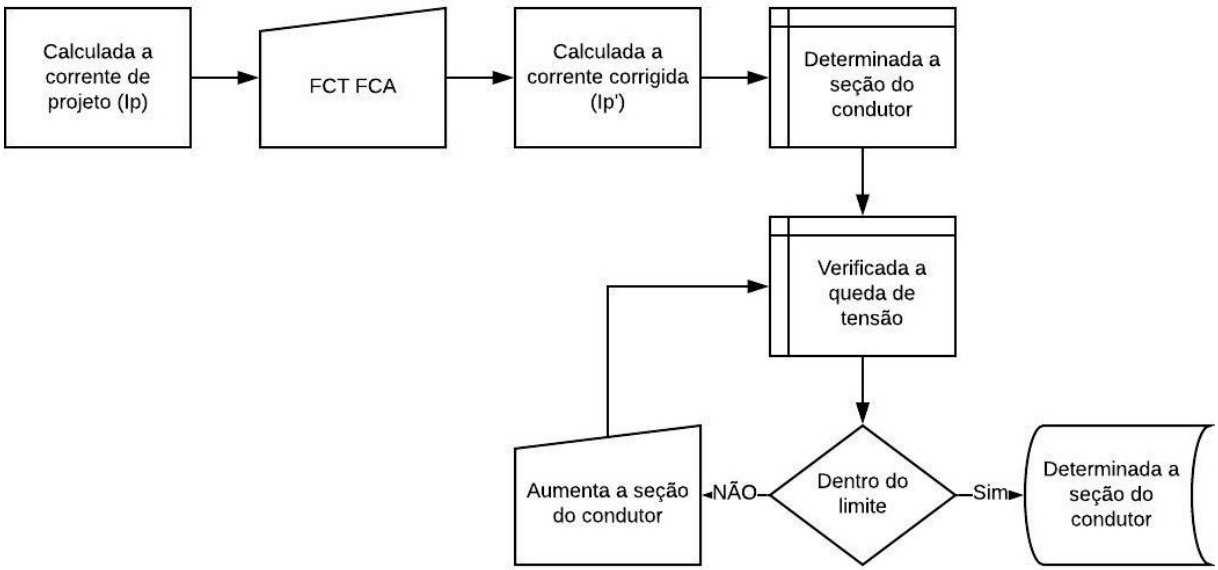
Aplicação	Cor
Fase R	Branco
Fase S	Preto
Fase T	Vermelho
Neutro	Azul-claro
Terra	Verde-amarelo
Retorno	Amarelo

Fonte: Autor (2019).

3.4.6.1 Dimensionamento dos Condutores

Como foi apresentado anteriormente no capítulo 2 desta produção, na seção 2.6.1, o dimensionamento dos circuitos baseia-se nas grandezas as quais os circuitos são submetidos. Conforme orientações da norma ABNT NBR 5410:2008, para os condutores de circuitos de força, foi adotada a bitola mínima de 2,5mm² e circuitos de iluminação 1,5mm². Todavia, foram calculadas as bitolas para os circuitos, verificando se era necessário que algum tivesse uma dimensão superior. Dessa maneira, o processo seguido para a determinação do dimensionamento dos condutores dos circuitos elétricos pode ser observado pela Figura 24.

Figura 24 – Dimensionamento dos Condutores



Fonte: Autor (2019).

Para fins de cálculos, a seguir é apresentado o passo a passo para obter a corrente do circuito do Ar-Condicionado do QD2, corresponde a Sala de Aula 01, expressada pela equação 02.

Ar-Condicionado $$I_{p1\emptyset} = \frac{3160}{220 \times 0{,}9 \times 1} = 15{,}95A \quad (2)$$

Para o projeto foi considerada uma temperatura média do ambiente de 30º e do solo de 20º. Esses elementos são utilizados para o cálculo do Fator de correção por temperatura. O FCT é utilizado no cálculo da corrente corrigida, utilizada para o dimensionamento da seção da fiação do circuito.

Outro fator levado em consideração foi o FCA, utilizado conforme orientações da norma ABNT NBR 5410:2008, uma vez que existe a possibilidade de em um mesmo conduto passarem condutores pertencentes a circuitos diferentes. Assim, a corrente corrigida pode ser observadas pela equação 06.

Ar-Condicionado $$I'_p = \frac{15{,}95}{1 \times 1} = 15{,}95A \quad (6)$$

Além da análise das correntes do projeto, verificou-se a queda de tensão parcial do circuito, calculada entre o quadro principal e a extremidade do circuito. Para essa abordagem, caso algum circuito apresente valores que ultrapassem os mencionados na seção 2.6.1.2, automaticamente é atribuído um valor de seção imediatamente superior ao definido pelo método da capacidade de condução de corrente, e recalculada a queda de tensão.

Assim, para o circuito analisado, obteve-se o valor da queda de tensão parcial, como pode ser observado pela equação 07.

$$\Delta V = \frac{200 \times 0{,}0178 \times 4{,}4 \times 16}{2{,}5 \times 220} = 0{,}45\ \% \quad (7)$$

Dessa maneira, como o valor da queda de tensão está dentro do limite, foi definido para o circuito a seção de 2,5mm², conforme definido pelo método B1 e Tabela 3. Nesse mesmo contexto, pode-se verificar as demais bitolas utilizadas nos diversos circuitos dos quadros de distribuição do projeto, bem como as correntes e quedas de tensão, através do Apêndice C.

3.4.7 **Proteção**

Para a proteção dos circuitos foram utilizados dispositivos que promovem a interrupção da passagem de corrente por meio de seu seccionamento. Dessa maneira, foi especificada a utilização de disjuntores unipolares e tripolares, termomagnéticos, uma vez que esses dispositivos protegem os circuitos de correntes de curto circuitos e de sobrecarga. Assim, as correntes nominais desses dispositivos foram determinadas com base na corrente de projeto do circuito, e a capacidade de condução das correntes nas condições prescritas na Tabela 3. Dessa maneira, o Quadro 15 apresenta os disjuntores utilizados para a proteção geral de cada Quadro da edificação.

Quadro 155 - Disjuntor de proteção por QD

Quadro	Proteção (A)
QGBT1	63
QGBT2	50
QGBT3	25
QGBT4	63
QD1	10
QD2	16
QD3	10
QD4	25
QD5	10
QD6	16
QD7	16
QD8	16
QD9	16
QD10	10
QD11	16
QD12	16
QD13	16
QD14	16
QD15	10
QD16	10
QD17	16
QD18	25

Fonte: Autor (2019).

Outro dispositivo proposto para prover proteção foi o DR, aplicado em cada quadro e nos circuitos que possuem pontos de utilização com áreas molhadas, tomadas externas ou que possam servir de utilização para alimentar equipamentos em áreas externas, conforme orientações da ABNT NBR 5410:2008. Assim, esses equipamentos foram dispostos de modo a proteger determinados grupos de circuitos, a fim de promover proteção em caso de choques elétricos acidentais. Dessa maneira, os DR's especificados são bipolares e tetrapolares com tensão de 220V e 380V respectivamente, com corrente de disparo de no mínimo de 30mA.

Além dos dois dispositivos anteriormente citados foi especificada a utilização de DPS de 275 V - 80 kA classe II, para proteger as instalações elétricas e equipamentos contra picos de tensão, geralmente ocasionados por descargas atmosféricas na rede de distribuição de energia elétrica. Esses dispositivos foram dispostos nos quadros de distribuição, instalados entre fase e terra. A especificação de todos os materiais necessários para a implementação do projeto pode ser observada no Apêndice D.

3. 5 CUSTOS

Os custos oriundos das diversas etapas desta produção foram elencados para que fosse feita uma prévia orçamentária da concepção do mesmo. Nessa etapa foram considerados desde materiais, mão de obra, descarte e serviços especiais. Esse orçamento pode ser visualizado no Quadro 16.

Quadro 166 - Previsão orçamentária

Serviço		Referência		Valor
Projeto	Desenvolvimento	Sindicato dos Engenheiros do RS	SENGE RS (2019)	R$ 18.116,75
Mão de obra	Desmontagem	Picktron Soluções	Anexo T	R$ 7.320,00
	Execução do Projeto elétrico			R$ 42.080,00
Descarte	Lâmpadas + reatores	Recilux Reciclagem de Lâmpadas	Anexo U	R$ 1.443,00
Lâmpadas	Lâmpadas LED, tubulares e bulbo + Luminárias	Delbra Representações LTDA	Anexo V	R$ 35.433,60
Materiais	Demais componentes da instalação.	Trento Comercial Elétrica e Hidráulica	Anexo W	R$ 42.582,86
Serviços especiais	Aluguel de máquina para escavo	Oliboni Escavações	Anexo X	R$ 500,00
			Total	R$147.476,21

Fonte: Autor (2019).

Assim, nesta etapa foram relacionados os custos conforme a quantidade de itens consequentes do projeto, com base no levantamento da quantidade de condutores, conexões, eletrodutos, lâmpadas, luminárias, descarte, instalações, aluguel de maquinário e outros aspectos relevantes a esse projeto. Dessa maneira, foi possível obter o valor a ser desembolsado para a possível execução de toda ou parte dela.

3. 6 PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

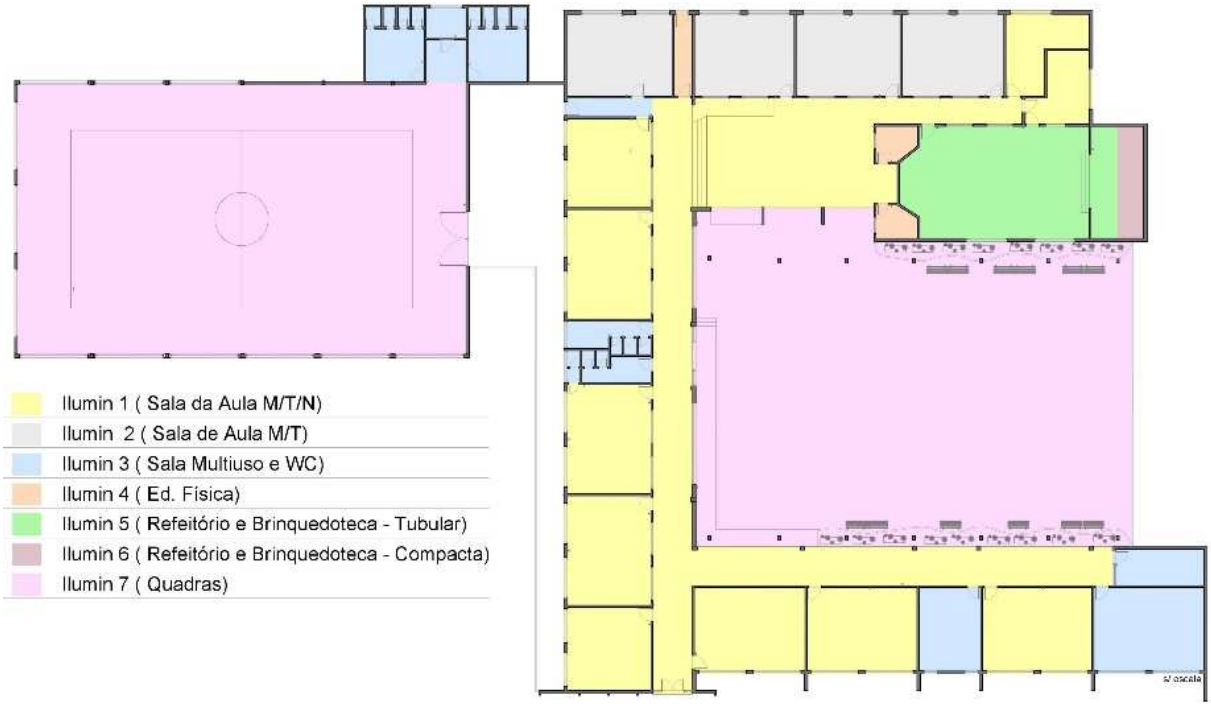
O projeto visou elaborar um plano de eficiência energética com foco na iluminação, prevendo a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas com maior vida útil e rendimento, todas em tecnologia LED, buscando economia de energia e menores custos de manutenção.

Dessa maneira, para um melhor desenvolvimento do projeto e, consequentemente, a posterior apresentação do mesmo para chamadas públicas, a concessionária local, RGE Sul, fornece aos interessados a Planilha de detalhamento do Projeto e da Relação Custo Benefício (RCB), utilizada no detalhamento físico - financeiro das propostas que serão submetidas aos editais.

Assim, o projeto de eficiência energética foi abordado a partir do preenchimento da planilha fornecida, considerando as características de utilização da energia no ambiente, para que assim, no que diz respeito ao levantamento, a escola estivesse apta a participar de chamadas públicas, com o intuito de que o poder público conseguisse recursos para a implementação do projeto sem a necessidade de dispor de investimentos próprios.

O preenchimento foi feito a partir da avaliação da comparação do sistema atual de iluminação com o seu respectivo sistema proposto, considerando a potência de lâmpadas e reatores dos ambientes, tempo de utilização, diário e anual, na ponta e fora da ponta, para cada ambiente, ou conjunto de ambientes com as mesmas características. Dessa maneira, foram divididos os recintos conforme Figura 25

Figura 25 – Zoneamento dos ambientes



Fonte: Autor (2019).

Através do preenchimento da planilha, apresentam-se os resultados esperados com base nos valores fornecidos, diminuindo o valor de energia consumida por ano de 21,46 MWh/ano para 10,1 MWh/ano, cerca de 53% de redução, como pode ser observado na Figura 26.

Figura 26 – Levantamento das características dos ambientes

ILUMINAÇÃO - SISTEMA ATUAL - EX ANTE												
					TOTAL	ilumin 1	ilumin 2	ilumin 3	ilumin 4	ilumin 5	ilumin 6	ilumin 7
1	Tipo de equipamento / tecnologia					FT 2x32W	FT 2x32W	FT 2x32W	Fc 1x15W	FT 2x32W	Fc 1x15W	Fc 1x400W
2	Lâmpadas	Potência	W	pla_i	558,00	32	32	32	15	32	15	400
3		Quantidade		qla_i	292	144	42	44	5	14	3	40
2	Reatores	Potência	W	pra_i	34,00	0	0	0	0	0	0	34
3		Quantidade		qra_i	162	72	21	22	0	7	0	40
4	Potência instalada		kW	Pa_i	25,29	4,61	1,34	1,41	0,08	0,45	0,05	17,36
5	Tempo de utilização do sistema, em um dia		h/dia			10,00	7,00	2,50	1,50	3,50	3,50	2,50
	Dias de utilização do sistema, em um ano		dia/ano			195,00	214,50	214,50	214,50	214,50	214,50	214,50
	Funcionamento		h/ano	ha_i		1.950,00	1.501,50	536,25	321,75	750,75	750,75	536,25
6	Horas de utilização em horário de ponta, em um dia		h/dia	$nupa_i$		3,00	0,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00
	Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês		dia/mês	nda_i		16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
	Meses de utilização em horário de ponta, em um ano		mês/ano	nma_i		9,75	9,75	9,75	9,75	9,75	9,75	9,75
	Potência média na ponta		kW	da_i	10,05	2,72	0,00	0,28	0,01	0,18	0,02	6,84
	Fator de coincidência na ponta			$FCPa_i$		0,59	0,00	0,20	0,20	0,39	0,39	0,39
7	Energia consumida		MWh/ano	Ea_i	21,46	8,99	2,02	0,76	0,02	0,34	0,03	9,31
8	Demanda média na ponta		kW	Da_i	10,05	2,72	0,00	0,28	0,01	0,18	0,02	6,84

ILUMINAÇÃO - SISTEMA PROPOSTO - EX ANTE												
					TOTAL	ilumin 1	ilumin 2	ilumin 3	ilumin 4	ilumin 5	ilumin 6	ilumin 7
11	Tipo de equipamento / tecnologia					TB LED	TB LED	TB LED	Bulbo LED	TB LED	Bulbo LED	Vesta 148W
12	Lâmpadas	Potência	W	plp_i	237,00	18	18	18	8,5	18	8,5	148
13		Quantidade		qlp_i	292	144	42	44	5	14	3	40
12	Reatores	Potência	W	prp_i	0,00	0	0	0	0	0	0	0
13		Quantidade		qrp_i	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Potência instalada		kW	Pp_i	10,38	2,59	0,76	0,79	0,04	0,25	0,03	5,92
15	Tempo de utilização do sistema, em um dia		h/dia			10,00	7,00	2,50	1,50	3,50	3,50	2,50
	Dias de utilização do sistema, em um ano		dia/ano			195,00	214,50	214,50	214,50	214,50	214,50	214,50
	Funcionamento		h/ano	hp_i		1.950,00	1.501,50	536,25	321,75	750,75	750,75	536,25
16	Horas de utilização em horário de ponta, em um dia		h/dia	$nupp_i$		3,00	0,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00
	Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês		dia/mês	ndp_i		16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
	Meses de utilização em horário de ponta, em um ano		mês/ano	nmp_i		9,75	9,75	9,75	9,75	9,75	9,75	9,75
	Potência média na ponta		kW	dp_i	4,14	1,53	0,00	0,16	0,01	0,10	0,01	2,33
	Fator de coincidência na ponta			$FCPp_i$		0,59	0,00	0,20	0,20	0,39	0,39	0,39
17	Energia consumida		MWh/ano	Ep_i	10,01	5,05	1,14	0,42	0,01	0,19	0,02	3,17
18	Demanda média na ponta		kW	Dp_i	4,14	1,53	0,00	0,16	0,01	0,10	0,01	2,33

ILUMINAÇÃO - RESULTADOS ESPERADOS - EX ANTE												
					TOTAL	ilumin 1	ilumin 2	ilumin 3	ilumin 4	ilumin 5	ilumin 6	ilumin 7
21	Redução de demanda na ponta		kW	RDP_i	5,91	1,19	0,00	0,12	0,01	0,08	0,01	4,51
22	**Custo evitado de demanda (CED) =**	**1.008,42**	%	RDP_i,%	58,82%	43,75%	0,00%	43,75%	43,33%	43,75%	43,33%	65,90%
23	Energia economizada		MWh/ano	EE_i	11,45	3,93	0,88	0,33	0,01	0,15	0,01	6,13
24	**Custo da energia evitada (CEE) =**	**544,00**	%	EE_i,%	53,36%	43,75%	43,75%	43,75%	43,33%	43,75%	43,33%	65,90%
	Benefício anualizado iluminação - Ex ante		R$	B_{ILUM}	12.189,87	3.339,88	480,29	302,05	12,14	157,91	15,71	7.881,89

Fonte: Autor (2019).

Ao analisar a Figura 26, nota-se que o tempo de utilização das lâmpadas dos recintos da escola possuem valores diferentes daqueles atribuídos como padrão de funcionamento pela direção escolar. Esse fato justifica-se pelo motivo de que em alguns ambientes existem lâmpadas queimadas e circuitos que não são acionados, devido a incidência de luz presente nas salas durante o dia, assim como ocorre no pátio coberto, ambiente que possui maior pé direito e não apresenta paredes laterais, fazendo com que a luz solar incida no seu interior.

Dessa maneira, outra etapa considerada é a de custos diretos e indiretos relacionados ao projeto. Nela são elencados os valores unitários das lâmpadas[14], que serão utilizadas para substituição do atual sistema de iluminação, vida útil, determinada a partir dos dados fornecidos pelos fabricantes e horas de utilização preenchidas na etapa anterior, custos dos acessórios, mão de obra, treinamentos e capacitação, além dos valores considerados para descartes do material substituído.

Além disso, nessa etapa também são considerados os custos referentes a medição e verificação, na qual é necessária a instalação de equipamentos como horímetros, medidores e

[14] Em projetos submetidos as chamadas públicas, somente são aceitas lâmpadas que possuírem selo Procel. Dessa maneira, as lâmpadas referenciadas anteriormente se encaixam nesse perfil.

analisadores de energia. Esses equipamentos são utilizados a fim de comprovar o real tempo de funcionamento dos equipamentos, estabelecer um padrão de acionamentos e verificar o tempo de utilização do sistema de iluminação, uma vez que em alguns casos os horários de utilização dos equipamentos podem apresentar valores diferentes do horário de funcionamento de uma determinada edificação, como citado anteriormente.

Assim, a avaliação dos resultados energéticos de ações de eficiência energética passam, necessariamente, por essas medições de campo. Com isso, faz-se necessário que as medições sejam efetuadas no cenário atual estimando o consumo da instalação antiga nas condições atuais e após a intervenção. Dessa maneira, a Figura 27 expressa a relação de custos consequentes do projeto.

Figura 27 – Custos diretos e indiretos[15]

ILUMINAÇÃO - EX ANTE						
CUSTOS DIRETOS - EX ANTE						
MATERIAIS E EQUIPAMENTOS					ORIGEM DOS RECURSOS	
	Materiais e equipamentos	Vida útil	Quantidade	Preço unitário	Próprios (PEE)	Custo total
1	BULBO LED	12,50	5	R$ 12,39	R$ 61,95	R$ 61,95
2	BULBO LED	16,65	3	R$ 12,39	R$ 37,17	R$ 37,17
3	TUBO LED	46,62	144	R$ 32,59	R$ 4.692,96	R$ 4.692,96
4	TUBO LED	77,70	42	R$ 32,59	R$ 1.368,78	R$ 1.368,78
5	TUBO LED	33,30	44	R$ 32,59	R$ 1.433,96	R$ 1.433,96
6	TUBO LED	33,30	14	R$ 32,59	R$ 456,26	R$ 456,26
7	LUMINARIA LED	20,00	40	R$ 751,28	R$ 30.051,20	R$ 30.051,20
	Acessórios	20,00	292	R$ 8,00	R$ 2.336,00	R$ 2.336,00
	Sub total - Materiais e equipamentos iluminação				R$ 40.438,28	R$ 40.438,28
MÃO DE OBRA					ORIGEM DOS RECURSOS	
	Mão de obra de terceiros	Quantidade	Horas	Valor da hora	Próprios (PEE)	Custo total
1	Diagnostico energetico	1	1	R$ 12.000,00	R$ 12.000,00	R$ 12.000,00
2	Relatorios finais	1	1	R$ 5.000,00	R$ 5.000,00	R$ 5.000,00
3	Gestão e acompanhamento	1	1	R$ 5.000,00	R$ 5.000,00	R$ 5.000,00
4	Mão de obra para implementação	1	1	R$ 8.120,00	R$ 8.120,00	R$ 8.120,00
	Sub total - Mão de obra de terceiros iluminação				R$ 30.120,00	R$ 30.120,00
	Sub total - Mão de obra iluminação				R$ 30.120,00	R$ 30.120,00
OUTROS CUSTOS DIRETOS					ORIGEM DOS RECURSOS	
	Outros custos diretos		Quantidade	Preço unitário	Próprios (PEE)	Custo total
1					R$ -	R$ -
	Outros custos diretos				R$ -	R$ -
	Sub total - Outros custos diretos iluminação				R$ -	R$ -
	Sub total - Custos diretos iluminação				R$ 70.558,28	R$ 70.558,28
CUSTOS INDIRETOS - EX ANTE						
CUSTOS INDIRETOS					ORIGEM DOS RECURSOS	
	Treinamento e capacitação		Quantidade	Preço unitário	Próprios (PEE)	Custo total
1	Treinamento e capacitação		1	R$ 4.500,00	R$ 4.500,00	R$ 4.500,00
	Treinamento e capacitação				R$ 4.500,00	R$ 4.500,00
	Descarte de materiais				R$ 1.443,00	R$ 1.443,00
	Medição e verificação				R$ 4.450,00	R$ 4.450,00
	Outros custos indiretos		Quantidade	Preço unitário	Próprios (PEE)	Custo total
1					R$ -	R$ -
	Outros custos indiretos				R$ -	R$ -
	Sub total - Custos indiretos iluminação				R$ 10.393,00	R$ 10.393,00
	Sub total - Custos iluminação - Ex ante				R$ 80.951,28	R$ 80.951,28

Fonte: Autor (2019).

[15] Os orçamentos referentes aos custos diretos e indiretos ainda não apresentados, como no caso da mão de obra, treinamento e capacitação, medição e verificação, podem ser observados nos Anexos Y e Z respectivamente.

Em seguida, foi analisado o custo contábil de acordo com os valores provenientes das etapas anteriormente preenchidas, a partir do valores de custos diretos e indiretos, comparando os resultados obtidos com os seus limitadores previamente estabelecidos para os projetos de eficiência energética. Assim, essa comparação pode ser visualizada na Figura 28.

Figura 28 – Custos totais

TIPO DE CUSTOS - EX ANTE		CUSTOS TOTAIS		ORIGEM DOS RECURSOS		
		R$	%	Recursos próprios PEE	Recursos de terceiros	Recursos do consumidor
CUSTOS DIRETOS - EX ANTE						
Materiais e equipamentos	Previsto	R$ 40.438,28	44,19%	R$ 40.438,28	R$ -	R$ -
Mão de obra própria	Previsto	R$ 3.600,06	3,93%	R$ 3.600,06	R$ -	R$ -
Mão de obra de terceiros	Previsto	R$ 30.120,00	32,91%	R$ 30.120,00	R$ -	R$ -
Transporte	Previsto	R$ 360,01	0,39%	R$ 360,01	R$ -	R$ -
Outros custos diretos	Previsto	R$ -	0,00%	R$ -	R$ -	R$ -
Total custos diretos	**Previsto**	**R$ 74.518,35**	**81,43%**	**R$ 74.518,35**	**R$ -**	**R$ -**
CUSTOS INDIRETOS - EX ANTE						
Marketing	Previsto	R$ 3.600,06	3,93%	R$ 3.600,06	R$ -	R$ -
Treinamento e capacitação	Previsto	R$ 4.500,00	4,92%	R$ 4.500,00	R$ -	R$ -
Descarte de materiais	Previsto	R$ 1.443,00	1,58%	R$ 1.443,00	R$ -	R$ -
Medição e verificação	Previsto	R$ 4.450,00	4,86%	R$ 4.450,00	R$ -	R$ -
Auditoria contábil	Previsto	R$ 3.000,00	3,28%	R$ 3.000,00	R$ -	R$ -
Outros custos indiretos	Previsto	R$ -	0,00%	R$ -	R$ -	R$ -
Total custos indiretos	**Previsto**	**R$ 16.993,06**	**18,57%**	**R$ 16.993,06**	**R$ -**	**R$ -**
CUSTO TOTAL DO PROJETO - EX ANTE	**PREVISTO**	**R$ 91.511,41**	**100,00%**	**R$ 91.511,41**	**R$ -**	**R$ -**

VALORES LIMITE PARA O PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	LIMITADOR	VALOR
Marketing / Custo total do projeto de eficiência energética	5,00%	3,93%
Mão de obra Própria / Custo total do projeto de eficiência energética	5,00%	3,93%
Treinamento e capacitação / Custo total do projeto de eficiência energética	5,00%	4,92%
Medição e verificação / Custo total do projeto de eficiência energética	5,00%	4,86%
Transporte/ Custo total do projeto de eficiência energética	0,50%	0,39%

Fonte: Autor (2019).

Cumprida todas essas etapas, com o devido atendimento dos limites definidos pela concessionária, a Figura 29 revela o valor do RCB do projeto de eficiência energética, por uso final, encontrado a partir dos valores do Custo anualizado total e do Benefício anualizado.

Figura 29 – RCB por uso final

CÁLCULO DA RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO - EX ANTE									
Uso final	EE Energia economizada MWh/ano	RDP Redução de demanda na ponta kW	CA_{T_PEE} Custo anualizado PEE	BA Benefício anualizado	RCB_{PEE} Por uso final PEE	$RCB_{EX_ANTE_PEE}$	CA_{T_TOTAL} Custo anualizado total	RCB_{TOTAL} Por uso final total	$RCB_{EX_ANTE_TOTAL}$
Iluminação	11,45	5,91	R$ 8.985,40	R$ 12.189,87	0,74	0,74	R$ 8.985,40	0,74	0,74
Condicionamento ambiental	0,00	0,00	R$ -	R$ -	0,00		R$ -	0,00	
Sistemas motrizes	0,00	0,00	R$ -	R$ -	0,00		R$ -	0,00	
Sistemas de refrigeração	0,00	0,00	R$ -	R$ -	0,00		R$ -	0,00	
Aquecimento solar de água	0,00	0,00	R$ -	R$ -	0,00		R$ -	0,00	
Sistema Fotovoltaico	0,00	0,00	R$ -	R$ -	0,00		R$ -	0,00	
Outros	0,00	0,00	R$ -	R$ -	0,00		R$ -	0,00	
Total	**11,45**	**5,91**	**R$ 8.985,40**	**R$ 12.189,87**	**0,74**		**R$ 8.985,40**	**0,74**	

VALORES LIMITES DE RCB PARA O PROJETO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	LIMITADOR
Fundo Perdido	0,75
Contrato de Desempenho	0,85
Investimento em Fonte Incentivada > 50%	0,95

Fonte: Autor (2019).

Assim, o resultado final é a escolha por parte da concessionária, dos melhores projetos sob a ótica da RCB, cujos parâmetros foram atendidos, elaborado a partir dos resultados dos sistemas energéticos eficientizados.

4 RESULTADOS

O resultado macro desta produção é o projeto da instalação elétrica que pode ser observado no Apêndice E, no qual estão expressados os resultados finais dos diversos métodos e processos percorridos em cada etapa. A partir desse projeto, é possível visualizar a planta baixa, na qual se encontram os inúmeros pontos de utilização, sejam eles de força, luz ou outra aplicação, traçado dos condutos e condutores, posicionamento dos dispositivos de proteção, diagrama unifilar com seus respectivos quadros subordinados, diagrama multifilar, quadros de cargas, lista de materiais e legenda do projeto.

Em um projeto de instalações elétricas, nem sempre são perceptíveis de forma direta os benefícios tangíveis. Porém, há diversos benefícios intangíveis que foram alcançados por esta produção, em virtude do atual sistema elétrico da edificação estar defasado, seja pela própria ação do tempo, por ampliações, manuseios de forma equivocada ou até mesmo pela falta de manutenção adequada.

Através do novo projeto da instalação elétrica, os problemas presentes na edificação relacionados ao aumento de carga foram solucionados, permitindo, que de forma segura, sejam agregados os dispositivos de refrigeração que estão em pauta para aquisição por parte da escola e do município. Também foram dispostos circuitos reservas, os quais podem ser utilizados para ampliações do sistema, inserção de dispositivos de monitoramento e segurança, ou outra aplicação que possa vir a surgir.

Dessa maneira, as Figuras 30 e 31 apresentam o *layout* projetado, simulado através do *software* Promob, no qual expressa o resultado esperado para uma sala de aula padrão da escola, a partir dos métodos adotados e propostos no decorrer dessa produção. Assim, essa simulação atua permitindo que de forma visual se observe o traçado dos condutos, posicionamentos de luminárias, tomadas, interruptores e quadros de distribuição, além dos seus quantitativos, características do ambiente e do sistema como um todo proposto para os recintos da edificação escolar.

Figura 30 – Perspectiva 1

Fonte: Autor (2019).

Figura 31 - Perspectiva 2

Fonte: Autor (2019).

Ainda, através do projeto da nova infraestrutura elétrica, o sistema como um todo, adquiriu maior confiabilidade, uma vez que os dispositivos de proteção utilizados em toda edificação irão proteger os usuários dos riscos de choque elétrico, e também dos perigos relacionados a incêndios provenientes das fiações elétricas, mesmo que através do cálculo do

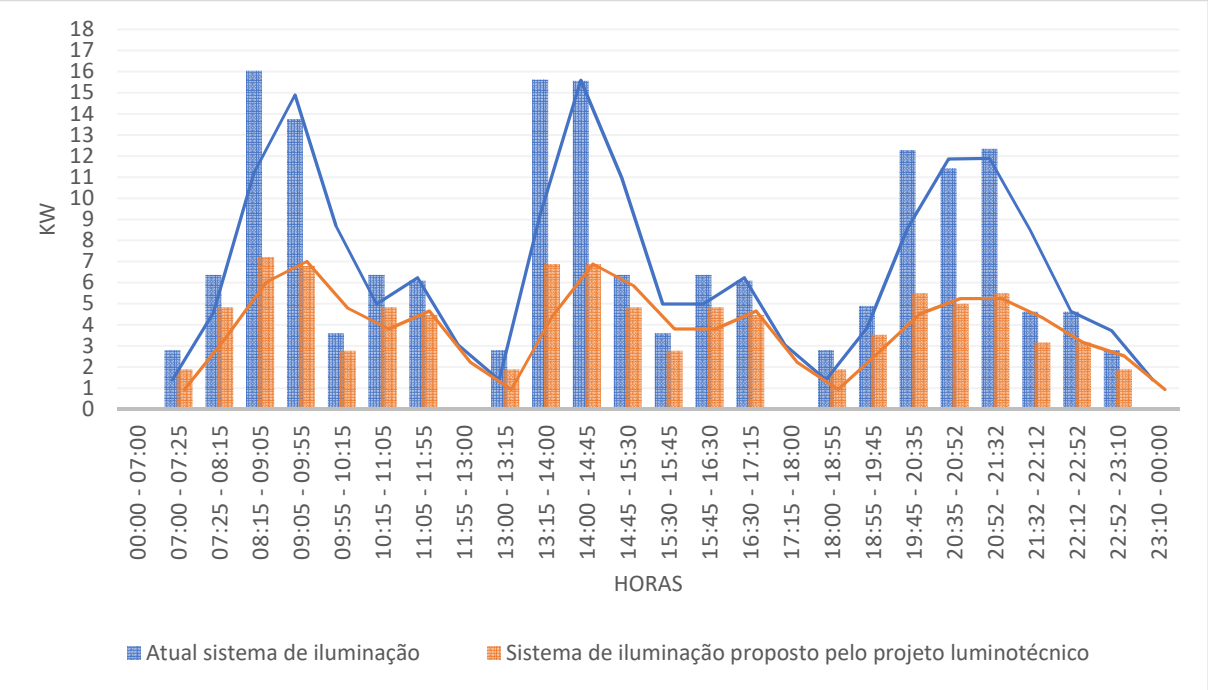
gerenciamento de riscos não tenha sido constatada a necessidade de elaboração de um projeto de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas.

O projeto do aterramento elétrico combinado buscou elevar ainda mais esses valores de confiabilidade do sistema, garantindo a segurança dos usuários, uma vez que o mesmo estará permanentemente incluindo a terra no percurso entre uma corrente de fase e as massas da edificação, limitando os valores de corrente em virtude da resistência de terra.

Outro benefício agregado por esta produção se deu através do projeto luminotécnico desenvolvido para edificação, no qual o mesmo buscou garantir primeiramente que fosse melhorado o nível de iluminamento médio nas salas de aula, garantindo que os níveis determinados por norma fossem alcançados, os quais não eram atendidos anteriormente devido as tecnologias obsoletas, orientações, dimensionamentos e posicionamentos equivocados.

Além disso, ficou evidenciado no decorrer do desenvolvimento desta produção as vantagens proporcionadas pela utilização das lâmpadas LED, em relação as fluorescentes, ao comparar os valores de potência instalada, vida útil, custos relacionados com manutenção eficiência e intensidade luminosa. Assim, ao analisar a Figura 32, gerada para um dia letivo qualquer, com base nos valores de potência instalada para o sistema de iluminação, nota-se que modernização do sistema faz com que sejam reduzidos os valores de consumo diários e, consequentemente, os custos mensais com energia elétrica.

Figura 32 – Curva de carga dos sistemas de iluminação



Fonte: Autor (2019).

Outro ponto importante a ser analisado no sistema de iluminação é a segregação dos circuitos. Essa ação propicia o incentivo ao consumo racional de energia e o uso eficiente dos recursos naturais, uma vez que os circuitos de iluminação próximos as janelas só precisam ser acionados em momentos que a luz natural não seja suficiente para suprir a iluminância necessária nos diversos planos de trabalho da instituição, já que essa atividade busca melhorar o uso das fontes de energia presentes na edificação, finalidade essa integrante do Plano de Ação para Eficiência Energética em Edificações.

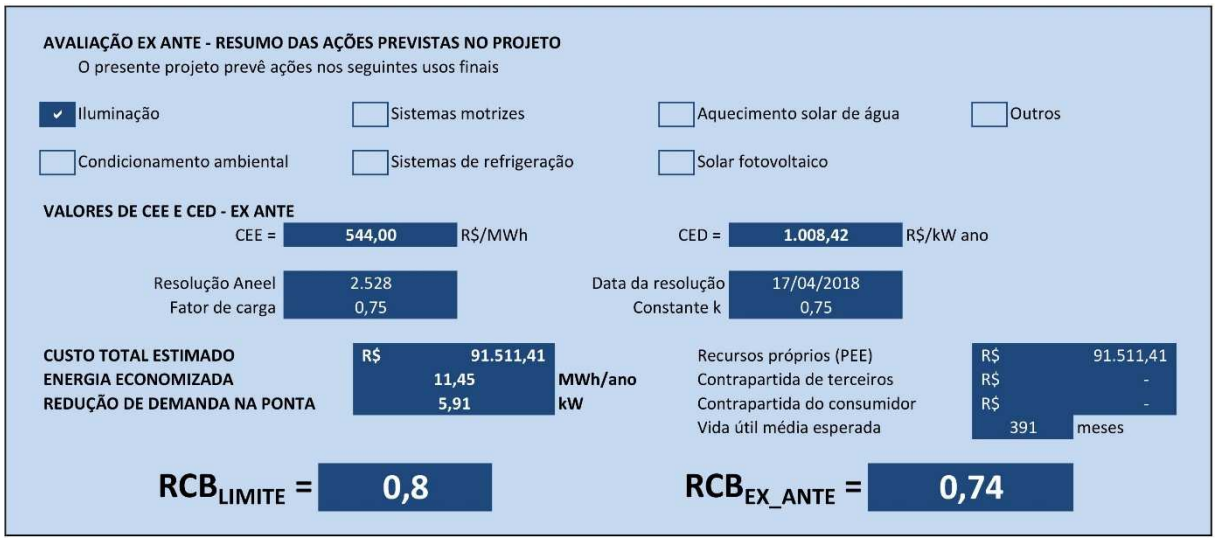
Conforme apresentado anteriormente, os custos totais para o desenvolvimentos de todas as etapas do projeto apresentam valores aproximados a R$ 147.000,00, nota-se que o valor que deverá ser desembolsado para a implementação de todos os projeto é significativo para os cofres públicos, e também sabe-se que o município não poderia fazer esse investimento imediatamente.

Dessa maneira, também foi apresentada uma proposta de abordagem de eficiência energética para edificação, com foco no sistema de iluminação atual, visando os editais que são disponibilizados anualmente, nos quais as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica subsidiam as reformas das edificações aptas a participarem dos seus programas.

Esse projeto não buscou atender os parâmetros abordados através da NBR 8995:2013, uma vez que, através do projetos luminotécnico desenvolvido, sabe-se que o quantitativo de luminárias presentes atualmente em cada recinto não irá atender as condições impostas pela norma. Dessa maneira, o projeto de eficiência energética não visa garantir a quantidade de lux necessária para cada ambiente, nem a modificação dos quantitativos de luminárias e suas orientações, mas sim a redução dos valores na conta de luz e substituição dos equipamentos de iluminação. Assim, essa abordagem proporciona além de modernização do sistema de iluminação, resultados que implicam diretamente na redução com custos de manutenção e no envolvimento no uso inteligente da energia elétrica, propósito do Programa de Eficiência Energética.

Dessa maneira, analisando o cálculo da Relação Custo Benefício, Figura 33, notou-se que ao considerar o RCB, a escola e o município estão capacitados para em um primeiro momento focar na reforma da iluminação da edificação, uma vez o valor do mesmo foi 0,74, abaixo do estabelecido nos editais das concessionárias e permissionárias.

Figura 33 – RCB do projeto



AVALIAÇÃO EX ANTE - RESUMO DAS AÇÕES PREVISTAS NO PROJETO
O presente projeto prevê ações nos seguintes usos finais

✔ Iluminação	Sistemas motrizes	Aquecimento solar de água	Outros
Condicionamento ambiental	Sistemas de refrigeração	Solar fotovoltaico	

VALORES DE CEE E CED - EX ANTE

CEE =	544,00	R$/MWh	CED =	1.008,42	R$/kW ano
Resolução Aneel	2.528		Data da resolução	17/04/2018	
Fator de carga	0,75		Constante k	0,75	

CUSTO TOTAL ESTIMADO	R$ 91.511,41		Recursos próprios (PEE)	R$	91.511,41
ENERGIA ECONOMIZADA	11,45	MWh/ano	Contrapartida de terceiros	R$	-
REDUÇÃO DE DEMANDA NA PONTA	5,91	kW	Contrapartida do consumidor	R$	-
			Vida útil média esperada	391	meses

RCB_{LIMITE} = 0,8 RCB_{EX_ANTE} = 0,74

Fonte: Autor (2019).

Assim, através dessa abordagem, foi encontrada uma vida útil do novo sistema de iluminação de 391 meses, calculados a partir do tempo de utilização das lâmpadas e a sua vida útil, além de uma redução de energia de 11,45 MWh/ano, cerca de 53% do valor consumido atualmente, o que resultaria em um alivio nos cofres públicos de aproximadamente R$ 9.300,00 anualmente.

Todavia, além do cálculo do RCB, outras condições precisam ser verificadas. O último edital de chamada pública, publicado pela CPFL, estabelece como valores mínimos e máximos o intervalo de R$ 400.000,00 a R$ 1.500.000,00. Como o presente projeto apresentou valores aproximados de R$ 91.500,00, para que o munícipio consiga subsidio para o desenvolvimento do projeto de eficiência energética, é necessário expandir o horizonte e englobar mais prédios municipais no projeto de eficiência energética, como no caso das demais escolas e os prédios restantes pertencentes ao poder público, uma vez que um único edifício não atende todas as exigências.

Logo, é presumível que assim sejam satisfeitas estas condições, fazendo com que seja possível participar das chamadas públicas e assim desfrutar dos valores disponibilizados pela concessionária local, diminuindo os gastos mensais incialmente para que em um segundo momento ocorra o desenvolvimento de toda proposta aqui apresentada.

Assim sendo, cada etapa percorrida foi importante para o desenvolvimento dos projetos propostos, desde os levantamentos, avaliações, propostas e execuções, fazendo com que o mesmo alcançasse os seus resultados que deram forma a essa produção apresentada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Nesta produção, realizou-se um estudo do referencial bibliográfico sobre o tema infraestrutura elétrica, suas aplicações e desenvolvimentos com base nas normas vigentes. Além disso, foram abordados os equacionamentos matemáticos, métodos e processos de desenvolvimento.

Um projeto elétrico, assim como qualquer outro projeto, segue as diretrizes impostas pelas normas vigentes, mas o resultado final encontrado depende das características do ambiente e do *know-how* do projetista, fazendo com que cada projeto seja único e exclusivo. Dessa maneira, é possível que sejam abordadas outras metodologias e/ou processos para o desenvolvimento dos projetos e alcançar resultados um pouco diferentes dos que aqui propostos.

Por isso, o desenvolvimento de cada etapa necessária para obtenção do resultado final, contribuiu com suas características para a conclusão de todos os objetivos propostos para este estudo de caso. Desta forma, por meio deste trabalho constata-se a necessidade de verificação dos sistemas de iluminação e das atuais condições das instalações elétricas das demais escolas da rede municipal de Flores da Cunha, um vez que a escola aqui analisada possui uma instalação elétrica defasada, não sendo aconselhável a instalação de equipamentos de refrigeração e aquecimento nas atuais condições, cenário que provavelmente seja o das demais edificações.

Assim, para este estudo de caso, foi possível desenvolver os projetos propostos e obter os resultados aqui apresentados, no qual, alguns puderam ser visualizados nas simulações apresentadas no decorrer deste Trabalho de Conclusão de Curso.

Trabalhos futuros relacionados a este estudo de caso podem ser abordados a partir dos resultados obtidos, como no caso do desenvolvimento do projeto de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas, o qual irá fornecer um caminho preferencial para as descargas elétricas que caírem nas proximidades da edificação, reduzindo os riscos de incidência sobre a estrutura, mesmo que este projeto não se faça necessário, como foi possível verificar nesta produção.

As propostas aqui apresentadas, também podem servir como referência para as demais unidades escolares presentes no município. Almejando que os resultados aqui encontrados possam ser implementados nas outras instituições de ensino.

O projeto de eficiência energética, com a exploração de demais prédios públicos, também pode ser buscado em trabalhos futuros. Através dessa produção verificou-se que, a partir desse cenário, é possível adentrar as chamadas públicas da concessionária local, uma vez

que o cálculo da Relação Custo Benefício ficou dentro do limite estabelecido pelos editais, mas os valores de implementação ficaram abaixo.

REFERÊNCIAS

ABESCO. **O que é Eficiência Energética? (EE).** Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/O-QUE-E-EFICIENCIA-ENERGETICA-EE/>. Acesso em: 26 abr. 2019.

ABRACOPEL. **Anuário Estatístico Brasileiro de Acidentes de Origem Elétrica.** Disponível em: <http://www.abrinstal.org.br/docs/abracopel_anuario18.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2019.

ANEEL. **Procedimentos do Programa de Eficiência Energética - PROPEE.** 2018. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656831/17648747/PROPEE_V02/10479686-0f46-88ef-ab6e-6337776c2bdd>. Acesso em: 03 jun. 2019.

_____. **Programa de Eficiência Energética.** 2016. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>. Acesso em: 16 mar. 2019.

_____. Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010: **Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada.** Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 5410:** Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 5419-1:** Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 1: Princípios gerais. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 5419-2:** Proteção contra descargas atmosféricas. Parte 2: Gerenciamento de risco. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 5444:** Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais. Rio de Janeiro, 1989.

_____. **NBR 7117**: Medição da resistividade e determinação da estratificação do solo. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 8995-1:** Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 13.570:** Instalações elétricas em locais de afluência de público - Requisitos específicos. Rio de Janeiro, 1996.

_____. **NBR 60.332-3-25:** Métodos de ensaios para cabos elétricos sob condições de fogo. Parte 3-25: Ensaio de propagação vertical da chama em condutores ou cabos em feixes montados verticalmente – Categoria D. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. **Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000.** Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas

concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9991.htm>. Acesso em: 5 mai. 2019.

_____. **Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001.** Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10295.htm>. Acesso em: 5 mai. 2019.

_____. **Lei nº 13.280, de 3 de maio de 2016.** Altera a Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, para disciplinar a aplicação dos recursos destinados a programas de eficiência energética. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13280.htm>. Acesso em: 5 mai. 2019.

CÂMARA, Andrew Augusto Santos da. **Projeto de instalações elétricas em baixa tensão.** 2017. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte –, Natal, 2017. Disponível em: <http://monografias.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/4178/9/el%C3%A9trico-baixa-tensao-C%C3%A2mara-Projeto.pdf>. Acesso em: 19 mai. 2017.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações elétricas prediais**: conforme norma NBR 5410:2004. 22. ed. São Paulo: Érica, 2014. 424 p

COTRIM, Ademaro Alberto Machado Bittencourt; MORENO, Hilton; GRIMONI, José Aquiles Baesso. **Instalações elétricas.** 5. ed., rev. e atual. São Paulo: Pearson, 2009. xi, 496 p.

CPFL - COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ. Norma Técnica: **GED 13:2018 Fornecimento em tensão secundária de distribuição.** Disponível em:<http://sites.cpfl.com.br/documentos-tecnicos/GED-13.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2019.

CREDER, Hélio. **Instalações elétricas.** 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, c2007. xii, 428 p.

CRUZ, Eduardo César Alves; ANICETO, Larry Aparecido. **Instalações elétricas:** fundamentos, prática e projetos em instalações residenciais e comerciais. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012. 432 p.

ESTADO-RS. **Parceria vai melhorar a rede elétrica de duas mil escolas no RS.** 2018. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/parceria-vai-melhorar-a-rede-eletrica-de-duas-mil-escolas-no-rs>. Acesso em: 09 mar. 2019.

GOOGLE MAPS. **Escola Municipal de Ensino Fundamental 1º de Maio**. 2019. Disponível em:< https://www.google.com.br/maps/place/Escola+Municipal+DE+Ensino+Fundamental+-+1%C2%BA+DE+MAIO/@-29.0256969,-51.1726479,18.75z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0xc68eea65f7f8ab67!8m2!3d-29.0256579!4d-51.1731711 >. Acesso em: 10 set. 2019

IBGE. **Panorama de Flores da Cunha.** 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/flores-da-cunha/panorama>. Acesso em: 05 abr. 2019.

INPE. **Densidade de descargas atmosféricas para a terra (Ng).** Disponível em: < http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/el.atm/perguntas.e.respostas.php >. Acesso em: 13 mai. 2019a.

_____. **Você sabia?** Disponível em: < http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/el.atm/perguntas.e.respostas.php >. Acesso em: 13 mai. 2019b.

INSTALAÇÕES elétricas mal planejadas são responsáveis pela maioria dos incêndios. [s.i.]: Globo Comunicação e Participações S.a., 2019. Son., color. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/7384023/programa/>. Acesso em: 04 mar. 2019.

INTRAL. **Outdoor Photometric Report.** Caxias do Sul 2019.

KINDERMANN, Geraldo. **Aterramento elétrico**. 4.ed. mod. e ampl. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998. 214p.

KRAUSE, Claudia Barroso et al. **Manual de prédios eficientes em energia elétrica.** 2002. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20de%20Predios%20Ef%20En%20El-Eletrobras_Procel-02.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2019.

LIMA FILHO, Domingos Leite. **Projetos de instalações elétricas prediais.** 12. São Paulo Erica 2011.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. xiv, 666 p.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA: EPE. **Balanço energético nacional 2018**: ano base 2017. Brasília: MME/EPE, 2018. Disponível em: < http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2019.

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego – **Norma Regulamentadora nº 10**. Segurança em instalações e serviços em eletricidade, Portaria nº 508, de 29/04/2016.

MORENO, Hilton. **Cabos elétricos de baixa tensão**: conforme a NBR 5410. São Paulo: IFC Cobrecom, [2014]. 186 p

NASPOLINI, Helena Flávia et al. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ESTABELECIMENTOS ESCOLARES: ESCOLA + CLARA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2, 2007, Vitória. **Anais... .** Vitória: Abee, 2007. p. 1 - 5. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/services/procel-info/Simuladores/DownloadSimulator.asp?DocumentID=%7BABE99179%2DD4EE%2D41C4%2D84D2%2D42FA42B17087%7D&ServiceInstUID=%7B5E202C83%2DF05D%2D4280%2D9004%2D3D59B20BEA4F%7D>. Acesso em: 6 abr. 2019.

NERY, Norberto. **Instalações elétricas industriais.** 2. São Paulo Erica 2014.

NEXANS. **Tabelas de capacidade de corrente**. Disponível em: < https://www.nexans.com.br/Brazil/2015/Tabelas_de_capacidade_de_corrente.pdf >. Acesso em: 10 de abril de 2019.

NISKIER, Julio; MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações elétricas.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. xx, 443 p.

PBE EDIFICA. **MANUAL RTQ–C.** Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 2016. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual_rtqc2016.pdf>. Acesso em: 30 set. 2019.

PROCELINFO. **Edificações.** Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B82BBD82C-FB89-48CA-98A9-620D5F9DBD04%7D>. Acesso em: 01 mai. 2019a.

_____. **Lâmpadas LED.** Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?D,ocumentID={A1F6D693-816F-4122-851A-ED412070BEC3}&ServiceInstUID={46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1}>. Acesso em: 13 set. 2019b.

PROCOBRE. **Panorama da situação das Instalações elétricas prediais no Brasil.** 2014. Disponível em: <https://www.procobre.org/pt/wp-content/uploads/sites/4/2018/03/dossie-procobre-a4-bx.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

PRYSMIAN. **Baixa tensão uso geral**. Disponível em: < https://br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Guia_Dimensionamento_Baixa_Tensao.pdf >. Acesso em: 10 de abril de 2019.

PURIFICACAO, Rafael Alexandre N. Utilização da Iluminação Led Como Ferramenta de Eficiência Energética em Escolas Municipais de Ensino Fundamental da Cidade de São Paulo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 7, 2018, São Paulo. **Anais... .** São Paulo: Singep, 2018. p. 1 - 13. Disponível em: <http://singep.submissao.com.br/7singep/resultado/an_resumo.asp?cod_trabalho=212>. Acesso em: 19 mai. 2019.

RANGEL JUNIOR, Estelito. **A eletricidade como fator gerador de incêndios**. Disponível em: <http://programacasasegura.org/br/wp-content/uploads/2011/07/A03.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2019.

ROCHA, Hildebrando Fernandes. IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO PREDIAL PREVENTIVA. **HOLOS**, [S.l.], v. 2, p. 72-77, mar. 2008. ISSN 1807-1600. Disponível em: < http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/104 >. Acesso em: 26 abr. 2019.

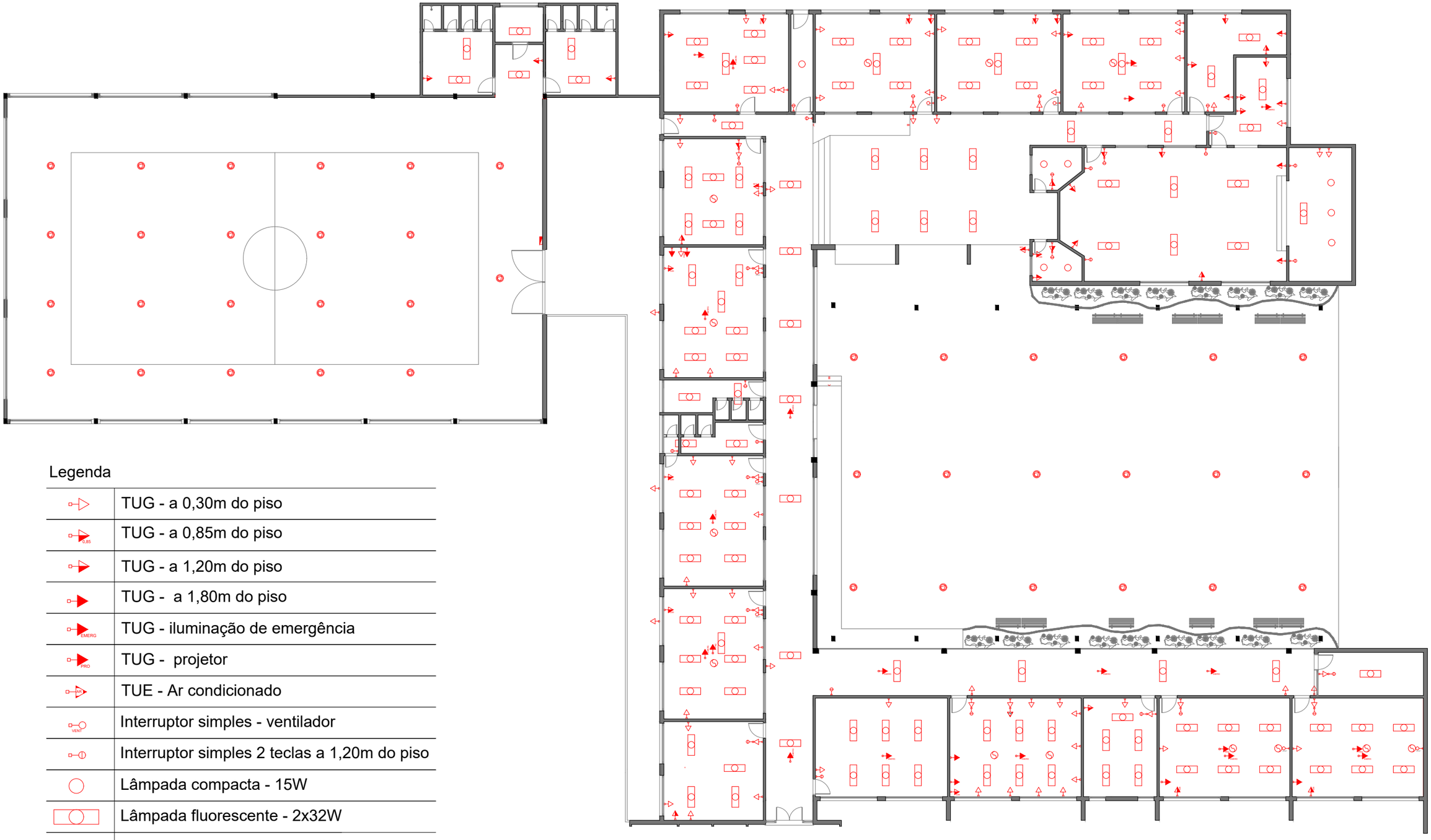
RODRIGUES, P. **Manual de iluminação eficiente**. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 2002.

SANTINI, Rodrigo Quintanilha. **Comparação entre a ABNT NBR 5419 do ano de 2005 e 2015 e aplicação em projeto.** 2016. 166 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/157812/001020921.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 mai. 2019.

SENGE RS. **Regulamentação de honorários mínimos para projetos e execução de edificações.** Disponível em: < https://s3.amazonaws.com/sengrsestaticos/duvidas/51/tabela-dos-honorarios-civil-2.pdf>. Acesso em 19 out. 2019.

VISACRO FILHO, Silverio. **Aterramentos elétricos: conceitos básicos, técnicas de medição e instrumentação filosofias de aterramento**. São Paulo, SP: Artliber, 2002. 159 p.

ZACCHI, Danilo Renato Philippi et al. **Manual técnico orientativo:** eficiência energética e gestão da energia elétrica na indústria. 2016. Celesc Distribuição S.A. Disponível em: <https://portal.tjsc.jus.br/documents/218239/223233/manual_consumo_inteligente_celesc.pdf/e13ff80e-60cf-4b33-b936-12130726bd7c>. Acesso em: 07 abr. 2019.



Legenda

	TUG - a 0,30m do piso
0,85	TUG - a 0,85m do piso
	TUG - a 1,20m do piso
	TUG - a 1,80m do piso
EMERG	TUG - iluminação de emergência
PRO	TUG - projetor
AR	TUE - Ar condicionado
VENT	Interruptor simples - ventilador
	Interruptor simples 2 teclas a 1,20m do piso
	Lâmpada compacta - 15W
	Lâmpada fluorescente - 2x32W
	Lâmpada vapor metálico - 400W

APÊNDICE A: *Layout* do sistema de iluminação atual

Proprietário:
Prefeitura Municipal de Flores da Cunha

Assunto:
Layout do sistema de iluminação atual

Endereço:
Rua 14 de Julho, 1111- Bairro Vindima

Município:
Flores da Cunha - RS

Obra:
Local: Escola Mun. Ens. Fund. 1º de Maio

Prancha:
1/1

Universidade de Caxias do Sul

Acadêmico:
William Machado Pradella
Disciplina:
Trabalho de Conclusão II
Curso:
Engenharia Elétrica

APÊNDICE B – Algoritmo para cálculo luminotécnico

```
Largura = input ('Digite a largura do ambiente [m]: ');
Comprimento = input ('Digite o comprimento do ambiente [m]: ');
PD = input ('Digite a altura do pé direito [m]: ');
h_lum = input ('Digite em qual altura se fixará a luminária [m]: ');
h_trab = input ('Digite qual a altura da área de trabalho [m]: ');

k = (Largura * Comprimento)/((h_lum - h_trab) * (Largura + Comprimento))

disp ('Com base na tabela da luminária, informe dos seguintes dados: ')

k1 = input ('Digite o valor de k anterior ao encontrado: ');
k2 = input ('Digite o valor de k posterior ao encontrado: ');

Fu1 = input ('Digite o valor de Fu anterior ao encontrado: ');
Fu2 = input ('Digite o valor de Fu posterior ao encontrado: ');

disp ('Por interpolação, o valor de Fu encontrado é: ')

eq1 = (k1 - k2)/(Fu1 - Fu2);

Fu = -(((k1 - k)/eq1)-Fu1)

disp ('Fator de depreciação (d=0,85) ')
d = 0.85;

Lux = input ('Digite a quantidade de lux necessário para o ambiente em
questao, conforme ABNT NBR 8995-1 (2013): ');

fluxo = ((Largura * Comprimento) * Lux)/(Fu * d)

fluxo_lampadas = input ('Digite o fluxo luminoso irradiado pelas lâmpadas,
conforme catalogo do fabricante: ');

num_lum = fluxo/fluxo_lampadas;

disp (['Numero de luminárias = ', num2str(num_lum)])
```

Quadro de Cargas (QM1)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
QGBT3	Quadra Esportiva	3F+N+T	B1	380/220 V	16208	15995	R+S+T	5195	5400	5400	24.6	24.5	24.5	0.99	1.00	1.00	24.6	24.6	6	36.0	3	25	2.69	3.01	OK
QGBT4	Geral 02	3F+N+T	B1	380/220 V	24512	21882	R+S+T	5602	5440	10840	27.2	28.6	55.7	0.89	1.00	1.00	55.7	55.7	16	68.0	3	63	2.63	2.95	OK
QGBT2	Banheiros	3F+N+T	B1	380/220 V	17260	15826	R+S+T	2892	9204	3730	14.3	45.5	18.7	0.92	1.00	1.00	45.5	45.5	10	50.0	3	50	1.71	2.03	OK
QGBT1	Geral 01	3F+N+T	B1	380/220 V	22798	20610	R+S+T	12000	4540	4070	56.9	20.2	20.2	0.90	1.00	1.00	56.9	56.9	16	68.0	3	63	0.09	0.41	OK
TOTAL					80778	74312	R+S+T	25689	24584	24040															

Quadro de Cargas (QGBT1)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
QD1	Sala de Aula 01	3F+N+T	B1	380/220 V			1381	1234	R+S+T	910	324		4.7	1.6		0.89	1.00	1.00	4.7	4.7	4	28.0	3	10	0.52	0.92	OK
QD2	Sala de Aula 02	3F+N+T	B1	380/220 V			4892	4394	R+S+T	3160	324	910	16.0	1.6	4.7	0.90	1.00	1.00	16.0	16.0	4	28.0	3	16	1.29	1.70	OK
QD3	Sala de Reforço	3F+N+T	B1	380/220 V			1045	926	R+S+T	710	216		3.7	1.0		0.89	1.00	1.00	3.7	3.7	4	28.0	3	10	0.30	0.70	OK
QD4	Sala de Informática	3F+N+T	B1	380/220 V			8781	7894	R+S+T	4410	324	3160	22.4	1.6	16.0	0.90	1.00	1.00	22.4	22.4	4	28.0	3	25	1.19	1.60	OK
QD5	Sala de Leitura	3F+N+T	B1	380/220 V			1159	1034	R+S+T	710	324		3.7	1.6		0.89	1.00	1.00	3.7	3.7	4	28.0	3	10	0.03	0.44	OK
QD6	Direção	3F+N+T	B1	380/220 V			2636	2388	R+S+T	2100	288		10.6	1.4		0.91	1.00	1.00	10.6	10.6	4	28.0	3	16	0.30	0.71	OK
1	Iluminação - Corredor B	F+N	B1	220 V	15		284	270	S		270		1.3			0.95	1.00	0.80	1.6	1.3	1.5	17.5	3	10	0.31	0.71	OK
	a				5		95	90	S		90		0.4				1.00	0.80	0.5		1.5	17.5					OK
	b				5		95	90	S		90		0.4				1.00	0.80	0.5		1.5	17.5					OK
	g				5		95	90	S		90		0.4				1.00	0.80	0.5		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral - Corredor B	F+N+T	B1	220 V		5	556	500	S		500		2.5			0.90	1.00	0.80	3.2	2.5	2.5	24.0	3	10	0.26	0.67	OK
3	Iluminação - Corredor C	F+N	B1	220 V	11		208	198	S		198		0.9			0.95	1.00	0.65	1.5	0.9	1.5	17.5	3	10	0.26	0.66	OK
	c				4		76	72	S		72		0.3				1.00	0.65	0.5		1.5	17.5					OK
	e				4		76	72	S		72		0.3				1.00	0.65	0.5		1.5	17.5					OK
	d				3		57	54	S		54		0.3				1.00	0.65	0.4		1.5	17.5					OK
4	Tomadas de uso geral - Corredor C	F+N+T	B1	220 V		3	333	300	S		300		1.5			0.90	1.00	0.65	2.3	1.5	2.5	24.0	3	10	0.21	0.62	OK
5	Iluminação Depósito Banda	F+N	B1	220 V	4		76	72	S		72		0.3			0.95	1.00	0.65	0.5	0.3	1.5	17.5	3	10	0.16	0.57	OK
	f				4		76	72	S		72		0.3				1.00	0.65	0.5		1.5	17.5					OK
6	Tomadas de uso geral - Depósito Banda	F+N+T	B1	220 V		4	444	400	S		400		2.0			0.90	1.00	0.65	3.1	2.0	2.5	24.0	3	10	0.53	0.94	OK
7	Reserva	F+N+T	B1	220 V			1000	1000	S		1000		4.5			1.00	1.00	1.00	4.5	4.5	2.5	24.0	3	10	0.00	0.00	OK
TOTAL					30	12	22798	20610	R+S+T	12000	4540	4070															

Quadro de Cargas (QGBT2)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 8	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
QD7	Sala de Aula 03	3F+N+T	B1	380/220 V				3746	3362	R+S+T	324	2128	910	1.6	10.7	4.7	0.90	1.00	1.00	10.7	10.7	4	28.0	3	16	0.41	2.44	OK
QD8	Sala de Aula 04	3F+N+T	B1	380/220 V				3746	3362	R+S+T	324	2128	910	1.6	10.7	4.7	0.90	1.00	0.80	13.4	10.7	4	28.0	3	16	0.09	2.12	OK
QD9	Sala de Aula 05	3F+N+T	B1	380/220 V				3746	3362	R+S+T	324	2128	910	1.6	10.7	4.7	0.90	1.00	1.00	10.7	10.7	4	28.0	3	16	0.40	2.42	OK
QD10	Sala dos Professores	3F+N+T	B1	380/220 V				894	816	R+S+T	216	600		1.0	3.0		0.91	1.00	1.00	3.0	3.0	4	28.0	3	10	0.18	2.20	OK
QD17	Pátio Coberto	3F+N+T	B1	380/220 V				3354	3220	R+S+T	1000	2220		5.1	10.2		0.96	1.00	1.00	10.2	10.2	4	28.0	3	16	0.44	2.47	OK
1	Iluminação - WC F	F+N	B1	220 V	4	4		114	106	R	106			0.4			0.93	1.00	0.80	0.5	0.5	1.5	17.5	3	10	0.02	2.05	OK
	d					4		78	72	R	72			0.4				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	c				1			9	9	R	9			0.0				1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	b				1			9	9	R	9			0.0				1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	a				2			18	17	R	17			0.1				1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral - WC F	F+N+T	B1	220 V			3	333	300	R	300			1.5			0.90	1.00	0.80	1.9	1.5	2.5	24.0	3	10	0.05	2.07	OK
3	Iluminação - WC M	F+N	B1	220 V	3	4		105	98	R	98			0.5			0.93	1.00	0.80	0.6	0.5	1.5	17.5	3	10	0.03	2.06	OK
	f				1			9	9	R	9			0.0				1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	g				1			9	9	R	9			0.0				1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	h				1			9	9	R	9			0.0				1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	e					4		78	72	R	72			0.4				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
4	Tomadas de uso geral - WC M	F+N+T	B1	220 V			2	222	200	R	200			1.0			0.90	1.00	0.80	1.3	1.0	2.5	24.0	3	10	0.02	2.05	OK
5	Reserva	F+N+T	B1	220 V				1000	1000	T			1000			4.5	1.00	1.00	1.00	4.5	4.5	2.5	24.0	3	10	0.00	0.00	OK
TOTAL					7	8	5	17260	15826	R+S+T	2892	9204	3730															

Quadro de Cargas (QGBT3)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 8	Iluminação (W) 18	Iluminação (W) 148	Tomadas (W) 100	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
QD18	Vestiários	3F+N+T	B1	380/220 V					11605	11531	R+S+T	731	5400	5400	3.7	24.5	24.5	0.99	1.00	1.00	24.5	24.5	4	28.0	3	25	0.94	3.94	OK
1	Iluminação - Quadra	F+N	B1	220 V		2	16		2430	2404	R	2404			10.9			0.99	1.00	0.80	13.6	11.0	2.5	24.0	3	16	0.59	3.60	OK
	a						4		598	592	R	592			2.7				1.00	0.80	3.4		2.5	24.0					OK
	e						3		448	444	R	444			2.0				1.00	0.80	2.5		2.5	24.0					OK
	d						3		448	444	R	444			2.0				1.00	0.80	2.5		2.5	24.0					OK
	c						3		448	444	R	444			2.0				1.00	0.80	2.5		2.5	24.0					OK
	b						3		448	444	R	444			2.0				1.00	0.80	2.5		2.5	24.0					OK
	f					2			38	36	R	36			0.2				1.00	0.80	0.2		2.5	24.0					OK
2	Iluminação - Externo	F+N	B1	220 V	7				63	60	R	60			0.3			0.95	1.00	0.80	0.4	0.3	1.5	17.5	3	10	0.25	3.25	OK
	g				7				63	60	R	60			0.3				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
3	Tomadas de uso geral - Quadra	F+N+T	B1	220 V				8	889	800	R	800			3.0			0.90	1.00	0.80	3.8	4.0	2.5	24.0	3	10	0.69	3.70	OK
4	Tomadas de uso geral - Externo	F+N+T	B1	220 V				2	222	200	R	200			1.0			0.90	1.00	0.80	1.3	1.0	2.5	24.0	3	10	0.20	3.20	OK
5	Reserva	F+N+T	B1	220 V					1000	1000	R	1000			4.5			1.00	1.00	1.00	4.5	4.5	2.5	24.0	3	10	0.00	0.00	OK
TOTAL					7	2	16	10	16208	15995	R+S+T	5195	5400	5400															

Quadro de Cargas (QGBT4)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
QD11	Sala de Aula 06	3F+N+T	B1	380/220 V			3615	3244	R+S+T	324	810	2110	1.6	4.2	10.7	0.90	1.00	1.00	10.7	10.7	4	28.0	3	16	0.63	3.58	OK
QD12	Sala de Aula 07	3F+N+T	B1	380/220 V			3726	3344	R+S+T	324	910	2110	1.6	4.7	10.7	0.90	1.00	0.70	15.2	10.7	4	28.0	3	16	0.27	3.22	OK
QD13	Sala de Aula 08	3F+N+T	B1	380/220 V			3726	3344	R+S+T	324	910	2110	1.6	4.7	10.7	0.90	1.00	1.00	10.7	10.7	4	28.0	3	16	0.11	3.06	OK
QD14	Sala de Aula 09	3F+N+T	B1	380/220 V			3726	3344	R+S+T	324	910	2110	1.6	4.7	10.7	0.90	1.00	0.70	15.2	10.7	4	28.0	3	16	0.37	3.32	OK
QD15	Cozinha	3F+N+T	B1	380/220 V			4973	4180	R+S+T	1280	1400	1500	6.4	7.6	8.5	0.84	1.00	0.70	12.2	8.5	4	28.0	3	10	0.34	3.29	OK
QD16	Refeitório/Brinquedoteca	3F+N+T	B1	380/220 V			2124	1940	R+S+T	540	500	900	2.6	2.5	4.5	0.91	1.00	1.00	4.5	4.5	4	28.0	3	10	0.25	3.20	OK
1	Iluminação - Ed. Física 01	F+N	B1	220 V	2		38	36	R	36			0.2			0.95	1.00	0.70	0.2	0.2	1.5	17.5	3	10	0.01	2.96	OK
	a				2		38	36	R	36			0.2				1.00	0.70	0.2		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral - Ed. Física 01	F+N+T	B1	220 V		2	222	200	R	200			1.0			0.90	1.00	0.70	1.4	1.0	2.5	24.0	3	10	0.02	2.97	OK
3	Iluminação - Ed. Física 02	F+N	B1	220 V	2		38	36	R	36			0.2			0.95	1.00	0.80	0.2	0.2	1.5	17.5	3	10	0.02	2.97	OK
	b				2		38	36	R	36			0.2				1.00	0.80	0.2		1.5	17.5					OK
4	Tomadas de uso geral - Ed Física 02	F+N+T	B1	220 V		2	222	200	R	200			1.0			0.90	1.00	0.80	1.3	1.0	2.5	24.0	3	10	0.05	3.01	OK
5	Iluminação - Corredor A	F+N	B1	220 V	3		57	54	R	54			0.3			0.95	1.00	0.60	0.4	0.3	1.5	17.5	3	10	0.06	3.01	OK
	c				3		57	54	R	54			0.3				1.00	0.60	0.4		1.5	17.5					OK
6	Iluminação - Corredor E	F+N	B1	220 V	2		38	36	R	36			0.2			0.95	1.00	0.60	0.3	0.2	1.5	17.5	3	10	0.04	3.00	OK
	d				2		38	36	R	36			0.2				1.00	0.60	0.3		1.5	17.5					OK
7	Tomadas de uso geral - Corredor E	F+N+T	B1	220 V		1	111	100	R	100			0.5			0.90	1.00	0.60	0.8	0.5	2.5	24.0	3	10	0.06	3.01	OK
8	Iluminação - Saguão Ed. Física	F+N	B1	220 V	14		265	252	R	252			1.0			0.95	1.00	0.60	1.7	1.2	1.5	17.5	3	10	0.12	3.08	OK
	g				4		76	72	R	72			0.3				1.00	0.60	0.6		1.5	17.5					OK
	f				4		76	72	R	72			0.3				1.00	0.60	0.6		1.5	17.5					OK
	e				4		76	72	R	72			0.3				1.00	0.60	0.6		1.5	17.5					OK
	h				2		38	36	R	36			0.2				1.00	0.60	0.3		1.5	17.5					OK
9	Tomadas de uso geral - Saguão Ed. Física/Corredor D/Corredor A	F+N+T	B1	220 V		5	556	500	R	500			1.5			0.90	1.00	0.60	2.5	2.5	2.5	24.0	3	10	0.14	3.10	OK
10	Iluminação - Corredor D	F+N	B1	220 V	4		76	72	R	72			0.3			0.95	1.00	0.70	0.5	0.3	1.5	17.5	3	10	0.03	2.98	OK
	i				4		76	72	R	72			0.3				1.00	0.70	0.5		1.5	17.5					OK
11	Reserva	F+N+T	B1	220 V			1000	1000	R	1000			4.5			1.00	1.00	1.00	4.5	4.5	2.5	24.0	3	10	0.00	0.00	OK
TOTAL					27	10	24512	21882	R+S+T	5602	5440	10840															

Quadro de Cargas (QD1)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	Tomadas (W) 210	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18			341	324	S		324			1.6		0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5	3	10	0.07	1.00	OK
	c				6			114	108	S		108			0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	b				4			76	72	S		72			0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	a				8			152	144	S		144			0.7			1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1	1040	910	R	910			4.2			0.87	1.00	0.80	5.3	4.7	2.5	24.0	3	10	0.10	1.03	OK
TOTAL					18	7	1	1381	1234	R+S+T	910	324	0															

APÊNDICE C
Projeto de Nova Infraestrutura Elétrica

Proprietário:

Prefeitura Municipal de Flores da Cunha

Endereço:
Rua 14 de Julho, 1111- Bairro Vindima

Município:
Flores da Cunha - RS

Obra:
Local: Escola Mun. Ens. Fund. 1º de Maio

Assunto:
Quadros de Cargas

Data: nov/19

Escala: Indicada

Prancha: 1/3

Universidade de Caxias do Sul

Disciplina:
Trabalho de Conclusão II
Curso:
Engenharia Elétrica

Acadêmico:
William Machado Pradella

Quadro de Cargas (QD2)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	210	3160	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18				341	324	S		324			1.6		0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5	3	10	0.07	1.77	OK
	c				6				114	108	S		108			0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	a				4				76	72	S		72			0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	b				8				152	144	S		144			0.7			1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1		1040	910	T			910			4.2	0.87	1.00	0.80	5.3	4.7	2.5	24.0	3	10	0.10	1.80	OK
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				1	3511	3160	R	3160			16.0			0.90	1.00	1.00	16.0	16.0	2.5	24.0	3	16	0.45	2.15	OK
TOTAL					18	7	1	1	4892	4394	R+S+T	3160	324	910															

Quadro de Cargas (QD3)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	210	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	12			227	216	S		216			1.0		0.95	1.00	0.80	1.3	1.0	1.5	17.5	3	10	0.04	0.74	OK
	c				4			76	72	S		72			0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	a				4			76	72	S		72			0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	b				4			76	72	S		72			0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		5	1	818	710	R	710			3.7			0.87	1.00	0.80	4.6	3.7	2.5	24.0	3	10	0.12	0.82	OK
TOTAL					12	5	1	1045	926	R+S+T	710	216	0															

Quadro de Cargas (QD4)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 210	600	3160	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18				341	324	S		324			1.6		0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5	3	10	0.05	1.65	OK
	a				6				114	108	S		108			0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	b				6				114	108	S		108			0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	c				6				114	108	S		108			0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		1	7		4929	4410	R	4410			16.3			0.89	1.00	0.80	20.4	22.4	4	32.0	3	25	0.34	1.94	OK
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				1	3511	3160	T			3160			16.0	0.90	1.00	0.80	19.9	16.0	2.5	24.0	3	16	0.48	2.08	OK
TOTAL					18	1	7	1	8781	7894	R+S+T	4410	324	3160															

Quadro de Cargas (QD5)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	210	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18			341	324	S		324			1.6		0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5	3	10	0.05	0.48	OK
	b				6			114	108	S		108			0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	c				4			76	72	S		72			0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	a				8			152	144	S		144			0.7			1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		5	1	818	710	R	710			3.2			0.87	1.00	0.80	4.0	3.7	2.5	24.0	3	10	0.09	0.52	OK
TOTAL					18	5	1	1159	1034	R+S+T	710	324	0															

Quadro de Cargas (QD6)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	600	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	16			303	288	S		288			1.4		0.95	1.00	0.80	1.7	1.4	1.5	17.5	3	10	0.07	0.77	OK
	b				8			152	144	S		144			0.7			1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
	a				8			152	144	S		144			0.7			1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		3	3	2333	2100	R	2100			10.6			0.90	1.00	0.80	13.3	10.6	2.5	24.0	3	16	0.45	1.16	OK
TOTAL					16	3	3	2636	2388	R+S+T	2100	288	0															

Quadro de Cargas (QD7)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	210	2128	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18				341	324	R	324			1.6			0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5	3	10	0.07	2.51	OK
	b				6				114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	a				4				76	72	R	72			0.3				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	c				8				152	144	R	144			0.7				1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1		1040	910	T			910			4.2	0.87	1.00	0.80	5.3	4.7	2.5	24.0	3	10	0.10	2.54	OK
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				1	2364	2128	S		2128			10.7		0.90	1.00	1.00	10.7	10.7	2.5	24.0	3	16	0.51	2.95	OK
TOTAL					18	7	1	1	3746	3362	R+S+T	324	2128	910															

Quadro de Cargas (QD8)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	210	2128	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18				341	324	R	324			1.6			0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5	3	10	0.08	2.20	OK
	a				6				114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	b				4				76	72	R	72			0.3				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	c				8				152	144	R	144			0.7				1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1		1040	910	T			910			4.2	0.87	1.00	0.80	5.3	4.7	2.5	24.0	3	10	0.11	2.23	OK
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				1	2364	2128	S		2128			10.7		0.90	1.00	1.00	10.7	10.7	2.5	24.0	3	16	0.51	2.64	OK
TOTAL					18	7	1	1	3746	3362	R+S+T	324	2128	910															

Quadro de Cargas (QD9)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	210	2128	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18				341	324	R	324			1.6			0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5	3	10	0.08	2.50	OK
	a				6				114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	b				4				76	72	R	72			0.3				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	c				8				152	144	R	144			0.7				1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1		1040	910	T			910			4.2	0.87	1.00	0.80	5.3	4.7	2.5	24.0	3	10	0.11	2.53	OK
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				1	2364	2128	S		2128			10.7		0.90	1.00	1.00	10.7	10.7	2.5	24.0	3	16	0.50	2.92	OK
TOTAL					18	7	1	1	3746	3362	R+S+T	324	2128	910															

Quadro de Cargas (QD10)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	12		227	216	R	216			1.0			0.95	1.00	0.80	1.3	1.0	1.5	17.5	3	10	0.05	2.25	OK
	b				6		114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	a				6		114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		6	667	600	S		600			1.5		0.90	1.00	0.80	1.9	3.0	2.5	24.0	3	10	0.06	2.26	OK
TOTAL					12	6	894	816	R+S+T	216	600	0															

APÊNDICE C
Projeto de Nova Infraestrutura Elétrica

Proprietário:

Prefeitura Municipal de Flores da Cunha

Endereço:
Rua 14 de Julho, 1111- Bairro Vindima

Data: **nov/19**

Município:
Flores da Cunha - RS

Escala: **Indicada**

Obra:
Local: Escola Mun. Ens. Fund. 1º de Maio

Prancha: **2/3**

Assunto:
Quadros de Cargas

Universidade de Caxias do Sul

Disciplina:
Trabalho de Conclusão II
Curso:
Engenharia Elétrica

Acadêmico:
William Machado Pradella

Quadro de Cargas (QD11)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	210	2110	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18				341	324	R	324			1.6			0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5	3	10	0.07	3.65	OK
	a				6				114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	b				4				76	72	R	72			0.3				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	c				8				152	144	R	144			0.7				1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		6	1		929	810	S		810			3.2		0.87	1.00	0.80	4.0	4.2	2.5	24.0	3	10	0.08	3.66	OK
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				1	2344	2110	T			2110			10.7	0.90	1.00	0.80	13.3	10.7	2.5	24.0	3	16	0.45	4.03	OK
TOTAL					18	6	1	1	3615	3244	R+S+T	324	810	2110															

Quadro de Cargas (QD12)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	210	2110	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18				341	324	R	324			1.6			0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5	3	10	0.07	3.29	OK
	b				6				114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	a				4				76	72	R	72			0.3				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	c				8				152	144	R	144			0.7				1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1		1040	910	S		910			4.7		0.87	1.00	0.80	5.9	4.7	2.5	24.0	3	10	0.10	3.32	OK
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				1	2344	2110	T			2110			10.7	0.90	1.00	1.00	10.7	10.7	2.5	24.0	3	16	0.45	3.67	OK
TOTAL					18	7	1	1	3726	3344	R+S+T	324	910	2110															

Quadro de Cargas (QD13)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	210	2110	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18				341	324	R	324			1.6			0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5	3	10	0.08	3.14	OK
	a				6				114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	b				4				76	72	R	72			0.3				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	c				8				152	144	R	144			0.7				1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1		1040	910	S		910			4.7		0.87	1.00	0.80	5.9	4.7	2.5	24.0	3	10	0.11	3.17	OK
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				1	2344	2110	T			2110			10.7	0.90	1.00	1.00	10.7	10.7	2.5	24.0	3	16	0.45	3.51	OK
TOTAL					18	7	1	1	3726	3344	R+S+T	324	910	2110															

Quadro de Cargas (QD14)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	210	2110	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18				341	324	R	324			1.6			0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5	3	10	0.07	3.39	OK
	a				6				114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	b				4				76	72	R	72			0.3				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	c				8				152	144	R	144			0.7				1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1		1040	910	S		910			3.7		0.87	1.00	0.80	4.6	4.7	2.5	24.0	3	10	0.09	3.41	OK
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				1	2344	2110	T			2110			10.7	0.90	1.00	0.80	13.3	10.7	2.5	24.0	3	16	0.45	3.77	OK
TOTAL					18	7	1	1	3726	3344	R+S+T	324	910	2110															

Quadro de Cargas (QD15)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	120	600	900	1500	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação - Cozinha	F+N	B1	220 V	14						265	252	R	252			1.2			0.95	1.00	0.80	1.5	1.2	1.5	17.5	3	10	0.04	3.33	OK
	b				6						114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	a				8						152	144	R	144			0.7				1.00	0.80	0.9		1.5	17.5					OK
2	Iluminação - Depósito	F+N	B1	220 V	6						114	108	R	108			0.5			0.95	1.00	0.80	0.6	0.5	1.5	17.5	3	10	0.04	3.33	OK
	c				2						38	36	R	36			0.2				1.00	0.80	0.2		1.5	17.5					OK
	d				4						76	72	R	72			0.3				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
3	Tomadas de uso geral - Cozinha	F+N+T	B1	220 V		2	1	1			1039	920	R	920			4.0			0.89	1.00	0.70	5.8	4.7	2.5	24.0	3	10	0.09	3.38	OK
4	Tomadas de uso geral - Depósito	F+N+T	B1	220 V		5					556	500	S		500			2.5		0.90	1.00	0.80	3.2	2.5	2.5	24.0	3	10	0.08	3.37	OK
5	TUE - Microondas	F+N+T	B1	220 V					1		1125	900	S		900			5.1		0.80	1.00	0.70	7.3	5.1	2.5	24.0	3	10	0.16	3.45	OK
6	TUE - Forno elétrico	F+N+T	B1	220 V						1	1875	1500	T			1500			8.5	0.80	1.00	0.70	12.2	8.5	2.5	24.0	3	10	0.36	3.65	OK
TOTAL					20	7	1	1	1	1	4973	4180	R+S+T	1280	1400	1500															

Quadro de Cargas (QD16)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 18	Tomadas (W) 100	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação - Refeitório	F+N	B1	220 V	18		341	324	R	324			1.6			0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5	3	10	0.31	3.51	OK
	c				6		114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	b				6		114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
	a				6		114	108	R	108			0.5				1.00	0.80	0.6		1.5	17.5					OK
2	Iluminação - Brinquedoteca	F+N	B1	220 V	12		227	216	R	216			1.0			0.95	1.00	0.80	1.3	1.0	1.5	17.5	3	10	0.03	3.23	OK
	d				4		76	72	R	72			0.3				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	e				4		76	72	R	72			0.3				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	f				4		76	72	R	72			0.3				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
3	Tomadas de uso geral - Refeitório	F+N+T	B1	220 V		9	1000	900	T			900			4.5	0.90	1.00	0.80	5.7	4.5	2.5	24.0	3	10	0.20	3.41	OK
4	Tomadas de uso geral - Brinquedoteca	F+N+T	B1	220 V		5	556	500	S		500			2.0		0.90	1.00	0.80	2.5	2.5	2.5	24.0	3	10	0.05	3.26	OK
TOTAL					30	14	2124	1940	R+S+T	540	500	900															

Quadro de Cargas (QD17)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 148	Tomadas (W) 100	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	15		2242	2220	S		2220			10.2		0.99	1.00	0.80	12.7	10.2	4	32.0	3	16	1.88	4.35	OK
	a				3		448	444	S		444			2.0			1.00	0.80	2.5		4	32.0					OK
	b				3		448	444	S		444			2.0			1.00	0.80	2.5		4	32.0					OK
	c				3		448	444	S		444			2.0			1.00	0.80	2.5		4	32.0					OK
	d				3		448	444	S		444			2.0			1.00	0.80	2.5		4	32.0					OK
	e				3		448	444	S		444			2.0			1.00	0.80	2.5		4	32.0					OK
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		10	1111	1000	R	1000			4.5			0.90	1.00	0.80	5.7	5.1	2.5	24.0	3	10	1.25	3.72	OK
TOTAL					15	10	3354	3220	R+S+T	1000	2220	0															

Quadro de Cargas (QD18)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W) 8	18	Tomadas (W) 100	5400	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	In - R (A)	In - S (A)	In - T (A)	FP	FCT	FCA	In' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação - Vestiário M	F+N	B1	220 V	3	4			105	98	R	98			0.4			0.93	1.00	0.80	0.4	0.5	1.5	17.5	3	10	0.04	3.98	OK
	a					4			78	72	R	72			0.4				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	d				1				9	9	R	9			0.0				1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	b				1				9	9	R	9			0.0				1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	c				1				9	9	R	9			0.0				1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral - Vestiário M	F+N+T	B1	220 V			2		222	200	R	200			1.0			0.90	1.00	0.80	1.3	1.0	2.5	24.0	3	10	0.05	3.99	OK
3	Chuveiro - Vestiário M	F+N+T	B1	220 V				1	5400	5400	S		5400			24.5		1.00	1.00	1.00	24.5	24.5	4	32.0	3	25	0.76	4.71	OK
4	Iluminação - WC	F+N	B1	220 V		2			39	36	R	36			0.2			0.92	1.00	0.80	0.2	0.2	1.5	17.5	3	10	0.01	3.95	OK
	e					2			39	36	R	36			0.2				1.00	0.80	0.2		1.5	17.5					OK
5	Tomadas de uso geral - WC	F+N+T	B1	220 V			1		111	100	R	100			0.5			0.90	1.00	0.80	0.6	0.5	2.5	24.0	3	10	0.01	3.96	OK
6	Iluminação - Vestiário F	F+N	B1	220 V	3	4			105	98	R	98			0.4			0.93	1.00	0.80	0.4	0.5	1.5	17.5	3	10	0.04	3.98	OK
	f					4			78	72	R	72			0.4				1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	i				1				9	9	R	9			0.0				1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	h				1				9	9	R	9			0.0				1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	g				1				9	9	R	9			0.0				1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
7	Tomadas de uso geral - Vestiário F	F+N+T	B1	220 V			2		222	200	R	200			1.0			0.90	1.00	0.80	1.3	1.0	2.5	24.0	3	10	0.04	3.99	OK
8	Chuveiro - Vestiário F	F+N+T	B1	220 V				1	5400	5400	T			5400			24.5	1.00	1.00	1.00	24.5	24.5	4	32.0	3	25	0.56	4.50	OK
TOTAL					6	10	5	2	11605	11531	R+S+T	731	5400	5400															

APÊNDICE C
Projeto de Nova Infraestrutura Elétrica

Proprietário:

Prefeitura Municipal de Flores da Cunha

Endereço:
Rua 14 de Julho, 1111- Bairro Vindima

Município:
Flores da Cunha - RS

Obra:
Local: Escola Mun. Ens. Fund. 1º de Maio

Assunto:
Quadros de Cargas

Data: nov/19

Escala: Indicada

Prancha: 3/3

Universidade de Caxias do Sul

Disciplina:
Trabalho de Conclusão II
Curso:
Engenharia Elétrica

Acadêmico:
William Machado Pradella

APÊNDICE D – Lista de materiais

(continua)

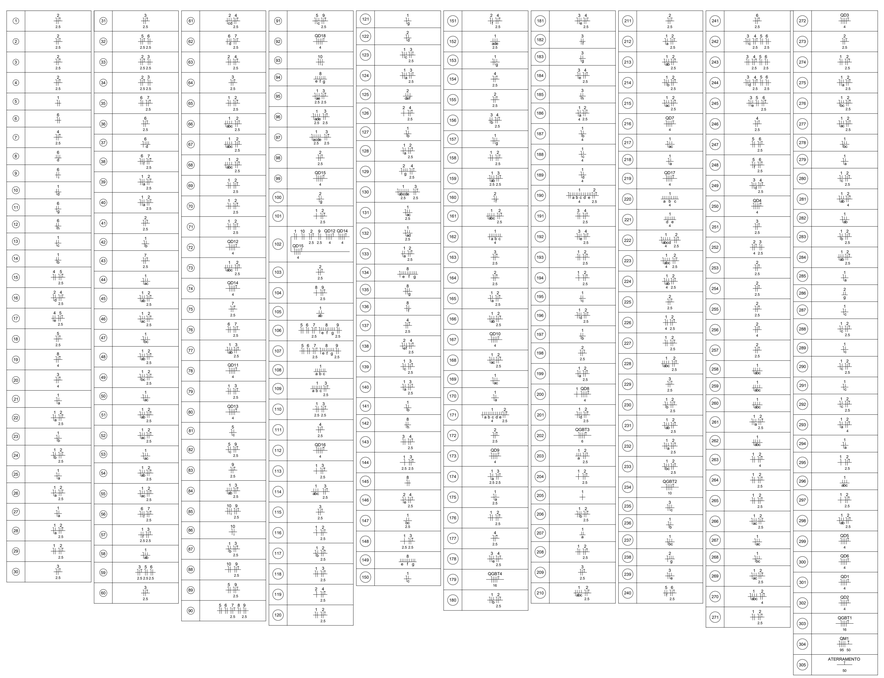
Elétrica	
Acessórios p/ eletrodutos	
Arruela zamak	
1.1/2"	3 pç
1/2"	1 pç
Bucha zamak	
1.1/2"	3 pç
1/2"	1 pç
Caixa PVC	
4x2"	33 pç
Caixa PVC octogonal	
3x3"	213 pç
Condulete PVC 5 entradas	
1/2"	5 pç
3/4"	166 pç
Condulete PVC encaixe tipo C	
3/4"	28 pç
Condulete PVC encaixe tipo E	
3/4"	20 pç
Curva 180° PVC rosca	
1.1/2"	1 pç
Curva 90° PVC longa rosca	
1.1/2"	1 pç
1/2"	1 pç
Luva PVC rosca	
1.1/2"	3 pç
1.1/4"	8 pç
1/2"	2 pç
2.1/2"	4 pç
3"	15 pç
3/4"	13 pç
4"	17 pç
Acessórios uso geral	
Arame aço galvanizado	
14BWG	1 m
Arruela de pressão galvan.	
1/4"	88 pç
Bucha de nylon	
S4	632 pç
S6	133 pç
S8	101 pç
Fita isolante autofusão	
20m	1 pç
Parafuso fenda galvan. cab. panela	
2,9x10mm autoatarrachante	28 pç
2,9x25mm autoatarrachante	604 pç
4,2x32mm autoatarrachante	45 pç
4,8x45mm autoatarrachante	88 pç
6,3x50mm autoatarrachante	101 pç
Cabo Unipolar (cobre)	
Isol.PVC - 450/750V (ref. Pirastic Ecoplus BWF Flexivel)	
1.5 mm² - Amarelo	833.3 m
1.5 mm² - Azul claro	531.8 m
1.5 mm² - Branco	281.4 m
10 mm² - Azul claro	26.8 m
10 mm² - Branco	26.8 m
10 mm² - Preto	26.8 m
10 mm² - Verde-amarelo	26.8 m
10 mm² - Vermelho	26.8 m
16 mm² - Azul claro	54 m
16 mm² - Branco	54 m
16 mm² - Preto	54 m
16 mm² - Verde-amarelo	54 m
16 mm² - Vermelho	54 m
2.5 mm² - Amarelo	221.55 m
2.5 mm² - Azul claro	1056.2 m
2.5 mm² - Branco	548.05 m
2.5 mm² - Preto	191.3 m
2.5 mm² - Verde-amarelo	893.75 m
2.5 mm² - Vermelho	231.4 m
4 mm² - Amarelo	482.15 m
4 mm² - Azul claro	345.35 m
4 mm² - Branco	198.9 m
4 mm² - Preto	267.7 m
4 mm² - Verde-amarelo	241.6 m
4 mm² - Vermelho	204.5 m
6 mm² - Azul claro	46.8 m
6 mm² - Branco	46.8 m
6 mm² - Preto	46.8 m
6 mm² - Verde-amarelo	46.8 m
6 mm² - Vermelho	46.8 m
Isol.PVC - ench.PVC - 0,6/1kV (ref. Prysmian Sintenax)	
16 mm² - Azul claro	1.8 m
16 mm² - Branco	1.8 m
16 mm² - Preto	1.8 m
16 mm² - Verde-amarelo	1.8 m
16 mm² - Vermelho	1.8 m
4 mm² - Azul claro	31.1 m
4 mm² - Branco	31.1 m
4 mm² - Preto	31.1 m
4 mm² - Verde-amarelo	31.1 m
4 mm² - Vermelho	31.1 m
50 mm² - Verde-amarelo	13.1 m
95 mm² - Azul claro	13.1 m
95 mm² - Branco	13.1 m
95 mm² - Preto	13.1 m
95 mm² - Vermelho	13.1 m
Cobre Nu - Classe 2A (ref. Nexans Brasil)	
50 mm²	33.95 m
Dispositivo Elétrico - embutido	
Placa 2x4"	
Placa c/ furo	1 pç
Placa p/ 1 função	20 pç
S/ placa	
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 10A	20 pç
Dispositivo Elétrico - sobrepor	
S/ placa	
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 10A	156 pç
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 20A	13 pç
interruptor 1 tecla paralela	4 pç
interruptor 1 tecla simples	17 pç
interruptor 2 teclas paralelas	2 pç
interruptor 2 teclas simples	5 pç
interruptor 3 teclas paralelas	6 pç
interruptor 3 teclas simples	14 pç
Tampa PVC p/ condulete	
1 função hexagonal	169 pç
Tampa PVC p/ condulete 3/4"	
1 função retangular	21 pç
2 funções retangulares	7 pç
3 funções retangulares	20 pç
Dispositivo de Comando	
Interruptor autom. por presença	
220V - 500W resistivo	12 pç
Relé fotoelétrico	
fotocélula	1 pç
Relé temporizado	
Simples	1 pç

(conclusão)

Dispositivo de Proteção	
Disjuntor Tripolar Termomagnético - norma DIN (Curva C)	
10 A - 3 kA	12 pç
16 A - 3 kA	20 pç
25 A - 3 kA	6 pç
50 A - 3 kA	2 pç
63 A - 3 kA	4 pç
Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN (Curva C)	
10 A - 3 kA	66 pç
16 A - 3 kA	12 pç
25 A - 3 kA	3 pç
Disjuntor tripolar termomagnético (380 V/220 V) - DIN (Curva C)	
200 A - 18 kA	1 pç
Dispositivo de proteção contra surto	
275 V - 80 KA	89 pç
Interruptor tetrapolar DR (3 fases/neutro - In 30mA) - DIN	
25 A	4 pç
63 A	2 pç
50 A	2 pç
125 A	2 pç
Eletroduto PVC flexível	
Eletroduto leve	
1"	152.2 m
3/4"	1082.4 m
Eletroduto pesado	
3"	45.8 m
4"	31.1 m
Eletroduto PVC rosca	
Braçadeira galvan. tipo cunha	
1.1/2"	4 pç
1.1/4"	27 pç
2.1/2"	14 pç
3"	47 pç
3/4"	242 pç
4"	54 pç
Eletroduto, vara 3,0m	
1.1/2"	4.6 m
1.1/4"	26.8 m
1/2"	1 m
2.1/2"	13.1 m
3"	46.8 m
3/4"	206.8 m
4"	54 m
Luminária e acessórios	
Luminária tubular LED	
Luminária tubular 2x18 W	165 pç
Luminária tubular 1x18 W	35 pç
Arandela 1x8,5 W	7 pç
Soquete	
base E 27	20 pç
base G 13	730 pç
Lâmpadas Led	
Bulbo - A60	
8,5 W	20 pç
Refletores	
148 W	31 pç
Tubular Led	
18W	365 pç
Material p/ entrada serviço	
Armação secundária aço laminado	
1 estribo	1 pç
Caixa inspeção de aterramento	
200x200x200mm	1 pç
Haste de aterramento aço/cobre	
d=15mm, comprimento 2,4m	1 pç
Isolador roldana 600V	
Porcelana vidrada	1 pç
Parafuso aço galvanizado cabeça quadr.	
Rosca M16x2, comprim. 150mm	1 pç
Poste concreto armado	
Comprimento 7,0m	1 pç
Quadro de medição - CPFL	
Edifício de uso coletivo - embutir	
Caixa medição tipo H	1 pç
Quadro distrib. chapa pintada - sobrepor	
Barr. trif., disj. geral, compacto - UL (Ref. Moratori)	
Cap. 14 disj. unip. - In barr. 100 A	22 pç
Aterramento	
Caixa inspeção de aterramento n2	
300x300x400mm	5 pç
Haste de aterramento aço/cobre	
d=12,7mm, comprimento 2,4m	5 pç

Planta Baixa _ Escala 1/100

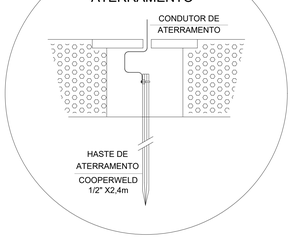
Legenda de fiação



Legenda de condutos

Direta
Teto
Alta
Média
Baixa

DETALHE I
DETALHE DE ATERRAMENTO



Legenda

	Arandela com Lâmpada Led 1x8,5W
	Caixa de inspeção Tubo de aterramento n2
	Entrada de serviço
	Fotocélula
	Haste de aterramento
	Interruptor autom. Por presença
	Interruptor paralelo 1 tecla a 1,20m do piso
	Interruptor paralelo 2 teclas a 1,20m do piso
	Interruptor paralelo 3 teclas a 1,20m do piso
	Interruptor simples 1 tecla a 1,20m do piso
	Interruptor simples 2 teclas a 1,20m do piso
	Interruptor simples 3 teclas a 1,20m do piso

	Lâmpada Led 2x18 W
	Lâmpada Led 1x18 W
	Lâmpada Led 1x8,5W
	Quadro de distribuição
MED	Quadro de medição
	Refletor de Led
	Tomada média a 0,85m do piso
	Tomada alta a 1,80m do piso
	Tomada baixa a 0,30m do piso
	Tomada teto a 2,90m do piso

APÊNDICE E
Projeto de Nova Infraestrutura Elétrica

Proprietário:
Prefeitura Municipal de Flores da Cunha

Endereço:
Rua 14 de Julho, 1111- Bairro Vindima

Município:
Flores da Cunha - RS

Obra:
Local: Escola Mun. Ens. Fund. 1º de Maio

Assunto:
Planta Baixa - Instalação Elétrica

Data: nov/19

Escala: Indicada

Prancha: 1/2

Universidade de Caxias do Sul

Disciplina:
Trabalho de Conclusão II
Curso:
Engenharia Elétrica

Acadêmico:
William Machado Pradella

Quadro de Cargas (QM1)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FP	FCT	FCA	Ir' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
QGBT3	Quadra Esportiva	3F+N+T	B1	380/220 V	16208	15995	R+S+T	5195	5400	5400	24.6	24.6	4	36.0	3	25	2.69	3.01	OK
QGBT4	Geral 02	3F+N+T	B1	380/220 V	24512	21882	R+S+T	5602	5440	10840	27.2	28.6	55.7	0.99	1.00	1.00	50.7	10.7	16	68.0	3	63	2.63	2.95	OK
QGBT2	Banheiros	3F+N+T	B1	380/220 V	17260	15826	R+S+T	2892	9204	3730	14.3	45.5	18.7	0.92	1.00	1.00	45.5	45.5	10	50.0	3	50	1.71	2.03	OK
QGBT1	Geral 01	3F+N+T	B1	380/220 V	22798	20610	R+S+T	12000	4540	4070	56.9	20.2	20.2	0.90	1.00	1.00	56.9	56.9	16	68.0	3	63	0.09	0.41	OK
TOTAL					80778	74312	R+S+T	25689	24584	24040												

Quadro de Cargas (QGBT1)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FP	FCT	FCA	Ir' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
QD1	Sala de Aula 01	3F+N+T	B1	380/220 V			1381	1234	R+S+T	910	324					4.7	1.6	4	10	0.52	0.92	OK
QD2	Sala de Aula 02	3F+N+T	B1	380/220 V			4892	4394	R+S+T	3160	910	324				16.0	1.6	4.7	10	0.90	1.42	OK
QD3	Sala de Reforço	3F+N+T	B1	380/220 V			1045	926	R+S+T	710	216					3.7	1.0	2	10	0.30	0.70	OK
QD4	Sala de Informática	3F+N+T	B1	380/220 V			8781	7894	R+S+T	4410	324	3160				22.4	1.6	16.0	10	1.19	1.60	OK
QD5	Sala de Leitura	3F+N+T	B1	380/220 V			1159	1034	R+S+T	710	324					3.7	1.6	2	10	0.33	0.44	OK
QD6	Direção	3F+N+T	B1	380/220 V			2636	2388	R+S+T	2100	288					10.6	1.4	6	10	0.71	0.96	OK
1	Iluminação - Corredor B	F+N	B1	220 V	15		284	270	S		270					1.3		0.96	1.00	0.80	1.6	1.3	1.5	17.5	3	10	0.31	0.71	OK
	a				5		95	90	S		90					0.4			1.00	0.80	0.5		1.5	17.5					OK
	b				5		95	90	S		90					0.4			1.00	0.80	0.5		1.5	17.5					OK
	c				5		95	90	S		90					0.4			1.00	0.80	0.5		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral - Corredor B	F+N+T	B1	220 V		5	558	500	S		500					2.5		0.90	1.00	0.80	3.2	2.5	2.5	24.0	3	10	0.26	0.67	OK
3	Iluminação - Corredor C	F+N	B1	220 V	11		208	198	S		198					0.9		0.95	1.00	0.65	1.5	0.9	1.5	17.5	3	10	0.26	0.66	OK
	c				4		76	72	S		72					0.3			1.00	0.65	0.5		1.5	17.5					OK
	e				4		76	72	S		72					0.3			1.00	0.65	0.5		1.5	17.5					OK
	d				3		57	54	S		54					0.3			1.00	0.65	0.4		1.5	17.5					OK
4	Tomadas de uso geral - Corredor C	F+N+T	B1	220 V		3	333	300	S		300					1.5		0.90	1.00	0.65	2.3	1.5	2.5	24.0	3	10	0.21	0.62	OK
5	Iluminação Depósito Banda	F+N	B1	220 V	4		76	72	S		72					0.3		0.95	1.00	0.65	0.5	0.3	1.5	17.5	3	10	0.16	0.57	OK
	f				4		76	72	S		72					0.3			1.00	0.65	0.5		1.5	17.5					OK
6	Tomadas de uso geral - Depósito Banda	F+N+T	B1	220 V		4	444	400	S		400					2.0		0.90	1.00	0.65	3.1	2.0	2.5	24.0	3	10	0.53	0.94	OK
7	Reserva	F+N+T	B1	220 V			1000	1000	S		1000					4.5		1.00	1.00	1.00	4.5	4.5	2.5	24.0	3	10	0.00	0.00	OK
TOTAL					30	12	22798	20610	R+S+T	12000	4540	4070												

Quadro de Cargas (QGBT2)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FP	FCT	FCA	Ir' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
QD7	Sala de Aula 03	3F+N+T	B1	380/220 V	8	18	100	3746	3362	R+S+T	324	2128	910	1.6	10.7	4.7	4	28.0	3	16	0.09	2.12	OK
QD8	Sala de Aula 04	3F+N+T	B1	380/220 V				3746	3362	R+S+T	324	2128	910	1.6	10.7	4.7	4	28.0	3	16	0.09	2.12	OK
QD9	Sala de Aula 05	3F+N+T	B1	380/220 V				3746	3362	R+S+T	324	2128	910	1.6	10.7	4.7	4	28.0	3	16	0.09	2.12	OK
QD10	Sala dos Professores	3F+N+T	B1	380/220 V				894	816	R+S+T	216	600		1.0	3.0	0.91	1.00	1.00	3.0	3.0	4	28.0	3	10	0.18	2.20	OK
QD17	Pátio Coberto	3F+N+T	B1	380/220 V				3354	3220	R+S+T	1000	2220	0	5.1	10.2	0.96	1.00	1.00	10.2	4	28.0	3	16	0.44	2.47	OK
1	Iluminação - WC F	F+N	B1	220 V	4	4		114	106		106					0.4		0.93	1.00	0.80	0.5	0.5	1.5	17.5	3	10	0.02	2.05	OK
	d				4	4		78	72		72					0.4			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
	c					1		9	9	R	9					0.0			1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	b					1		9	9	R	9					0.0			1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	f					2		18	17	R	17					0.1			1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
2	Tomadas de uso geral - WC F	F+N+T	B1	220 V			3	333	300	R	300					1.5		0.90	1.00	0.80	1.9	1.5	2.5	24.0	3	10	0.05	2.07	OK
3	Iluminação - WC M	F+N	B1	220 V	3	4		105	98	R	98					0.5		0.93	1.00	0.80	0.4	0.3	1.5	17.5	3	10	0.03	2.06	OK
	f				1			9	9	R	9					0.0			1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	g				1			9	9	R	9					0.0			1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	h				1			9	9	R	9					0.0			1.00	0.80	0.1		1.5	17.5					OK
	e					4		78	72	R	72					0.4			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
4	Tomadas de uso geral - WC M	F+N+T	B1	220 V			2	222	200	R	200					1.0		0.90	1.00	0.80	1.3	1.0	2.5	24.0	3	10	0.02	2.05	OK
5	Reserva	F+N+T	B1	220 V				1000	1000	T														
TOTAL					7	8	5	17260	15826	R+S+T	2892	9204	3730											

Quadro de Cargas (QGBT3)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FP	FCT	FCA	Ir' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
QD18	Vestiários	3F+N+T	B1	380/220 V	8	18	148	100		11605	11531	R+S+T	731	5400	5400	3.7	24.5	24.5	0.99	1.00	1.00	24.5	24.5	4
1	Iluminação - Quadra	F+N	B1	220 V		2	16			2430	2404	R	2404			10.9			0.99	1.00	0.80	13.6	11.0	2
	a					4				598	592	R	592			2.7			1.00	0.80	3.4		2.5	24.0
	e					3				448	444	R	444			2.0			1.00	0.80	2.5		2.5	24.0
	d					3				448	444	R	444			2.0			1.00	0.80	2.5		2.5	24.0
	c					3				448	444	R	444			2.0			1.00	0.80	2.5		2.5	24.0
	b					3				448	444	R	444			2.0			1.00	0.80	2.5		2.5	24.0
	f				2					38	36	R	36			0.2			1.00	0.80	0.2		2.5	24.0
2	Iluminação - Externo	F+N	B1	220 V	7					63	60	R	60			0.3		0.95	1.00	0.80	0.4	0.3	1.5	17.5	3	10	0.25	3.25	OK
	g					7				63	60	R	60			0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5					OK
3	Tomadas de uso geral - Quadra	F+N+T	B1	220 V			8	889	800	R	800					3.0		0.90	1.00	0.80	3.8	4.0	2.5	24.0	3	10	0.69	3.70	OK
4	Tomadas de uso geral - Externo	F+N+T	B1	220 V			2	222	200	R	200					1.0		0.90	1.00	0.80	1.3	1.0	2.5	24.0	3	10	0.20	3.20	OK
5	Reserva	F+N+T	B1	220 V				1000	1000	T	1000					4.5		1.00	1.00	1.00	4.5	4.5	2.5	24.0	3	10	0.00	0.00	OK
TOTAL					7	2	16	10	16208	15995	R+S+T	5195	5400	5400										

Quadro de Cargas (QGBT4)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FP	FCT	FCA	Ir' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
QD11	Sala de Aula 06	3F+N+T	B1	380/220 V		18	100	3615	3244	R+S+T	324	910	2110	1.6	10.7	4.2	4	28.0	3	16	0.63	3.58	OK
QD12	Sala de Aula 07	3F+N+T	B1	380/220 V				3726	3344	R+S+T	324	910	2110	1.6	4.7	10.7	0.90	1.00	0.70	15.2	10.7	4	28.0	3
QD13	Sala de Aula 08	3F+N+T	B1	380/220 V				3726	3344	R+S+T	324	910	2110	1.6	4.7	10.7	0.90	1.00	0.70	15.2	10.7	4	28.0	3
QD14	Sala de Aula 09	3F+N+T	B1	380/220 V				3726	3344	R+S+T	324	910	2110	1.6	4.7	10.7	0.90	1.00	0.70	15.2	10.7	4	28.0	3
QD19	Cozinha	3F+N+T	B1	380/220 V				4973	4180	R+S+T	1280	1400	1500	6.4	7.6	8.5	0.84	1.00	0.70	12.2	8.5	4	28.0	3
QD18	Refeitório/Brinquedoteca	3F+N+T	B1	380/220 V				2124	1940	R+S+T	540	500	900	2.6	2.5	4.5	0.91	1.00	1.00	4.5	4.5	4	28.0	3
1	Iluminação - Ed. Física 01	F+N	B1	220 V		2		38	36	R	36					0.2		0.95	1.00	0.75	0.2	0.2	1.5	17.5	3
	a					2		38	36	R	36					0.2			1.00	0.75	0.2		1.5	17.5
2	Tomadas de uso geral - Ed. Física 01	F+N+T	B1	220 V			2	222	200	R	200					1.0		0.90	1.00	0.70	1.4	1.0	2.5	24.0
3	Iluminação - Ed. Física 02	F+N	B1	220 V		2		38	36	R	36					0.2		0.95	1.00	0.80	0.2	0.2	1.5	17.5
	a					2		38	36	R	36					0.2			1.00	0.80	0.2		1.5	17.5
4	Tomadas de uso geral - Ed Física 02	F+N+T	B1	220 V			2	222	200	R	200					1.0		0.90	1.00	0.80	1.3	1.0	2.5	24.0
5	Iluminação - Corredor A	F+N	B1	220 V		3		57	54	R	54					0.3		0.95	1.00	0.60	0.4	0.3	1.5	17.5
	c					3		57	54	R	54					0.3			1.00	0.60	0.4		1.5	17.5
6	Iluminação - Corredor E	F+N	B1	220 V		2		38	36	R	36					0.2		0.95	1.00	0.60	0.3	0.2	1.5	17.5
	d					2		38	36	R	36					0.2			1.00	0.60	0.3		1.5	17.5
7	Tomadas de uso geral - Corredor E	F+N+T	B1	220 V			1	111	100	R	100					0.5		0.90	1.00	0.60	0.8	0.5	2.5	24.0
8	Iluminação - Saguão Ed. Física	F+N	B1	220 V		14		265	252	R	252					1.0		0.95	1.00	0.60	1.7	1.2	1.5	17.5
	b					4		76	72	R	72					0.3			1.00	0.60	0.6		1.5	17.5
	f					4		76	72	R	72					0.3			1.00	0.60	0.6		1.5	17.5
	e					4		76	72	R	72					0.3			1.00	0.60	0.6		1.5	17.5
	h					2		38	36	R	36					0.2			1.00	0.60	0.3		1.5	17.5
9	Tomadas de uso geral - Saguão Ed. Física/Corredor D/Corredor A	F+N+T	B1	220 V		5		556	500	R	500					1.5		0.90	1.00	0.60	2.5	2.5	2.5	24.0
10	Iluminação - Corredor D	F+N	B1	220 V			4	76	72	R	72					0.3		0.95	1.00	0.70	0.5	0.3	1.5	17.5
	i						4	76	72	R	72					0.3			1.00	0.70	0.5		1.5	17.5
11	Reserva	F+N+T	B1	220 V				1000	1000	R	1000					4.5		1.00	1.00	1.00	4.5	4.5	2.5	24.0
TOTAL						27	10	24512	21882	R+S+T	5602	5440	10840											

Quadro de Cargas (QD1)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FP	FCT	FCA	Ir' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18			341	324	S	324					1.6		0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5
	a				6			114	108	S	108					0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5
	b				4			76	72	R	72					0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5
	c				8			152	144	S	144					0.7			1.00	0.80	0.9		1.5	17.5
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1	1040	910	T		910				4.2		0.87	1.00	0.80	5.3	4.7	2.5	24.0
TOTAL					18	7	1	1381	1234	R+S+T	910	324	0											

Quadro de Cargas (QD2)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FP	FCT	FCA	Ir' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18	100	210	2128	1946	R+S+T	540	500	900	2.6	2.5	4.5	0.91	1.00	1.00	4.5	4.5	4	28.0	3
	a				6			114	108	S	108					0.5		0.95	1.00	0.80	0.6	0.5	1.5	17.5
	b				6			114	108	S	108					0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5
	c				4			76	72	R	72					0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5
	e				4			76	72	S	72					0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5
	d				3			57	54	S	54					0.3			1.00	0.80	0.3		1.5	17.5
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1	1040	910	T		910				4.2		0.87	1.00	0.80	5.3	4.7	2.5	24.0
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				4892	4394	R+S+T	3160	324	910					0.90	1.00	1.00	16.0	16.0	2.5	24.0
TOTAL					18	7	1	1	6893	R+S+T	3700	1234	1810											

Quadro de Cargas (QD3)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FP	FCT	FCA	Ir' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18	100	210	2128	1946	R+S+T	540	500	900	2.6	2.5	4.5	0.91	1.00	1.00	4.5	4.5	4	28.0	3
	a				6			114	108	S	108					0.5		0.95	1.00	0.80	0.6	0.5	1.5	17.5
	b				6			114	108	S	108					0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5
	c				4			76	72	S	72					0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5
	e				4			76	72	S	72					0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5
	d				3			57	54	S	54					0.3			1.00	0.80	0.3		1.5	17.5
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1	1040	910	T		910				4.2		0.87	1.00	0.80	5.3	4.7	2.5	24.0
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				4892	4394	R+S+T	3160	324	910					0.90	1.00	1.00	16.0	16.0	2.5	24.0
TOTAL					18	7	1	1	6893	R+S+T	3700	1234	1810											

Quadro de Cargas (QD4)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FP	FCT	FCA	Ir' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18			341	324	S	324					1.6		0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5
	a				6			114	108	S	108					0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5
	b				6			114	108	S	108					0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5
	c				4			76	72	R	72					0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1	1040	910	T		910				4.2		0.87	1.00	0.80	5.3	4.7	2.5	24.0
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				4394	2128	R+S+T	2128	910	2110			10.7		0.90	1.00	1.00	10.7	10.7	2.5	24.0
TOTAL					18	7	1	1	6893	R+S+T	3700	1234	1810											

Quadro de Cargas (QD5)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FP	FCT	FCA	Ir' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18			341	324	S	324					1.6		0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5
	a				6			114	108	S	108					0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5
	b				6			114	108	S	108					0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5
	c				4			76	72	R	72					0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5
	e				4			76	72	S	72					0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5
	d				3			57	54	S	54					0.3			1.00	0.80	0.3		1.5	17.5
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1	1040	910	T		910				4.2		0.87	1.00	0.80	5.3	4.7	2.5	24.0
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				4394	2128	R+S+T	2128	910	2110			10.7		0.90	1.00	1.00	10.7	10.7	2.5	24.0
TOTAL					18	7	1	1	6893	R+S+T	3700	1234	1810											

Quadro de Cargas (QD6)

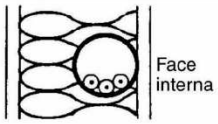
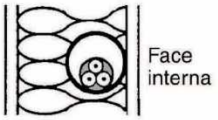
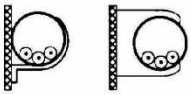
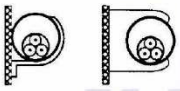
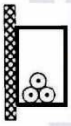
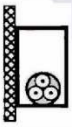
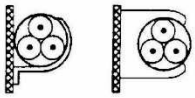
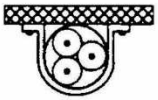
Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FP	FCT	FCA	Ir' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18			303	288	S	288					1.4		0.95	1.00	0.80	1.7	1.4	1.5	17.5
	b				6			152	144	S	144					1.0			1.00	0.80	0.9		1.5	17.5
	a				8			152	144	S	144					0.7			1.00	0.80	0.9		1.5	17.5
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		3	3	2333	2100	R	2100					10.6		0.90	1.00	0.80	13.3	10.6	2.5	24.0
TOTAL					16	3	3	2636	2388	R+S+T	2100	288	0											

Quadro de Cargas (QD7)

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	Tensão (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pot. total. (VA)	Pot. total. (W)	Fases	Pot. - R (W)	Pot. - S (W)	Pot. - T (W)	FP	FCT	FCA	Ir' (A)	Ip (A)	Seção (mm2)	Ic (A)	Icc (kA)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status
1	Iluminação	F+N	B1	220 V	18	100	210	2128	1946	R+S+T	540	500	900	2.6	2.5	4.5	0.91	1.00	1.00	4.5	4.5	4	28.0	3
	a				6			341	324	R	324					1.6		0.95	1.00	0.80	1.9	1.6	1.5	17.5
	b				6			114	108	R	108					0.5			1.00	0.80	0.6		1.5	17.5
	a				4			76	72	R	72					0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5
	c				4			76	72	R	72					0.3			1.00	0.80	0.4		1.5	17.5
2	Tomadas de uso geral	F+N+T	B1	220 V		7	1	1040	910	T		910				4.2		0.87	1.00	0.80	5.3	4.7	2.5	24.0
3	Ar condicionado	F+N+T	B1	220 V				4394	2128	R+S+T	2128	910	2110			10.7		0.90	1.00	1

ANEXO A – Tipos de linhas elétricas

(continua)

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

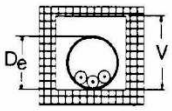
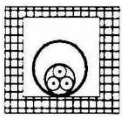
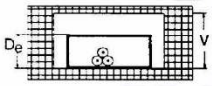
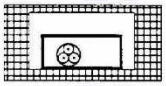
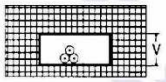
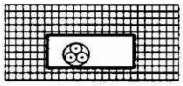
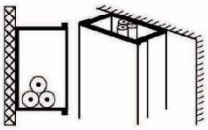
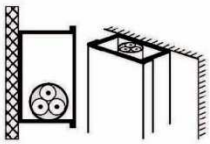
Fonte - ABNT NBR 5410:2008.

(continuação)

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

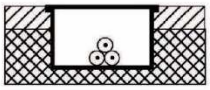
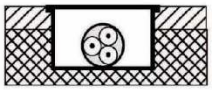
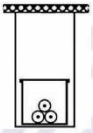
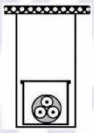
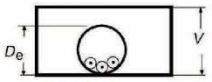
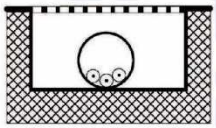
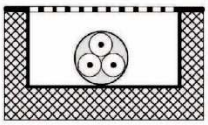
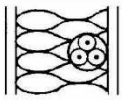
Fonte - ABNT NBR 5410:2008.

(continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência[1)]
22		Condutores isolados em eletroduto de seção circular em espaço de construção [5) 7)]	$1,5\ D_e \leq V < 20\ D_e$ B2 $V \geq 20\ D_e$ B1
23		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção circular em espaço de construção [5) 7)]	B2
24		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção[5)]	$1,5\ D_e \leq V < 20\ D_e$ B2 $V \geq 20\ D_e$ B1
25		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular ou eletrocalha em espaço de construção [5)]	B2
26		Condutores isolados em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria[6)]	$1,5 \leq V < 5\ D_e$ B2 $5\ D_e \leq V < 50\ D_e$ B1
27		Cabos unipolares ou cabo multipolar em eletroduto de seção não-circular embutido em alvenaria	B2
31 32		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B1
31ª 32ª		Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B2

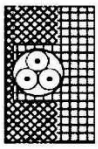
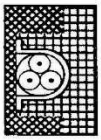
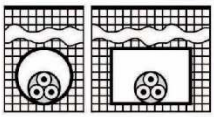
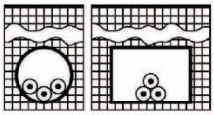
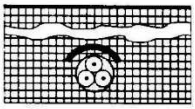
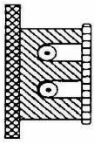
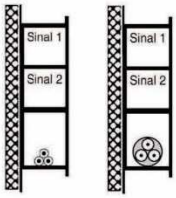
Fonte - ABNT NBR 5410:2008.

(continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência[1)]
33		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada embutida no piso	B1
34		Cabo multipolar em canaleta fechada embutida no piso	B2
35		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)	B1
36		Cabo multipolar em eletrocalha ou perfilado suspensa(o)	B2
41		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular contido em canaleta fechada com percurso horizontal ou vertical [7)]	$1{,}5\ D_e \leq V < 20\ D_e$ B2 $V \geq 20\ D_e$ B1
42		Condutores isolados em eletroduto de seção circular contido em canaleta ventilada embutida no piso	B1
43		Cabos unipolares ou cabo multipolar em canaleta ventilada embutida no piso	B1
51		Cabo multipolar embutido diretamente em parede termicamente isolante [2)]	A1

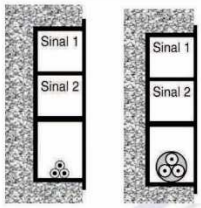
Fonte - ABNT NBR 5410:2008.

(continuação)

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência[1)]
52		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional	C
53		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria com proteção mecânica adicional	C
61		Cabo multipolar em eletroduto(de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)	D
61A		Cabos unipolares em eletroduto(de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)[8)]	D
63		Cabos unipolares ou cabo multipolar diretamente enterrado(s), com proteção mecânica adicional[9)]	D
71		Condutores isolados ou cabos unipolares em moldura	A1
72 72A	 72 72A	72 - Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta provida de separações sobre parede 72A - Cabo multipolar em canaleta provida de separações sobre parede	B1 B2
73		Condutores isolados em eletroduto, cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) em caixilho de porta	A1

Fonte - ABNT NBR 5410:2008.

(conclusão)

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

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

2) Assume-se que a face interna da parede apresenta uma condutância térmica não inferior a 10 $W/m^2.K$.

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

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

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

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

– três cabos unipolares (ou condutores isolados) dispostos em trifólio: De deve ser tomado igual a 2,2 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado;

– três cabos unipolares (ou condutores isolados) agrupados num mesmo plano: De deve ser tomado igual a 3 vezes o diâmetro do cabo unipolar ou condutor isolado.

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

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

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

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

Fonte - ABNT NBR 5410:2008.

ANEXO B – Queda de tensão em V/A.km, cabos Sintenax, Sintenax Flex e Voltalene

➢ Cabo Sintenax, Cabo Sintenax Flex e Voltalene.

seções nominais (mm²)	instalação ao ar livre(C)																	
	cabos unipolares(D)														cabos uni e bipolares		cabos tri e tetrapolares	
	circuito monofásico						circuito trifásico						circuito trifásico(B)		circuito monofásico(B)		circuito trifásico	
	s=10cm		s=20cm		s=2D		s=10cm		s=20cm		s=2D							
	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95	FP-0,8	FP-0,95
1,5	23,6	27,8	23,7	27,8	23,4	27,6	20,5	24,0	20,5	24,1	20,3	24,0	20,2	23,9	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14,6	17,1	14,7	17,1	14,4	17,0	12,7	14,8	12,7	14,8	12,5	14,7	12,4	14,7	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9,3	10,7	9,3	10,7	9,1	10,6	8,0	9,3	8,1	9,3	7,9	9,2	7,8	9,2	9,0	10,6	7,8	9,1
6	6,3	7,2	6,4	7,2	6,1	7,1	5,5	6,3	5,5	6,3	5,3	6,2	5,2	6,1	6,0	7,1	5,2	6,1
10	3,9	4,4	3,9	4,4	3,7	4,3	3,4	3,8	3,4	3,8	3,2	3,7	3,2	3,7	3,6	4,2	3,1	3,7
16	2,6	2,8	2,6	2,8	2,4	2,7	2,2	2,4	2,3	2,5	2,1	2,4	2,0	2,3	2,3	2,7	2,0	2,3
25	1,73	1,83	1,80	1,86	1,55	1,76	1,52	1,59	1,57	1,62	1,40	1,53	1,32	1,49	1,50	1,71	1,31	1,48
35	1,33	1,36	1,39	1,39	1,20	1,29	1,17	1,19	1,22	1,22	1,06	1,13	0,98	1,09	1,12	1,25	0,97	1,08
50	1,05	1,04	1,11	1,07	0,93	0,97	0,93	0,91	0,98	0,94	0,82	0,85	0,75	0,82	0,85	0,93	0,74	0,81
70	0,81	0,76	0,87	0,80	0,70	0,71	0,72	0,67	0,77	0,70	0,63	0,62	0,55	0,59	0,62	0,67	0,54	0,58
95	0,65	0,59	0,71	0,62	0,56	0,54	0,58	0,52	0,64	0,55	0,50	0,47	0,43	0,44	0,48	0,50	0,42	0,43
120	0,57	0,49	0,63	0,52	0,48	0,44	0,51	0,43	0,56	0,46	0,43	0,39	0,36	0,36	0,40	0,41	0,35	0,35
150	0,50	0,42	0,56	0,45	0,42	0,38	0,45	0,37	0,51	0,40	0,38	0,34	0,31	0,30	0,35	0,34	0,30	0,30
185	0,44	0,36	0,51	0,39	0,37	0,32	0,40	0,32	0,46	0,35	0,34	0,29	0,27	0,25	0,30	0,29	0,26	0,25
240	0,39	0,30	0,45	0,33	0,33	0,27	0,35	0,27	0,41	0,30	0,30	0,24	0,23	0,21	0,26	0,24	0,22	0,20
300	0,35	0,26	0,41	0,29	0,30	0,23	0,32	0,23	0,37	0,26	0,28	0,21	0,21	0,18	0,23	0,20	0,20	0,18
400	0,32	0,22	0,37	0,26	0,27	0,21	0,29	0,20	0,34	0,23	0,25	0,19	0,19	0,15	—	—	—	—
500	0,28	0,20	0,34	0,23	0,25	0,18	0,26	0,18	0,32	0,21	0,24	0,17	0,17	0,14	—	—	—	—
630	0,26	0,17	0,32	0,21	0,24	0,16	0,24	0,16	0,29	0,19	0,22	0,15	0,16	0,12	—	—	—	—
800	0,23	0,15	0,29	0,18	0,22	0,15	0,22	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,15	0,11	—	—	—	—
1000	0,21	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,20	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13	0,14	0,10	—	—	—	—

NOTAS:

A) Os valores da tabela admitem uma temperatura no condutor de 70 °C;

B) Válido para instalação em eletroduto não-magnético e diretamente enterrado;

C) Aplicável a fixação direta a parede ou teto, ou eletrocalha aberta, ventilada ou fechada, espaço de construção, bandeja, prateleira, suportes e sobre isoladores;

D) Aplicável também ao Cabo Superastic Flex, Cabo Superastic, Fio Superastic e Cabo Afumex 750V sobre isoladores.

Fonte – PRYSMIAN, 2019.

ANEXO C – Cabos Isolados com PVC 70ºC

Seção nominal mm²	Eletroduto e eletrocalha fechada Material Magnético						Cabos Unipolares												Cabo Unipolar e Bipolar		Cabo Tripolar e Tetrapolar	
							Monofásico				Trifásico											
	Cabos em Trifólio		Cabo Tripolar		Sistema Monofásico		Cabos espaçados de 1 diâmetro		Cabos espaçados de 20 cm		Cabos espaçados de 1 diâmetro		Cabos espaçados de 20 cm		Cabos Contíguos		Cabos em Trifólio		Sistema Monofásico		Sistema Trifásico	
	F,P 0,80	F,P 0,92	F,P 0,80	F,P 0,92	F,P 0,80	F,P 0,92	F,P 0,80	F,P 0,92	F,P 0,80	F,P 0,92	F,P 0,80	F,P 0,92	F,P 0,80	F,P 0,92	F,P 0,80	F,P 0,92	F,P 0,80	F,P 0,92	F,P 0,80	F,P 0,92	F,P 0,80	F,P 0,92
1.5	20,24	23,19	20,19	23,15	20,19	23,15	23,45	26,83	23,72	27,00	20,31	23,23	20,54	23,38	20,26	23,20	20,24	23,19	23,32	26,74	20,19	23,15
2.5	12,45	14,24	12,41	14,21	12,41	14,21	14,46	16,49	14,71	16,66	12,52	14,28	12,74	14,43	12,47	14,25	12,45	14,24	14,33	16,41	12,41	14,21
4	7,80	8,89	7,77	8,87	7,77	8,87	9,09	10,32	9,33	10,48	7,87	8,94	8,08	9,08	7,82	8,90	7,80	8,89	8,96	10,24	7,77	8,87
6	5,25	5,97	5,22	5,95	5,22	5,95	6,15	6,95	6,39	7,10	5,33	6,02	5,53	6,15	5,27	5,98	5,25	5,97	6,03	6,87	5,22	5,95
10	3,17	3,58	3,14	3,56	3,14	3,56	3,74	4,18	3,97	4,33	3,24	3,62	3,44	3,75	3,19	3,59	3,17	3,58	3,63	4,11	3,14	3,56
16	2,03	2,27	2,01	2,26	2,01	2,26	2,43	2,68	2,65	2,82	2,10	2,32	2,29	2,44	2,05	2,29	2,03	2,27	2,32	2,61	2,01	2,26
25	1,33	1,47	1,31	1,45	1,31	1,45	1,62	1,75	1,82	1,88	1,40	1,51	1,57	1,63	1,35	1,48	1,33	1,47	1,52	1,68	1,31	1,45
35	0,99	1,08	0,97	1,06	0,97	1,06	1,22	1,30	1,41	1,42	1,06	1,12	1,22	1,23	1,00	1,09	0,99	1,08	1,12	1,23	0,97	1,06
50	0,76	0,82	0,74	0,80	0,74	0,80	0,96	1,00	1,14	1,11	0,83	0,86	0,99	0,96	0,78	0,83	0,76	0,82	0,86	0,93	0,74	0,80
70	0,56	0,59	0,54	0,58	0,54	0,57	0,73	0,73	0,89	0,84	0,63	0,63	0,77	0,73	0,57	0,60	0,56	0,58	0,63	0,67	0,54	0,57
95	0,43	0,44	0,42	0,43	0,42	0,43	0,58	0,56	0,74	0,66	0,50	0,49	0,64	0,58	0,45	0,45	0,43	0,44	0,49	0,50	0,42	0,43
120	0,36	0,37	0,35	0,36	0,35	0,36	0,50	0,47	0,65	0,57	0,43	0,41	0,56	0,49	0,38	0,37	0,36	0,36	0,41	0,41	0,35	0,36
150	0,32	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,45	0,41	0,58	0,50	0,39	0,35	0,51	0,43	0,33	0,32	0,32	0,31	0,35	0,35	0,30	0,30
185	0,28	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25	0,40	0,35	0,53	0,44	0,34	0,31	0,46	0,38	0,29	0,27	0,27	0,26	0,31	0,30	0,26	0,25
240	0,24	0,22	0,23	0,22	0,22	0,21	0,35	0,30	0,47	0,38	0,30	0,26	0,41	0,33	0,25	0,23	0,24	0,22	0,26	0,25	0,22	0,21
300	0,21	0,20	-	-	0,20	0,18	0,32	0,27	0,43	0,34	0,28	0,23	0,37	0,30	0,23	0,20	0,21	0,19	0,24	0,22	-	-
400	0,19	0,17	-	-	0,18	0,16	0,29	0,24	0,40	0,31	0,26	0,21	0,34	0,26	0,20	0,17	0,19	0,17	0,21	0,19	-	-
500	0,18	0,16	-	-	0,16	0,15	0,28	0,22	0,37	0,28	0,24	0,19	0,32	0,24	0,19	0,16	0,17	0,15	0,20	0,17	-	-

Fonte – NEXANS, 2015.

ANEXO D – Fator de localização da estrutura C_D

Localização relativa	C_D
Estrutura cercada por objetos mais altos	0,25
Estrutura cercada por objetos da mesma altura ou mais baixos	0,5
Estrutura isolada: nenhum outro objeto nas vizinhanças	1
Estrutura isolada no topo de uma colina ou monte	2

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO E – Valores e probabilidade P_{TA} de uma descarga atmosférica em uma estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque e de passo perigosas

Medida de proteção adicional	P_{TA}
Nenhuma medida de proteção	1
Avisos de alerta	10^{-1}
Isolação elétrica (por exemplo, de pelo menos 3 mm de polietileno reticulado das partes expostas (por exemplo, condutores de descidas)	10^{-2}
Equipotencialização efetiva do solo	10^{-2}
Restrições físicas ou estrutura do edifício utilizada como subsistema de descida	0

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO F – Valores de probabilidade P_B dependendo das medidas de proteção para reduzir danos físicos

Características da estrutura	Classe do SPDA	P_B
Estrutura não protegida por SPDA	–	1
Estrutura protegida por SPDA	IV	0,2
	III	0,1
	II	0,05
	I	0,02
Estrutura com subsistema de captação conforme SPDA classe I e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descida natural		0,01
Estrutura com cobertura metálica e um subsistema de captação, possivelmente incluindo componentes naturais, com proteção completa de qualquer instalação na cobertura contra descargas atmosféricas diretas e uma estrutura metálica contínua ou de concreto armado atuando como um subsistema de descidas natural		0,001

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO G – Fator de redução r_t em função do tipo da superfície do solo ou piso

Tipo de superfície [b]	Resistência de contato kΩ [a]	r_t
Agricultura, concreto	≤ 1	10^{-2}
Marmore, cerâmica	1 – 10	10^{-3}
Cascalho, tapete, carpete	10 – 100	10^{-4}
Asfalto, linóleo, madeira	≥ 100	10^{-5}

[a] Valores medidos entre um eletrodo de 400 cm^2 comprimido com uma força uniforme de 500 N e um ponto considerado no infinito.

[b] Uma camada de material isolante, por exemplo, asfalto, de 5 cm de espessura (ou uma camada de cascalho de 15 cm de espessura) geralmente reduz o perigo a um nível tolerável.

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO H – Tipo de perda L1: valores médios típicos de L_T, L_F E L_O.

Tipos de danos	Valor de perda típico		Tipo da estrutura
D1 ferimentos	L_T	10^{-2}	Todos os tipos
D2 danos físicos	L_F	10^{-1}	Risco de explosão
		10^{-1}	Hospital, hotel, escola, edifício cívico
		5×10^{-2}	Entretenimento publico, igreja, museu
		2×10^{-2}	Industrial, comercial
		10^{-2}	Outros
D3 falhas de sistemas internos	L_O	10^{-1}	Risco de explosão
		10^{-2}	Unidade de terapia intensiva e bloco cirúrgico de hospital
		10^{-3}	Outras partes de hospital

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO I – Fator de redução r_P em função das providências tomadas para reduzir as consequências de um incêndio.

Providências	r_p
Nenhuma providência	1
Uma das seguintes providências: extintores, instalações fixas operadas manualmente, instalações de alarme manuais, hidrantes, compartimentos à prova de fogo, rotas de escape	0,5
Uma das seguintes providências: instalações fixas operadas automaticamente, instalações de alarme automático [a]	0,2
[a] Somente se protegidas contra sobretensões e outros danos e se os bombeiros puderem chegar em menos de 10 min.	

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO J – Fator de redução r_t em função do risco de incêndio ou explosão na estrutura

Risco	Quantidade de risco	r_f
Explosão	Zonas 0, 20 e explosivos sólidos	1
	Zonas 1, 21	10^{-1}
	Zonas 2, 22	10^{-3}
Incêndio	Alto	10^{-1}
	Normal	10^{-2}
	Baixo	10^{-3}
Explosão ou incêndio	Nenhum	0

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO K – Fator h_z aumentando a quantidade relativa de perda na presença de um perigo especial

Tipo de perigo especial	h_z
Sem perigo especial	1
Baixo nível de pânico (por exemplo, uma estrutura limitada a dois andares e número de pessoas não superior a 100)	2
Nível médio de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes entre 100 e 1 000 pessoas)	5
Dificuldade de evacuação (por exemplo, estrutura com pessoas imobilizadas, hospitais)	5
Alto nível de pânico (por exemplo, estruturas designadas para eventos culturais ou esportivos com um número de participantes maior que 1 000 pessoas)	10

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO L – Fator de instalação da linha C_I

Roteamento	C_I
Aéreo	1
Enterrado	0,5
Cabos enterrados instalados completamente dentro de uma malha de aterramento (ABNT NBR 5419-4:2015, 5.2).	0,01

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO M – Fator ambiental da linha C_E

Ambiente	C_E
Rural	1
Suburbano	0,5
Urbano	0,1
Urbano com edifícios mais altos que 20 m.	0,01

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO N – Fator tipo de linha C_T

Instalação	C_T
Linha de energia ou sinal	1
Linha de energia em AT (com transformador AT/BT)	0,2

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO O – Valores da probabilidade P_{TU} de uma descarga atmosférica em uma linha que adentre a estrutura causar choque a seres vivos devido a tensões de toque perigosas.

Medida de proteção	P_{TU}
Nenhuma medida de proteção	1
Avisos visíveis de alerta	10^{-1}
Isolação elétrica	10^{-2}
Restrições físicas	0

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO P – Valor da probabilidade P_{EB} em função do NP para o qual os DPS foram projetados

NP	P_{EB}
Sem DPS	1
III-IV	0,05
II	0,02
I	0,01
NOTA 4	0,005 – 0,001

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO Q – Valores da probabilidade P_{LD} dependendo da resistência R_S da blindagem do cabo e da tensão suportável de impulso U_W do equipamento

Tipo da linha	Condições do roteamento, blindagem e interligação		Tensão suportável U_W em kV				
			1	1,5	2,5	4	6
Linhas de energia ou sinal	Linha aérea ou enterrada, não blindada ou com a blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento		1	1	1	1	1
	Blindada aérea ou enterrada cuja blindagem está interligada ao mesmo barramento de equipotencialização do equipamento	5Ω/km < R_S ≤ 20 Ω/km	1	1	0,95	0,9	0,8
		1Ω/km < R_S ≤ 5 Ω/km	0,9	0,8	0,6	0,3	0,1
		R_S ≤ 1 Ω/km	0,6	0,4	0,2	0,04	0,02

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO R – Valores dos fatores C_{LD} e C_{LI} dependendo das condições de blindagem aterramento e isolamento

(continua)

Tipo de linha externa	Conexão na entrada	C_{LD}	C_{LI}
Linha aérea não blindada	Indefinida	1	1
Linha enterrada não blindada	Indefinida	1	1
Linha de energia com neutro multiaterrado	Nenhuma	1	0,2
Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0,3
Linha aérea blindada (energia ou sinal)	Blindagem não interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0,1
Linha enterrada blindada (energia ou sinal)	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

(conclusão)

Tipo de linha externa	Conexão na entrada	C_{LD}	C_{LI}
Linha aérea blindada (energia ou sinal)	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	1	0
Cabo protegido contra descargas atmosféricas ou cabeamento em dutos para cabos protegido contra descargas atmosféricas, eletrodutos metálicos ou tubos metálicos	Blindagem interligada ao mesmo barramento de equipotencialização que o equipamento	0	0
(Nenhuma linha externa)	Sem conexões com linhas externas (sistemas independentes)	0	0
Qualquer tipo	Interfaces isolantes de acordo com a ABNT NBR 5419-4	0	0

Fonte - ABNT NBR 5419-2:2015.

ANEXO S – Tabela de Hastes Paralelas, Alinhadas E Igualmente Espaçadas

$L = 2,4m$ $d = \frac{1}{2}''$ $R_{1\ haste} = 0,440\rho a$								
Espaçamentos	2,5m		3m		4m		5m	
Número de Hastes	R_{eq} [Ω]	K	R_{eq} [Ω]	K	R_{eq} [Ω]	K	R_{eq} [Ω]	K
2	$0,248\rho a$	0,564	$0,244\rho a$	0,555	$0,239\rho a$	0,543	$0,235\rho a$	0,535
3	$0,178\rho a$	0,406	$0,174\rho a$	0,395	$0,168\rho a$	0,381	$0,164\rho a$	0,372
4	$0,141\rho a$	0,321	$0,136\rho a$	0,310	$0,130\rho a$	0,297	$0,127\rho a$	0,288
5	$0,118\rho a$	0,268	$0,113\rho a$	0,258	$0,107\rho a$	0,245	$0,104\rho a$	0,236
6	$0,102\rho a$	0,231	$0,097\rho a$	0,221	$0,092\rho a$	0,209	$0,088\rho a$	0,201
7	$0,090\rho a$	0,204	$0,085\rho a$	0,195	$0,080\rho a$	0,182	$0,077\rho a$	0,175
8	$0,080\rho a$	0,183	$0,076\rho a$	0,174	$0,071\rho a$	0,162	$0,068\rho a$	0,155
9	$0,073\rho a$	0,166	$0,069\rho a$	0,157	$0,064\rho a$	0,147	$0,061\rho a$	0,140
10	$0,067\rho a$	0,152	$0,063\rho a$	0,144	$0,059\rho a$	0,134	$0,056\rho a$	0,127
11	$0,062\rho a$	0,140	$0,058\rho a$	0,133	$0,054\rho a$	0,123	$0,051\rho a$	0,117
12	$0,057\rho a$	0,131	$0,054\rho a$	0,123	$0,050\rho a$	0,114	$0,048\rho a$	0,108
13	$0,054\rho a$	0,122	$0,051\rho a$	0,115	$0,047\rho a$	0,106	$0,044\rho a$	0,101
14	$0,051\rho a$	0,115	$0,048\rho a$	0,108	$0,044\rho a$	0,100	$0,041\rho a$	0,094
15	$0,048\rho a$	0,109	$0,045\rho a$	0,102	$0,041\rho a$	0,094	$0,039\rho a$	0,089

Fonte: Kindemann (1998).

ANEXO T – Orçamento Picktron Soluções

SEGURANÇA ELETRÔNICA
AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL
PICKTRON

Orçamento **Nº: 109/19**

Item: INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Cliente: William Pradella
Endereço:
Cidade-UF: Flores da Cunha – RS **Bairro:**
Contato: William **Fone**: (54) 99181-6746
e-mail: wmpradella@gmail.com

1 - DESCRIÇÃO: Esta proposta consiste no fornecimento de mão de obra, referente a instalação elétrica de diversos itens, conforme apresentamos na proposta abaixo.

2 – PROPOSTA : Instalação

ITEM	DESCRIÇÃO	QTDE	R$ UN	TOTAL R$
1	Desinstalação de luminárias diversas	244 un	30,00	7.320,00
2	Instalação de luminárias diversas	244 un	30,00	7.320,00
3	Instalação de tomadas – com eletroduto rígido	189 un	45,00	8.505,00
4	Instalação de interruptores – com eletroduto rígido	38 un	45,00	1.710,00
5	Substituição de lâmpadas	409 un	5,00	2.045,00
6	Instalação de conduites, cabeamento, sistemas de proteção, disribuição e aterramento, conforme planta em anexo. Estimativa em dias de trabalho.	50 dias	450,00	22.500,00

2.2 - Total do investimento da proposta: R$ 49.400,00

2.3 - Condições de pagamento:
- À vista: **R$ 48.000,00**
- 2x: Entrada de R$ 24.700,00 + 1x R$ 24.700,00 (30 dias)
- 3x: Entrada de R$ 17.000,00 + 2x R$ 16.200,00 (30/60 dias)

2.4 - Prazo de entrega: 120 dias

OBS: Validade da proposta: 30 dias

3 – GARANTIA
- A garantia dos produtos instalados pela empresa ***Picktron*** segue conforme informado nos manuais dos fabricantes.
- A garantia do serviço de instalação pela ***Picktron*** dar-se a, em um período de 90 dias, contando a partir da finalização e entrega ao ciente, conforme data da nota fiscal.
- A ***Picktron***, disponibiliza o atendimento para eventuais defeitos de fabricação dos produtos, instalados, encaminhando assim, os mesmos para o fabricante analisar, bem como, o pronto atendimento para os serviços realizados, estando ou não em garantia, reservando-se o direito de passar orçamento prévio, para tal atendimento. Quando em garantia, é cobrado apenas o deslocamento.

Caxias do Sul-RS, 30 de Outubro de 2019

www.picktronsolucoes.wixsite.com/picktron

Picktron Segurança Eletrônica e Automação
Rômulo D. Pickrodt
(54)99131- 8930 picktronsolucoes@gmail.com

ANEXO U – Orçamento Recilux Reciclagem de Lâmpadas

Recilux
Descontaminação e reciclagem de lâmpadas usadas

Para William Pradella
Local da coleta: Flores da Cunha/RS

Canoas, 15 de Outubro de 2019.

COTAÇÃO

A empresa **RECILUX RECICLAGEM DE LÂMPADAS**, sediada Rua Berto Círio, 211 Canoas/RS-CEP 92.420-030, inscrita sob CNPJ/MF sob n° 10.375.950/0001-54, inscrição Estadual 024/0399749 vem através deste apresentar proposta de preços conforme solicitado.

CONTATO: Srª Fabiane Pereira **FONE**: (51) 3475.2222 **E-mail:** atendimento@recilux.com.br

Item	Especificação detalhada do objeto	Medida	Quant.	Valor (unitário) em R$	Valor (Total) em R$
01	Lâmpada - todos os modelos	Unidade	292	R$ 1,00	R$ 292,00
02	Reator/relé/luminária	Unidade	162	R$ 5,50	R$ 891,00
06	Frete	Unidade	01	R$ 260,00	R$ 260,00
Faturamento mínimo: R$ 500,00 por coleta.				**Total**	**R$ 1.443,00**

*Valores válidos para a coleta com permanência do caminhão no cliente de até 45 min. Após este tempo será cobrado à taxa extra de permanência do caminhão no valor de R$ 250,00 por hora, devido ao atraso que causará no roteiro, gerando atraso na coleta dos demais clientes.

Forma de pagamento: Boleto Bancário para 14 dias após a emissão da N'F.

Validade da Cotação: 60 dias.

Prazo para coleta: 90 dias após o recebimento do empenho.

O MTR on line deve ser emitido pelo contratante diretamente no site da FEPAM.

O Certificado de descontaminação/reciclagem e destinação final correta e adequada das lâmpadas usadas estará disponível diretamente no site da FEPAM, após o recebimento e faturamento das lâmpadas coletadas.

Sendo o que nos apresentava, estamos à disposição para os esclarecimentos necessários.

Cordialmente,

Recilux Reciclagem de Lâmpadas

RECILUX RECICLAGEM DE LÂMPADAS LTDA
CNPJ 10.375.950/0001-54
Rua Berto Círio - 211 Canoas / RS - CEP: 92420-030 - Fone: (51) 3428.2222
atendimento@recilux.com.br / www.recilux.com.br

ANEXO V – Orçamento Delbra Representações LTDA

INTRAL S/A INDÚSTRIA DE MATERIAIS ELÉTRICOS
www.intral.com.br

Local de faturamento:

X	**Matriz:**	Travessa Rio Grande, 130 - Bairro Kayser - Caxias do Sul / RS - CEP 95098-750 CNPJ: 88.611.264/0001-22 - Inscrição Estadual: 029/0009588

PROPOSTA COMERCIAL Nº		**DATA:** 17/10/2019
Cliente:	William Pradella	
Cidade / UF:	Flores da Cunha	
Contato:		
Telefone:		
E-mail:		
Representante	Delbra	

Código	Descrição	Quantidade	(%)ICMS	Preço Unitário	Preço Total s/IPI	(%)IPI	(%)ST	Preço Total c/ ICMS e IPI
3642	BULBO PROCEL 8,5W	20	18%	12,15	243,00	2%		R$ 247,86
6660	TUBOLED 18W 6500K	18	18%	12,95	233,10	10%		R$ 256,41
9198	TUBOLED 18W 6000K PROCEL	97	18%	29,65	2.876,05	10%		R$ 3.163,66
9212	TUBOLED 18W 4000K PROCEL	250	18%	29,63	7.407,50	10%		R$ 8.148,25
6977	Vesta AE 148W	31	18%	653,29	20.251,99	15%		R$ 23.289,79
			TOTAL		R$ 31.011,64			R$ 35.105,96

CONDIÇÕES COMERCIAIS	
Operação Fiscal:	Venda para USO E CONSUMO
ICMS:	18%
Prazo de Pagamento:	ÀVISTA
Prazo de Entrega:	10 DIAS
Validade da Proposta:	10 DIAS
Frete:	CIF Transportadora:

OBSERVAÇÕES

CONTATO INTRAL

Delbra Representações Ltda (54) 3223-2241
email : delbra@terra.com.br
Délcio Brancher (54) 99972-6362
Guilherme Brancher (54) 99934-0351

ANEXO W – Orçamento Trento Comercial Elétrica e Hidráulica

(continua)

TRENTO ENERGIA LTDA
RUA BENTO GONCALVES, 536 - SUBSL 01, CENTRO
FLORES DA CUNHA - RS - 95270-000
Fone: (54)3292-3700
CNPJ: 30.216.851/0001-37 - IE: 048/0047480

ORÇAMENTO
1198
Aberta

CLIENTE	WILLIAM PRADELLA		
E-Mail	wmpradella@gmail.com	**Telefone**	( ) -
Responsável		**CPF**	
Logradouro			
Bairro			
Cidade		**CEP**	-

Emissão	21/10/2019
Validade	31/10/2019
Ordem	
Condição	A VISTA

Tabela CONSTRUTORA

PRODUTO/SERVIÇO

Item	Código	Descrição	Entrega	Quantidade		IPI	Valor	Total
1	640	ARRUELA DE ALUMINIO 1.1/2"	21/10/2019	3,000	UN	0%	1,50	4,50
2	636	ARRUELA DE ALUMINIO 1/2"	21/10/2019	1,000	UN	0%	0,42	0,42
3	649	BUCHA ALUMINIO 1.1/2"	21/10/2019	3,000	UN	0%	2,01	6,03
4	645	BUCHA ALUMINIO 1/2"	21/10/2019	1,000	UN	0%	0,60	0,60
5	1151	CX PVC 2 X 4 FF	21/10/2019	33,000	UN	0%	0,43	14,19
6	1859	CX PVC 3 X 3 OCTOGONAL C/ANEL DESLIZANTE TIGRE	21/10/2019	213,000	UN	0%	4,20	894,60
7	5710	CONDULETE 1/2" - 3/4" C 5 ENT 913601 CEMAR**	21/10/2019	171,000	UN	0%	8,29	1.417,59
8	5710	CONDULETE 1/2" - 3/4" C 5 ENT 913601 CEMAR**	21/10/2019	28,000	UN	0%	8,29	232,12
9	5713	ADAPT COND C 3/4" >1/2"-3/4" 913611 CEMAR	21/10/2019	28,000	UN	0%	1,05	29,40
10	5710	CONDULETE 1/2" - 3/4" C 5 ENT 913601 CEMAR**	21/10/2019	20,000	UN	0%	8,29	165,80
11	5713	ADAPT COND C 3/4" >1/2"-3/4" 913611 CEMAR	21/10/2019	40,000	UN	0%	1,05	42,00
12	3850	CURVA 180 ELETR. RIGIDO 1.1/2" AMANCO	21/10/2019	1,000	UN	0%	12,26	12,26
13	3849	CURVA 90 ELETR. LONGA 1.1/2" AMANCO	21/10/2019	1,000	UN	0%	7,99	7,99
14	6758	CURVA 90 ELETR. LONGA 1/2" 93656 AMANCO**	21/10/2019	1,000	UN	0%	2,21	2,21
15	4938	LUVA ELETR PESADO 1.1/2" AMANCO	21/10/2019	3,000	UN	0%	3,13	9,39
16	4937	LUVA ELETR PESADO 1.1/4" AMANCO	21/10/2019	8,000	UN	0%	2,17	17,36
17	3837	LUVA ELETR PESADO 1/2" AMANCO	21/10/2019	2,000	UN	0%	0,82	1,64
18	7233	LUVA ELETR PESADO 2.1/2" 11414 AMANCO	21/10/2019	4,000	UN	0%	9,16	36,64
19	4437	LUVA ELETR PESADO 3" AMANCO	21/10/2019	15,000	UN	0%	16,68	250,20
20	5519	LUVA ELETR PESADO 3/4" 11416 AMANCO	21/10/2019	13,000	UN	0%	1,16	15,08
21	7230	LUVA ELETR PESADO 4" 11417 AMANCO	21/10/2019	17,000	UN	0%	24,03	408,51
22	2448	ARAME GALVANIZ BWG14 2.10MM 0,026 KG/M	21/10/2019	0,026	KG	0%	13,38	0,35
23	7239	ARRUELA PRESSÃO 1/4"**	21/10/2019	88,000	UN	0%	0,06	5,28
24	132	BUCHA NYLON S 4	21/10/2019	632,000	UN	0%	0,05	31,60
25	134	BUCHA NYLON S 6	21/10/2019	133,000	UN	0%	0,04	5,32
26	136	BUCHA NYLON S 8	21/10/2019	101,000	UN	0%	0,05	5,05
27	5194	FITA AUTO FUSAO 10MTS 3M	21/10/2019	2,000	UN	0%	29,73	59,46
28	9357	PARAFUSO PONTA BROCA 4,2 X 13 PHILIPS	21/10/2019	28,000	UN	0%	0,20	5,60
29	5293	PARAFUSO PONTA BROCA 4,2 X 32 PHILIPS	21/10/2019	604,000	UN	0%	0,20	120,80
30	20614	CABO FLEXIVEL 1,50MM² 750V AMARELO	21/10/2019	833,300	MT	0%	0,79	658,31
31	20735	CABO FLEXIVEL 1,50MM² 750V AZUL	21/10/2019	531,800	MT	0%	0,79	420,12
32	20732	CABO FLEXIVEL 1,50MM² 750V BRANCO	21/10/2019	281,400	MT	0%	0,79	222,31
33	20754	CABO FLEXIVEL 10,0MM² 750V AZUL	21/10/2019	26,800	MT	0%	5,10	136,68
34	20757	CABO FLEXIVEL 10,0MM² 750V BRANCO	21/10/2019	26,800	MT	0%	5,10	136,68
35	20756	CABO FLEXIVEL 10,0MM² 750V PRETO	21/10/2019	26,800	MT	0%	5,10	136,68
36	3454	CABO FLEXIVEL 10,0MM² 750V VD/AM	21/10/2019	26,800	MT	0%	5,64	151,15
37	20755	CABO FLEXIVEL 10,0MM² 750V VERMELHO	21/10/2019	26,800	MT	0%	5,10	136,68
38	1260	CABO FLEXIVEL 16,0MM² 750V AZUL	21/10/2019	54,000	MT	0%	8,64	466,56
39	20762	CABO FLEXIVEL 16,0MM² 750V BRANCO	21/10/2019	54,000	MT	0%	8,64	466,56
40	20761	CABO FLEXIVEL 16,0MM² 750V PRETO	21/10/2019	54,000	MT	0%	8,64	466,56
41	3455	CABO FLEXIVEL 16,0MM² 750V VD/AM	21/10/2019	54,000	MT	0%	8,77	473,58
42	20759	CABO FLEXIVEL 16,0MM² 750V VERMELHO	21/10/2019	54,000	MT	0%	8,64	466,56
43	20741	CABO FLEXIVEL 2,50MM² 750V AMARELO	21/10/2019	221,550	MT	0%	1,24	274,72
44	20740	CABO FLEXIVEL 2,50MM² 750V AZUL	21/10/2019	1.056,200	MT	0%	1,24	1.309,69

28/10/2019 09:25:32 Página: 1/3

(continuacão)

PRODUTO/SERVIÇO

Item	Código	Descrição	Entrega	Quantidade		IPI	Valor	Total
45	391	CABO FLEXIVEL 2,50MM² 750V BRANCO	21/10/2019	548,050	MT	0%	1,24	679,58
46	20739	CABO FLEXIVEL 2,50MM² 750V PRETO	21/10/2019	191,300	MT	0%	1,24	237,21
47	394	CABO FLEXIVEL 2,50MM² 750V VD/AM	21/10/2019	893,750	MT	0%	1,35	1.206,56
48	20737	CABO FLEXIVEL 2,50MM² 750V VERMELHO	21/10/2019	231,400	MT	0%	1,24	286,94
49	20748	CABO FLEXIVEL 4,00MM² 750V AMARELO	21/10/2019	482,150	MT	0%	2,02	973,94
50	20747	CABO FLEXIVEL 4,00MM² 750V AZUL	21/10/2019	345,350	MT	0%	2,02	697,61
51	20746	CABO FLEXIVEL 4,00MM² 750V BRANCO	21/10/2019	198,900	MT	0%	2,02	401,78
52	392	CABO FLEXIVEL 4,00MM² 750V PRETO	21/10/2019	267,700	MT	0%	2,02	540,75
53	395	CABO FLEXIVEL 4,00MM² 750V VD/AM	21/10/2019	241,600	MT	0%	2,25	543,60
54	20744	CABO FLEXIVEL 4,00MM² 750V VERMELHO	21/10/2019	204,500	MT	0%	2,02	413,09
55	20752	CABO FLEXIVEL 6,00MM² 750V AZUL	21/10/2019	46,800	MT	0%	2,95	138,06
56	20751	CABO FLEXIVEL 6,00MM² 750V BRANCO	21/10/2019	46,800	MT	0%	2,95	138,06
57	20749	CABO FLEXIVEL 6,00MM² 750V PRETO	21/10/2019	46,800	MT	0%	2,95	138,06
58	1261	CABO FLEXIVEL 6,00MM² 750V VD/AM	21/10/2019	46,800	MT	0%	3,33	155,84
59	20742	CABO FLEXIVEL 6,00MM² 750V VERMELHO	21/10/2019	46,800	MT	0%	2,95	138,06
60	16840	CABO FLEXIVEL 16,0MM² 0.6/1KV AZUL	21/10/2019	1,800	MT	0%	9,13	16,43
61	1232	CABO FLEXIVEL 16,0MM² 0.6/1KV PRETO	21/10/2019	1,800	MT	0%	9,13	16,43
62	7672	CABO FLEXIVEL 95,0MM² 0.6/1KV	21/10/2019	13,100	MT	0%	56,20	736,22
63	6711	CABO COBRE NU 50MM² - 444,00 KG/KM	21/10/2019	33,950	MT	0%	15,15	514,34
64	4594	PLACA CLASSICA 50.000 2X4 3MOD BR 50130 PEZZI	21/10/2019	1,000	UN	0%	4,98	4,98
65	4594	PLACA CLASSICA 50.000 2X4 3MOD BR 50130 PEZZI	21/10/2019	20,000	UN	0%	4,98	99,60
66	4593	MODULO 50.000 CEGO C/ 2UN BR 50050 PEZZI	21/10/2019	20,000	UN	0%	2,17	43,40
67	3629	TOMADA 50.000 2P+T 20A BR 50037 PEZZI	21/10/2019	20,000	UN	0%	6,06	121,20
68	14326	TOMADA EMB 2P+T 20A VERTICAL 10087 PEZZI**	21/10/2019	169,000	UN	0%	4,77	806,13
69	304	INT EMB 1TP 11.010 PEZZI	21/10/2019	4,000	UN	0%	4,63	18,52
70	301	INT EMB 1TS 11.000 PEZZI	21/10/2019	17,000	UN	0%	4,52	76,84
71	307	INT EMB 2TP 12.020 PEZZI	21/10/2019	2,000	UN	0%	9,84	19,68
72	305	INT EMB 2TS 12.000 PEZZI	21/10/2019	5,000	UN	0%	7,60	38,00
73	310	INT EMB 3TP 13.030 PEZZI	21/10/2019	6,000	UN	0%	14,65	87,90
74	309	INT EMB 3TS 13.000 PEZZI	21/10/2019	14,000	UN	0%	10,55	147,70
75	2510	TAMPA COND C 1/2"-3/4" 1 TOM VERTICAL 914401 CEMAR	21/10/2019	169,000	UN	0%	3,55	599,95
76	8072	TAMPA COND C 1/2"-3/4" 1 MOD CEMAR 913619**	21/10/2019	21,000	UN	0%	2,82	59,22
77	963	TAMPA COND C 1/2"-3/4" 2 MOD 913621 CEMAR	21/10/2019	7,000	UN	0%	3,23	22,61
78	965	TAMPA COND C 1/2"-3/4" 3 MOD 913623 CEMAR	21/10/2019	20,000	UN	0%	3,55	71,00
79	8454	SENSOR PRESENÇA EXTERNO EXATRON SPF0EX PT**	21/10/2019	12,000	UN	0%	52,97	635,64
80	3488	RELE FOTO-ELETRICO SENTINELA RSL1000 02723 INTRAL	21/10/2019	1,000	UN	0%	25,04	25,04
81	19494	TIMER ANALOGICO EXATRON TMAOBC**	21/10/2019	1,000	UN	0%	46,96	46,96
82	9610	DISJUNTOR DIN 3 X 10A C 5KA MDW-C10-3 10076409 WEG	21/10/2019	12,000	UN	0%	50,88	610,56
83	10074	DISJUNTOR DIN 3 X 16A C 5KA MDW-C16-3 10076417 WEG	21/10/2019	20,000	UN	0%	50,86	1.017,20
84	10075	DISJUNTOR DIN 3 X 25A C 5KA MDW-C25-3 10076433 WEG	21/10/2019	6,000	UN	0%	50,88	305,28
85	9962	DISJUNTOR DIN 3 X 50A C 5KA MDW-C50A3 10076457 WEG	21/10/2019	2,000	UN	0%	50,88	101,76
86	8210	DISJUNTOR DIN 3 X 63A C 5KA MDW-C63-3 10076465 WEG	21/10/2019	4,000	UN	0%	73,81	295,24
87	14285	DISJUNTOR DIN 1 X 10A C 5KA MDW-C10 10076405 WEG	21/10/2019	66,000	UN	0%	9,48	625,68
88	6680	DISJUNTOR DIN 1 X 16A C 5KA MDW-C16 10076413 WEG	21/10/2019	12,000	UN	0%	9,48	113,76
89	12468	DISJUNTOR DIN 1 X 25A C 5KA MDW-C25 10076429 WEG	21/10/2019	3,000	UN	0%	9,48	28,44
90	17661	DISJUNTOR 200A 3P 30KA AGW250N200-DX 12775107 WEG	21/10/2019	1,000	UN	0%	484,96	484,96
91	5655	INT DR TETRAPOLAR 25A 30MA RDW 30-25-4-D17 13979340 WEG	21/10/2019	4,000	UN	0%	184,48	737,92
92	2958	INT DR TETRAPOLAR 63A 30MA RDW 30-63-4-D17 13979342 WEG	21/10/2019	2,000	UN	0%	242,43	484,86
93	5088	ELETRODUTO CONDULETE C 3/4"	21/10/2019	360,800	BR	0%	16,12	5.816,10
94	5089	ELETRODUTO CONDULETE C 1"	21/10/2019	50,730	BR	0%	22,18	1.125,19

(conclusão)

PRODUTO/SERVIÇO

Item	Código	Descrição	Entrega	Quantidade		IPI	Valor	Total
95	5540	TUBO ELETRODUTO 3" X 3M 11451 AMANCO**	21/10/2019	15,260	BR	0%	62,43	952,68
96	5541	TUBO ELETRODUTO 4" X 3M 11453 AMANCO**	21/10/2019	10,360	BR	0%	90,22	934,68
97	489	ABRAÇ C/CHAVETA "D" 1.1/2"	21/10/2019	4,000	UN	0%	1,72	6,88
98	488	ABRAÇ C/CHAVETA "D" 1.1/4"	21/10/2019	27,000	UN	0%	1,61	43,47
99	491	ABRAÇ C/CHAVETA "D" 2.1/2"	21/10/2019	14,000	UN	0%	4,30	60,20
100	486	ABRAÇ C/CHAVETA "D" 3/4"	21/10/2019	242,000	UN	0%	0,60	145,20
101	493	ABRAÇ C/CHAVETA "D" 4"	21/10/2019	54,000	UN	0%	2,10	113,40
102	4440	TUBO ELETRODUTO 1.1/2" X 3M AMANCO	21/10/2019	1,530	BR	0%	24,10	36,87
103	5539	TUBO ELETRODUTO 1.1/4" X 3M 11447 AMANCO**	21/10/2019	8,930	BR	0%	18,26	163,06
104	5537	TUBO ELETRODUTO 1/2" X 3M 11448 AMANCO**	21/10/2019	0,330	BR	0%	6,93	2,29
105	4441	TUBO ELETRODUTO 2.1/2" X 3M AMANCO	21/10/2019	4,360	BR	0%	50,93	222,05
106	5540	TUBO ELETRODUTO 3" X 3M 11451 AMANCO**	21/10/2019	15,600	BR	0%	62,43	973,91
107	5451	TUBO ELETRODUTO 3/4" X 3M 11452 AMANCO**	21/10/2019	68,930	BR	0%	9,21	634,85
108	5541	TUBO ELETRODUTO 4" X 3M 11453 AMANCO**	21/10/2019	18,000	BR	0%	90,22	1.623,96
109	6653	LUMINARIA 2 X 40W COMERCIAL C/ LAT METAL	21/10/2019	43,000	UN	0%	30,12	1.295,16
110	6811	LUMINARIA 1 X 40W COMERCIAL C/ LAT. METAL**	21/10/2019	35,000	UN	0%	24,03	841,05
111	5490	ARANDELA CAMARIM 1 LAMP FLAG 1941CR US*	21/10/2019	7,000	UN	0%	27,07	189,49
112	280	SOQUETE LAMP. E27 PENDENTE BAQUELITE	21/10/2019	20,000	UN	0%	3,30	66,00
113	13957	SOQUETE LAMP. FLUOR T8/10/12 PVC ROTATIVO	21/10/2019	242,000	UN	0%	3,32	803,44
114	423	ARMAÇAO AS 11 PADRAO	21/10/2019	1,000	UN	0%	10,00	10,00
115	2776	CX INSPECAO ATERR C/TAMPA PVC 200MM	21/10/2019	1,000	UN	0%	6,54	6,54
116	9518	HASTE TERRA ALTA CAMADA 5/8"X2,40M	21/10/2019	1,000	UN	0%	67,58	67,58
117	101	ISOLADOR ROLDANA LOUÇA 76 X 79MM	21/10/2019	1,000	UN	0%	5,13	5,13
118	432	PARAFUSO MAQUINA 12 X 200MM	21/10/2019	1,000	UN	0%	8,34	8,34
119	19137	POSTE GALV 7,5MT 80X80X7500MM 90 DAN PADRÃO CPFL	21/10/2019	1,000	UN	0%	613,99	613,99
120	17984	QDRO DISTRIB EMB 16E DIN 100A C/BAR 904311 CEMAR**	21/10/2019	1,000	UN	0%	326,35	326,35
121	9518	HASTE TERRA ALTA CAMADA 5/8"X2,40M	21/10/2019	1,000	UN	0%	67,58	67,58

TRANSPORTADOR

Transportadora **Telefone** ( ) -

Frete por Conta Destinatario/Remetente

Valor Frete 0,00

Produtos	**: R$**	**42.582,86**
Serviços	**: R$**	**0,00**
Desconto	**: R$**	**0,00**
Total	**: R$**	**42.582,86**

OBSERVAÇÃO

Comercial

AGRADECEMOS SUA COTAÇÃO!
ESTAREMOS ABERTOS A NEGOCIAÇÕES.

Atenciosamente,

Silviane Molon

ANEXO X – Orçamento Oliboni Escavações

Orçamento.

Escavo para hastes de aterramento.

Número de horas:	**3 horas e 45 minutos**
Valor:	**R$ 500,00**

Oliboni Escavações.

ANEXO Y – Orçamento Picktron Soluções

SEGURANÇA ELETRÔNICA
AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL
PICKTRON

Orçamento **Nº: 108/19**

Item: INSTALAÇÃO ELÉTRICA

Cliente: William Pradella
Endereço:
Cidade-UF: Flores da Cunha – RS **Bairro:**
Contato: William **Fone**: (54) 99181-6746
e-mail: wmpradella@gmail.com

1 - DESCRIÇÃO: Esta proposta consiste no fornecimento de mão de obra, referente a substituição e instalação de luminárias e lâmpadas.

2 – PROPOSTA : Instalação

ITEM	DESCRIÇÃO	QTDE	R$ UN	TOTAL R$
1	Substituição de luminárias fluorescentes por luminárias led.	122	40,00	4.880,00
2	Substituição de luminárias vapor de sódio, por luminárias led.	40	80,00	3.200,00
3	Substituição de lâmpadas eletrônicas, por lâmpadas led.	8	5,00	40,00

2.2 - Total do investimento da proposta: R$ 8.120,00

2.3 - Condições de pagamento:
- À vista: **R$ 8.000,00 -** 50% entrada e 50% após conclusão;
- 2x: Entrada de R$ 4.060,00 + 1x R$ 4.060,00 (30 dias)
- 3x: Entrada de R$ 2.800,00 + 2x R$ 2.660,00 (30/60 dias)

2.4 - Prazo de entrega: 60 dias

OBS: Validade da proposta: 30 dias

3 – GARANTIA
- A garantia dos produtos instalados pela empresa ***Picktron*** segue conforme informado nos manuais dos fabricantes.
- A garantia do serviço de instalação pela ***Picktron*** dar-se a, em um período de 90 dias, contando a partir da finalização e entrega ao ciente, conforme data da nota fiscal.
- A ***Picktron***, disponibiliza o atendimento para eventuais defeitos de fabricação dos produtos, instalados, encaminhando assim, os mesmos para o fabricante analisar, bem como, o pronto atendimento para os serviços realizados, estando ou não em garantia, reservando-se o direito de passar orçamento prévio, para tal atendimento. Quando em garantia, é cobrado apenas o deslocamento.

Caxias do Sul-RS, 30 de Outubro de 2019

www.picktronsolucoes.wixsite.com/picktron

Picktron Segurança Eletrônica e Automação
Rômulo D. Pickrodt
(54)99131- 8930 picktronsolucoes@gmail.com

ANEXO Z – Orçamento INSTALWATT

(continua)

INSTALWATT
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Proposta Comercial

11 de Novembro de 2019

(conclusão)

INSTALWATT
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

1 CONDIÇÕES COMERCIAIS

1.1 SERVIÇO

ILUMINAÇÃO					
CUSTOS DIRETOS					
	Mão de obra de terceiros	Horas	Valor da hora		Total
1	Diagnóstico Energético	1	R$ 12.000,00	R$	12.000,00
2	Gestão e Fiscalização	1	R$ 5.000,00	R$	5.000,00
3	Relatórios finais	1	R$ 5.000,00	R$	5.000,00
4					
	Mão de obra de terceiros			R$	22.000,00
			Sub total - Custos diretos	R$	22.000,00
CUSTOS INDIRETOS					
CUSTOS INDIRETOS					
	Treinamento e Capacitação			R$	4.500,00
	Medição e verificação			R$	4.450,00
			Sub total - Custos indiretos	R$	8.950,00
			TOTAL	R$	30.950,00

2 FORMA DE PAGAMENTO

30 dias após apresentação das notas fiscais, no final do projeto.

3 VALIDADE DA PROPOSTA

90 dias.

4 GARANTIA

12 meses