

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FEELT – FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ROMILSON AKEGAWA MARTINS ARRUDA

**PROJETO ELÉTRICO EXECUTIVO DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL: UMA
ABORDAGEM TEÓRICA E PRÁTICA**

Uberlândia

2023

ROMILSON AKEGAWA MARTINS ARRUDA

**PROJETO ELÉTRICO EXECUTIVO DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL: UMA
ABORDAGEM TEÓRICA E PRÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso à Faculdade
de Engenharia Elétrica da Universidade
Federal de Uberlândia como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares

Uberlândia

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

A779 Arruda, Romilson Akegawa Martins, 1998-
2023 Projeto elétrico executivo de uma edificação comercial
[recurso eletrônico] : uma abordagem teórica e prática /
Romilson Akegawa Martins Arruda. - 2023.

Orientador: Carlos Eduardo Tavares.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) Universidade
Federal de Uberlândia, Graduação em Engenharia Elétrica.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Engenharia elétrica. I. Tavares, Carlos Eduardo,
1976-, (Orient.). II. Universidade Federal de
Uberlândia. Graduação em Engenharia Elétrica. III.
Título.

CDU: 621.3

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091

Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

ROMILSON AKEGAWA MARTINS ARRUDA

**PROJETO ELÉTRICO EXECUTIVO DE UMA EDIFICAÇÃO COMERCIAL: UMA
ABORDAGEM TEÓRICA E PRÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso à Faculdade
de Engenharia Elétrica da Universidade
Federal de Uberlândia como requisito parcial
para obtenção do título de bacharel em
Engenharia Elétrica

Uberlândia, 22 de novembro de 2023

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares (UFU)

Prof. Dr. Isaque Nogueira Gondim (UFU)

Prof. Dr. Paulo Henrique Oliveira Rezende (UFU)

Dedico este trabalho aos meus pais e familiares que sempre se dedicaram ao máximo para que eu pudesse estudar em uma universidade.

RESUMO

Neste trabalho será apresentado um projeto elétrico executivo para uma edificação comercial localizado na cidade de Uberlândia, Minas Gerais. Assim sendo, terá uma análise técnica com relação ao dimensionamento das instalações elétricas levando em consideração as principais normas vigentes, como a NBR 5410 (2004) e NBR 8995-1 (2013) da Associação Brasileira de Normas Técnicas que tratam a respeito das instalações de baixa tensão e iluminação em ambiente de trabalho, respectivamente. Além disso, serão apresentadas as principais etapas para o desenvolvimento de um projeto que envolve o estudo luminotécnico, distribuição correta dos pontos de tomadas, levantamento da carga, dimensionamento dos condutores elétricos e tubulação, balanceamento de carga, dimensionamento do padrão de entrada conforme concessionária local, confecção de diagramas unifilares, detalhes de montagem, plantas baixas e lista de materiais. Para alcançar este objetivo, serão apresentadas as principais ferramentas que foram utilizadas, como os softwares para desenho AutoCAD® e Revit® além do DialuxEvo®, que foi utilizado para o projeto luminotécnico.

Palavras-chave: projeto elétrico executivo. instalações elétricas. NBR 5410. NBR 8995-1.

ABSTRACT

In this work, an executive electrical project will be presented for a commercial building located in the city of Uberlândia, Minas Gerais. Therefore, there will be a technical analysis regarding the sizing of electrical installations, taking into account the main applicable standards, such as NBR 5410 (2004) and NBR 8995-1 (2013) from the Brazilian Association of Technical Standards, which deal with low-voltage installations and workplace lighting, respectively. Additionally, the main stages for the development of a project involving lighting studies, proper distribution of power outlets, load assessment, sizing of electrical conductors and conduits, load balancing, sizing of the utility service entrance according to the local utility company, preparation of single-line diagrams, assembly details, floor plans, and materials list will be presented. To achieve this objective, the main tools that were used will be presented, such as the AutoCAD® and Revit® design software in addition to DialuxEvo®, which was used for the lighting design.

Keywords: executive electrical project. electrical installations. NBR 5410. NBR 8995-1.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Iluminância durante o período de uso de um sistema de iluminação	15
Figura 2 - Luminária Intral modelo EE-811	17
Figura 3 - Luminária Intral modelo RS-812.....	17
Figura 4 - Refletor LED Intral modelo Luna 2.....	18
Figura 5 - Planta baixa do projeto	19
Figura 6 - Vista 3D da edificação no DIALux Evo.....	20
Figura 7 - Vista 3D da sala de registros.....	21
Figura 8 - Vista 3D com cores falsas da sala de registro.....	21
Figura 9 - Planta da sala de registro com cores falsas	22
Figura 10 - Distribuição de pontos de tomada para a sala de registros.	25
Figura 11 - Seleção da Região no software.	26
Figura 12 - Seleção do tipo de residência.....	27
Figura 13 - Seleção do tipo de ambiente.	27
Figura 14 - Dimensões do cômodo.....	28
Figura 15 - Quantidade de janelas.	28
Figura 16 - Exposição do ambiente ao sol.....	29
Figura 17 - Quantidade de lâmpadas.	30
Figura 18 - Quantidade de pessoas no ambiente.	30
Figura 19 - Quantidade de equipamento no ambiente.....	31
Figura 20 - Resultado.	31
Figura 21 - Métodos de instalação.....	37
Figura 22 - Instalação de eletrocalha	38
Figura 23 - Instalação de eletrodutos.....	38
Figura 24 - Derivação de eletrodutos para o quadro de distribuição.....	39
Figura 25 - Detalhe de instalação de perfilado e luminárias	40
Figura 26 - Ilustração da queda de tensão	48
Figura 27 - Esquema de aterramento TN-S	74
Figura 28 - Fluxograma para determinação do esquema de ligação do DPS	75
Figura 29 -Aterramento da edificação	76
Figura 30 - Anel de proteção instalado no telhado da edificação.....	77
Figura 31 - Conexão entre pilar metálico e anel de proteção	77
Figura 32 - Conexão entre pilar metálico e aterramento da edificação	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de fatores de manutenção para sistema de iluminação de interiores	16
Tabela 2 - Iluminância média adquirida para cada área da edificação	23
Tabela 3 - Dimensionamento dos condicionadores de ar	32
Tabela 4 - Lista de carga da edificação	32
Tabela 5 – Quadro de cargas de iluminação do QDFL-01	34
Tabela 6 - Quadro de cargas de tomadas do QDFL-01	35
Tabela 7 - Quadro de cargas de iluminação do QDFL-02.....	36
Tabela 8 - Quadro de cargas de tomadas do QDFL-02	36
Tabela 9 - Quadro de cargas de tomadas do QDF-BAIAS.....	37
Tabela 10 - Corrente dos circuitos do DQFL-01	41
Tabela 11 - Corrente dos circuitos do DQFL-01	42
Tabela 12 - Corrente dos circuitos do DQF-BAIAS	42
Tabela 13 - Capacidade de condução de corrente para condutores com isolamento em PVC	43
Tabela 14 - Capacidade de condução de corrente para condutores com isolamento em EPR.....	44
Tabela 15 - Fator de agrupamento	45
Tabela 16 - Fator de correção para a temperatura ambiente.....	45
Tabela 17 - Fator de correção para a temperatura do solo.....	46
Tabela 18 - Fator de correção para resistividade térmica do solo	46
Tabela 19 - Sessão mínima dos condutores.....	47
Tabela 20 - Sessão mínima dos condutores de proteção	48
Tabela 21 - Valores de resistência e reatância dos cabos de 06/1kV	49
Tabela 22 - Capacidade de condução de corrente para cabo de 1,5mm ²	50
Tabela 23 - Fator de agrupamento para o circuito 2.11	51
Tabela 24 - Resistência e reatância para o cabo de 1,5mm ²	52
Tabela 25 - Dimensionamento dos cabos do QDFL-01	52
Tabela 26 - Dimensionamento dos cabos do QDFL-02	53
Tabela 27 - Dimensionamento dos cabos do QDF-BAIAS.....	53
Tabela 28 - Dimensionamento dos disjuntores para QDFL-01	55
Tabela 29 - Dimensionamento dos disjuntores para QDFL-02.....	56
Tabela 30 - Dimensionamento dos disjuntores para QDF-BAIAS	56
Tabela 31 - Agrupamento para DR do QDFL-01	57
Tabela 32 - Agrupamento para DR do QDFL-02.....	58

Tabela 33 - Balanceamento de fases QDFL-02.....	59
Tabela 34 - Balanceamento de fases QDFL-BAIAS.....	59
Tabela 35 - Balanceamento de fases QDFL-01.....	60
Tabela 36 - Dimensões dos cabos 0,6/1kV	61
Tabela 37 - Fator de demanda para iluminação e tomadas de edificações não residenciais	63
Tabela 38 - Fator de demanda para aparelhos elétricos.....	64
Tabela 39 - Fator de demanda para forno e fogão elétrico.....	64
Tabela 40 - Fator de demanda para motores monofásicos	65
Tabela 41 - Cargas referente a iluminação e tomadas	65
Tabela 42 - Cargas referente a chuveiros elétricos.....	66
Tabela 43 - Cargas referente aquecedor de água	66
Tabela 44 - Cargas referente a máquina de lavar roupas.....	67
Tabela 45 - Cargas referente aos demais equipamentos.....	67
Tabela 46 - Cargas referente a ar-condicionado	68
Tabela 47 - Dimensionamento do ramal de entrada.....	69
Tabela 48 - Cálculo de queda de tensão total	71
Tabela 49 - Sessão mínima dos condutores de aterramento no solo	73

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
lm	Lúmens
lux	Lux
MF	Fator de Manutenção
FMFL	Fator de Manutenção do Fluxo Luminoso
FSL	Fator de Sobrevivência da Lâmpada
FML	Fator de Manutenção da Luminária
FMSS	Fator de Manutenção das Superfícies da Sala
W	Watt
A	Ampere
V	Volt
VA	Volt-ampere
fp	Fator de Potência
TUG	Tomada de Uso Geral
TUE	Tomada de Uso Específico
BTU	Unidade Térmica Britânica
QDFL	Quadro de Distribuição de Força e Luz
QDF	Quadro de Distribuição de Força
PVC	Policloreto de Vanila
XLPE	Polietileno Reticulado
K.m/W	Resistividade Térmica
ΔV	Queda de tensão
BEP	Barramento de Equipotencialização Principal
DPS	Dispositivo de Proteção Contra Surtos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 OBJETIVO	12
1.2 METODOLOGIA.....	13
2 PROJETO LUMINOTECNICO	14
2.1 PRINCIPAIS CONCEITOS PARA LUMINOTÉCNICA	14
2.1.1 Fluxo luminoso	14
2.1.2 Iluminância	14
2.1.3 Luminária	15
2.1.4 NBR ISO/CIE 8995-1 - iluminação em ambientes de trabalho.....	15
2.2 ELABORAÇÃO DO PROJETO LUMINOTÉCNICO	17
2.2.1 Escolha das luminárias	17
2.2.2 Modelagem da edificação no DIALux Evo	18
2.2.3 Arquivo IES	18
2.2.4 Simulação da iluminação.....	20
3 PROJETO ELÉTRICO	24
3.1 DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE TOMADA	24
3.2 DIMENSIONAMENTO DOS CONDICIONADORES DE AR.....	26
3.3 CARGA TOTAL DA EDIFICAÇÃO	32
3.4 DISTRIBUIÇÃO DOS CIRCUITOS	33
3.5 MÉTODO DE INSTALAÇÃO DOS CABOS.....	37
3.6 CÁLCULO DA CORRENTE DOS CIRCUITOS.....	40
3.7 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE DOS CABOS.....	43
3.8 FATOR DE AGRUPAMENTO	44
3.9 TEMPERATURA E RESISTIVIDADE TÉRMICA	45
3.10 SESSÃO MÍNIMA DOS CABOS	47
3.11 QUEDA DE TENSÃO.....	48
3.12 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS.....	50
3.13 DISJUNTORES	54
3.14 DISPOSITIVO DIFERENCIAL RESIDUAL (DR).....	56
3.15 BALANCEAMENTO DE FASES.....	58
3.16 DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTO E ELETROCALHA	60
4 DEMANDA DA EDIFICAÇÃO	63

4.1 FATORES DE DEMANDA.....	63
4.2 CÁLCULO DE DEMANDA.....	65
4.2.1 Demanda de iluminação - fator “a”	65
4.2.2 Demanda de chuveiros elétricos - fator “b1”	66
4.2.3 Demanda para aquecedor de água - fator “b2”	66
4.2.4 Demanda para máquinas de lavar roupas - fator “b4”	67
4.2.5 Demanda para os demais equipamentos - fator “b5”	67
4.2.6 Demanda para ar-condicionado - fator “c”	68
4.2.6 Demanda para motores - fator “d”	68
4.2.6 Demanda total “D”	68
4.3 DIMENSIONAMENTO DO RAMAL DE ENTRADA	69
4.4 CÁLCULO DA QUEDA DE TENSÃO DOS ALIMENTADORES.....	70
5 ATERRAMENTO	72
5.1 ELETRODO DE ATERRAMENTO	72
5.2 CONDUTOR DE ATERRAMENTO	72
5.3 BARRAMENTO DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO PRINCIPAL - BEP	73
5.4 ESQUEMAS DE ATERRAMENTO	74
5.5 DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS - DPS	74
5.6 PROJETO DA MALHA DE ATERRAMENTO.....	75
5.7 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	76
6 CONCLUSÃO.....	79
7 REFERÊNCIAS.....	80
APÊNDICE A – PROJETO ELÉTRICO.....	82

1 INTRODUÇÃO

A eletricidade é um dos pilares essenciais da sociedade moderna, fornecendo energia para alimentar casas, comércios, indústrias e tecnologias em constante evolução. Em meio a essa crescente dependência da eletricidade, surge a necessidade de garantir o uso seguro, confiável e eficiente. É nesse contexto que o projeto elétrico se torna essencial, garantindo segurança e conforto para as pessoas.

O projeto elétrico consiste em um conjunto de atividades que abrangem desde o planejamento inicial até a execução final de um sistema elétrico. Engloba a análise das necessidades específicas da edificação, o dimensionamento correto dos componentes, a seleção adequada dos equipamentos e a definição dos métodos de instalação.

A importância do projeto elétrico reside no fato de que sua elaboração adequada é essencial para garantir a segurança dos usuários, prevenir acidentes elétricos e garantir a conformidade com as normas e regulamentos estabelecidos pelas autoridades competentes. Um projeto elétrico bem elaborado também contribui para a eficiência energética, resultando em redução de custos operacionais e menor impacto ambiental.

No entanto, a elaboração de um projeto elétrico requer conhecimentos técnicos sólidos e atualização constante sobre as normas e regulamentos em vigor. Cada edificação possui necessidades específicas, como a demanda de energia e o tipo de atividade desenvolvida. Portanto, é um processo complexo que demanda análise criteriosa e consideração de diversas variáveis.

Por meio deste estudo, pretende-se contribuir para a conscientização dos profissionais da área sobre a importância de seguir as diretrizes de segurança e as normas técnicas aplicáveis à elaboração de projetos elétricos. Através da apresentação das melhores técnicas e métodos, busca-se promover a elaboração de projetos seguros, eficientes e em conformidade com as normas, visando garantir a segurança dos usuários e a qualidade das instalações elétricas.

1.1 OBJETIVO

O presente trabalho de conclusão de curso em Engenharia Elétrica tem como objetivo analisar as principais etapas envolvidas na elaboração de um projeto elétrico, levando em consideração as normas técnicas e regulamentos aplicáveis. Serão abordados tanto os aspectos

conceituais do projeto elétrico quanto os procedimentos práticos necessários para sua implementação.

1.2 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos, a metodologia adotada nesta pesquisa é de natureza descritiva. Será realizada uma revisão bibliográfica e análise de normas como base de referência. Além disso, serão utilizados softwares como o Autocad, Revit e DialuxEVO para a realização de desenhos em planta baixa, detalhes típicos de montagem e simulações luminotécnicas.

2 PROJETO LUMINOTECNICO

Antes da elaboração do projeto elétrico em si, foi realizado o estudo luminotécnico para cada área de trabalho da edificação, deste modo tornando um ambiente com boa iluminação para cada atividade e garantindo o conforto das pessoas, pois de acordo com Cavalin (2011), uma iluminação conforme a norma pode trazer mais segurança para a atividade diminuindo as ocorrências de acidentes e erros consequentemente podendo aumentar a produtividade do trabalho. Portanto, o correto dimensionamento da iluminação se torna uma questão muito importante além de facilitar uma correta previsão de carga para o projeto.

Conforme mencionado, é necessário um correto dimensionamento da iluminação e para isso será utilizado o software DIALux Evo da empresa DIAL que permite fazer a simulação luminotécnica e deste modo facilitando realizar várias combinações de layout para atingir o objetivo. O software permite fazer a modelagem 3D da edificação e utiliza uma simulação da luminária real, resultando em um projeto mais próximo da realidade.

2.1 PRINCIPAIS CONCEITOS PARA LUMINOTÉCNICA

Nos tópicos a seguir será apresentado os principais conceito a respeito da iluminação, para que possa ter uma melhor compreensão do projeto.

2.1.1 Fluxo luminoso

O fluxo luminoso se refere a potência luminosa da lâmpada que é representada pela unidade de medida lúmen (lm), portanto, quanto maior a quantidade de lúmen da lâmpada maior será a luz emitida por ela (LIMA, 2018).

2.1.2 Iluminância

A iluminância se refere a quantidade de luz que incide sobre uma determinada área que é representada pela unidade de medida lux (TREVISAN, 2021). Geralmente o fluxo luminoso não se distribui de forma uniforme na área, portanto, como parâmetro de projeto é utilizado a iluminância média.

2.1.3 Luminária

A luminária é responsável por alojar a lâmpada e a sua escolha é de fundamental importância pois pode aproveitar melhor o fluxo luminoso da lâmpada, ou seja, a mesma lâmpada pode ter diferentes resultados para luminárias diferentes. Portanto, a escolha correta para o modelo de luminária pode influenciar na eficiência e conseqüentemente podendo reduzir a quantidade de lâmpadas utilizadas.

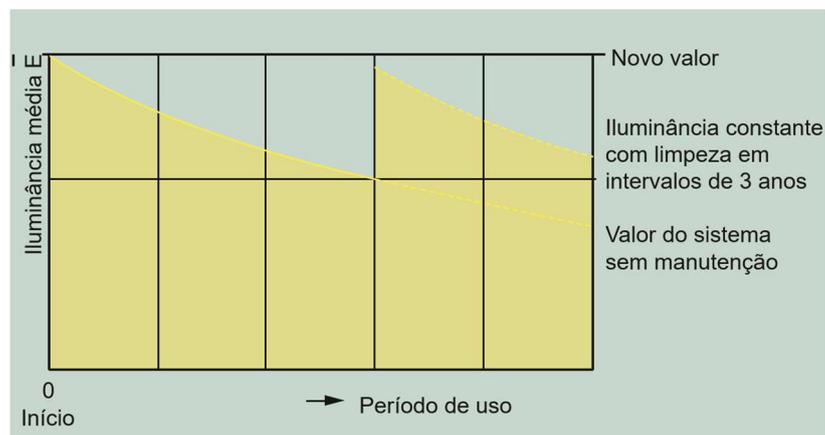
2.1.4 NBR ISO/CIE 8995-1 - iluminação em ambientes de trabalho

A NBR 8995-1 (ABNT, 2013) apresenta as principais regulamentações para a iluminação em ambientes internos, possibilitando a garantia da segurança e conforto para as atividades de trabalho.

A norma especifica a quantidade mínima de iluminância média para cada tipo de atividade, cabendo ao projetista analisar a melhor opção que encaixe para os trabalhos que serão realizadas, ressaltando que em caso desta atividade não constar na norma pode ser feita a escolha por uma atividade similar. Porém, para atividades constantes não pode ter uma iluminância média abaixo de 200lux (ABNT, 2013).

A norma também especifica o fator de manutenção que influencia no cálculo luminotécnico. Este fator prevê o nível de sujeira que pode acumular na luminária ao longo do tempo e com isso reduzindo o nível de iluminância sobre a área de trabalho comparado com o indicado no início do projeto (ABNT, 2013). A Figura 1 ilustra melhor a depreciação do nível de iluminância ao longo do tempo e como a limpeza da luminária pode ser benéfico para a manutenção de uma boa iluminação.

Figura 1 - Iluminância durante o período de uso de um sistema de iluminação



Fonte: ABNT (2013).

O fator de manutenção (MF) pode ser calculado pela seguinte equação (ABNT, 2013):

$$MF = FMFL \times FSL \times FML \times FMSS \quad (1)$$

Onde FMFL significa fator de manutenção do fluxo luminoso e está relacionado a depreciação do fluxo luminoso por envelhecimento da lâmpada em comparação quando esta era nova. FSL significa fator de sobrevivência da lâmpada que está relacionado com a possibilidade de falha da lâmpada em comparação com a vida mediana do grupo de lâmpadas. FML significa fator de manutenção da luminária e está relacionado ao tempo em que a luminária precisa de manutenção com relação a limpeza, levando em consideração que este fator dependerá do tipo de ambiente. FMSS significa fator de manutenção das superfícies da sala e está relacionado ao a manutenção da limpeza das paredes, teto, piso e mobiliários sendo que a sujeira acumulada nestas diminuem a iluminação indireta (ABNT, 2013).

Na Tabela 1 pode ser observado que a norma traz exemplos e referências de valores de fator de manutenção.

Tabela 1 - Exemplos de fatores de manutenção para sistema de iluminação de interiores

Fator de manutenção	Exemplo
0,80	Ambiente muito limpo, ciclo de manutenção de um ano, 2.000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 8.000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira, FMFL = 0,93; FSL = 1,00; FML = 0,90; FMSS = 0,96
0,67	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de três anos, 2.000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 12.000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira, FMFL = 0,91; FSL = 1,00; FML = 0,80; FMSS = 0,90
0,57	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de três anos, 2.000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 12.000 h, substituição individual, luminárias com uma tendência normal de coleta de poeira, FMFL = 0,91; FSL = 1,00; FML = 0,74; FMSS = 0,83
0,50	Ambiente sujo, ciclo de manutenção de três anos, 8.000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 8.000 h, LLB, substituição em grupo, luminárias com uma tendência normal de coleta de poeira, FMFL = 0,93; FSL = 0,93; FML = 0,65; FMSS = 0,94

Fonte: ABNT (2013).

2.2 ELABORAÇÃO DO PROJETO LUMINOTÉCNICO

Este estudo será realizado todo no DIALux Evo, portanto, antes de iniciar as simulações e modelagem serão apresentados os tipos de luminárias que serão utilizados e a configuração dos parâmetros iniciais no software.

2.2.1 Escolha das luminárias

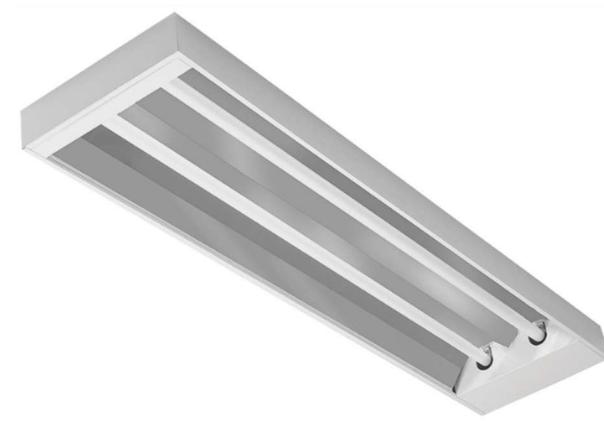
Para partes internas da edificação foram escolhidas luminárias da fabricante Intral modelos EE-811 para ambientes que permitem luminárias embutidas e RS-812 para ambientes que necessitam de luminárias de sobrepor. Ambos os modelos existem versões que comportam uma, duas, três e quatro lâmpadas tubo LED, tornando assim mais versátil para áreas que precisem de mais ou menos quantidade de lâmpadas. Além disso, foram escolhidas lâmpadas tubulares de LED com potência de 18W e um fluxo luminoso de 1850lm.

Figura 2 - Luminária Intral modelo EE-811



Fonte: INTRAL.

Figura 3 - Luminária Intral modelo RS-812



Fonte: INTRAL.

Para áreas externas como quintal e estacionamento serão utilizados refletores com potência de 100W e fluxo luminoso de 9500lm modelo Luna 2 da fabricante Intral e para áreas de circulação externa, arandelas de parede com lâmpada tipo Bulbo em LED com potência de 12W e fluxo luminoso de 1018lm.

Figura 4 - Refletor LED Intral modelo Luna 2



Fonte: INTRAL.

2.2.2 Modelagem da edificação no DIALux Evo

Primeiramente, foi necessário modelar a edificação dentro do software, levando em consideração todas as dimensões corretas. Para isso, o DIALux permite a importação de uma planta baixa em um arquivo com a extensão DWG, como ilustrado na Figura 5, possibilitando moldar de uma forma mais precisa.

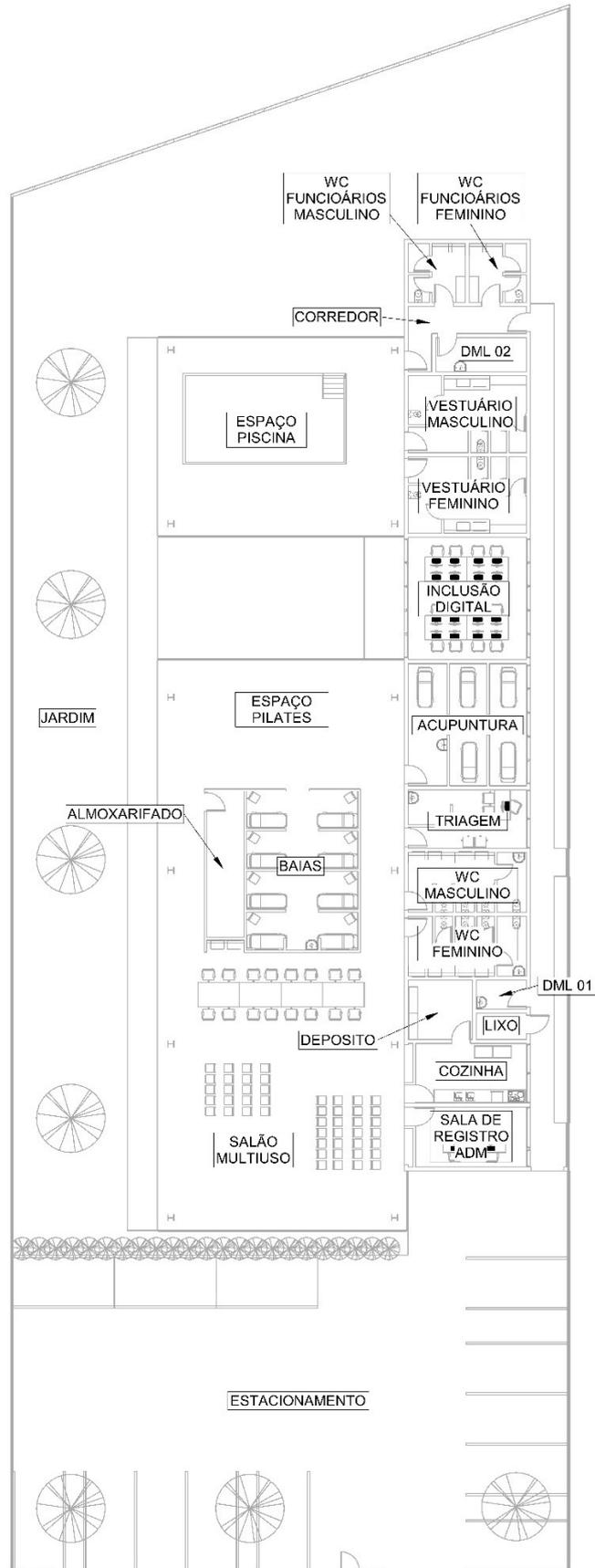
A modelagem no software é intuitiva e fácil de ser realizada, sendo necessário inserir paredes, portas, janelas, telhado, forro de teto, mobiliário e por fim definir as cores para paredes, pisos e teto, obtendo um resultado conforme Figura 6.

2.2.3 Arquivo IES

Para realizar a simulação da iluminação no DIALux é necessário um arquivo que simule o comportamento da emissão de luz da luminária, estes são chamados de IES. Estes arquivos são fornecidos pelas fabricantes e o software permite a importação dos mesmos.

Portanto, como todas as luminárias possuem uma emissão de luz diferente, é necessário ter um arquivo específico para cada luminária que será utilizada no projeto. Assim sendo, para este projeto os arquivos foram obtidos no site da empresa Intral.

Figura 5 - Planta baixa do projeto



Fonte: Autor (2023).

Figura 6 - Vista 3D da edificação no DIALux Evo



Fonte: Autor (2023).

2.2.4 Simulação da iluminação

Inicialmente será necessário definir a iluminância necessária para cada área de acordo com a recomendação da NBR 8995-1 e em seguida realizar a distribuição das luminárias.

Para a sala de registro será utilizado uma iluminância média de 500 lux, pois de acordo com a NBR 8995-1, a melhor descrição para esta atividade seria “Escrever, teclar, ler, processar dados” (ABNT, 2013 p.19). Desta forma, a melhor distribuição para este cômodo foi utilizando 2 luminárias com quatro lâmpadas do modelo EE-811. Obtendo assim, uma iluminância média de 540 lux.

Na Figura 7 está ilustrado o resultado da simulação com a distribuição das duas luminárias, podendo ser notado que o ambiente ficou bem iluminado e principalmente em cima das duas mesas, que é o local onde serão realizadas as atividades de fato.

Na Figura 8 está representado a mesma vista 3D porém com as cores falsas. Esta vista é utilizada para ter uma melhor percepção da incidência da iluminação sobre os objetos sendo que quanto mais vermelho a região maior é a iluminância. Deste modo, fica mais evidente que em cima das mesas está com uma iluminância próxima dos 500 lux.

Além disso, na Figura 9 está representado a planta baixa da sala de registro com as cores falsas, onde pode ser observado melhor a distribuição da iluminância para a sala toda.

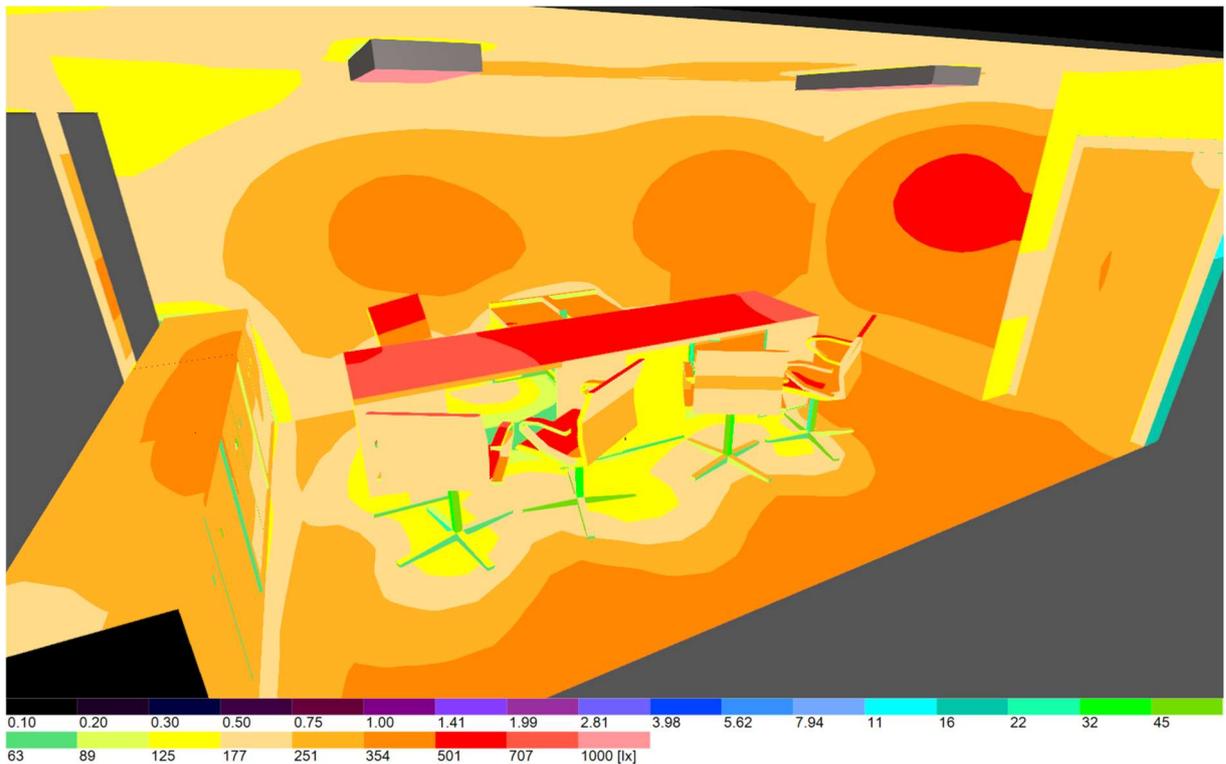
Vale ressaltar que esta distribuição que foi representada está a uma altura de 0,8 metros do piso.

Figura 7 - Vista 3D da sala de registros



Fonte: Autor (2023).

Figura 8 - Vista 3D com cores falsas da sala de registro



Fonte: Autor (2023).

Para as demais áreas da edificação foi realizado o estudo da mesma forma e para não ficar repetitivo, será feito um resumo através de uma tabela onde será identificado cada área, a iluminância média recomendada pela norma NBR 8995-1 e a iluminância média adquirida.

Tabela 2 - Iluminância média adquirida para cada área da edificação

Área	Tipo de atividade NBR 8995-1	Iluminância média NBR 8995-1 (lux)	Iluminância média adquirida (lux)
Sala de registro	Escrever, teclar, ler, processar dados	500	540
Cozinha	Cozinha	500	536
Depósito	Depósito, estoques, câmara fria	100	146
Lixo	Depósito, estoques, câmara fria	100	253
DML 1	Lavagem e limpeza a seco	300	484
W.C. feminino	Vestiários, banheiros, toaletes	200	291
W.C. masculino	Vestiários, banheiros, toaletes	200	286
Triagem	Sala de exames em geral	500	538
Acupuntura	Sala de exames em geral	500	534
Inclusão Digital	Salas de ensino de computador	500	564
Vestiário feminino	Vestiários, banheiros, toaletes	200	224
Vestiário Masculino	Vestiários, banheiros, toaletes	200	225
DML 2	Lavagem e limpeza a seco	300	372
Acesso funcionários	Áreas de circulação e corredores	100	118
W.C. fem. Funcionários	Vestiários, banheiros, toaletes	200	278
W.C. mas. Funcionários	Vestiários, banheiros, toaletes	200	275
Salão Multiuso	Salas com multiuso	300	319
Baia 1	exame simples	300	353
Baia 2	exame simples	300	394
Baia 3	exame simples	300	366
Baia 4	exame simples	300	386
Baia 5	exame simples	300	352
Baia 6	exame simples	300	395
Baia 7	exame simples	300	367
Baia 8	exame simples	300	383
Corredor baias	Áreas de circulação e corredores	100	264
Almoxarifado	Depósito, estoques, câmara fria	100	214
Espaço pilates	Salas de esportes, ginásios e piscinas	300	328
Piscina	Salas de esportes, ginásios e piscinas	300	317

Fonte: Autor (2023).

3 PROJETO ELÉTRICO

3.1 DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS DE TOMADA

De modo geral, o primeiro passo para dar início ao projeto elétrico é feito através da distribuição dos pontos de tomada e iluminação. Uma vez que foi feito a distribuição das luminárias no estudo anterior, nesta etapa do projeto poderá ter um foco maior na distribuição das tomadas de uso geral (TUG) e tomadas de uso específico (TUE).

Assim sendo, é necessário conhecer os tipos de equipamentos elétricos que a edificação precisará. Para este projeto muitos equipamentos foram indicados pela arquitetura, como o local de geladeiras, forno micro-ondas, exaustor, máquina de lavar roupas, computadores, bebedouros e entre outros equipamentos mais simples. Com base nestas informações, poderá ser previsto o local correto para as tomadas destes equipamentos, evitando assim a utilização de extensão e adaptadores para tomada.

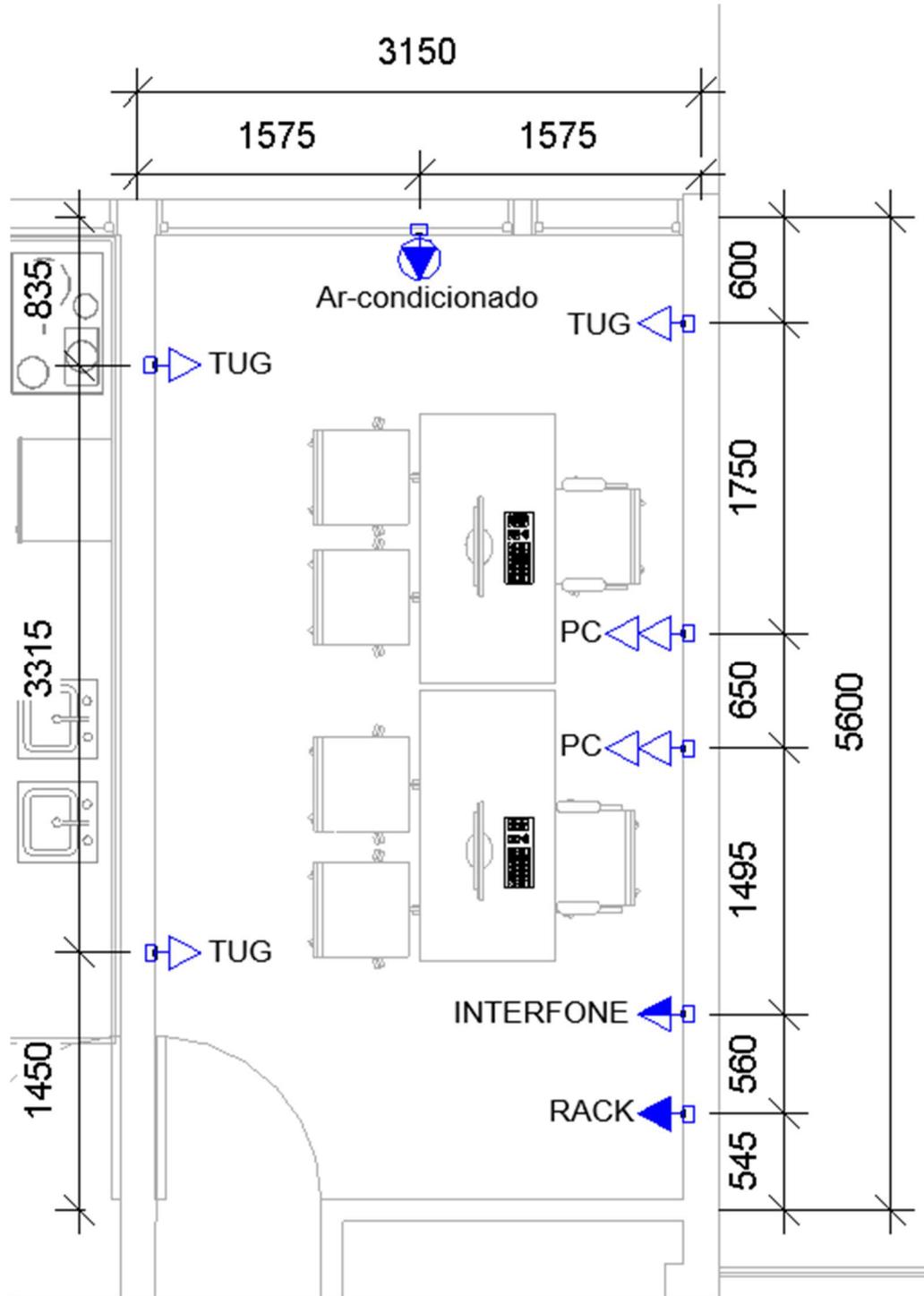
Além dos equipamentos já especificados pelo projeto arquitetônico, é necessário que a edificação tenha mais tomadas distribuídas ao longo dos cômodos. Isso porque, caso tenha uma quantidade de tomadas não compatível para cada área pode ocorrer casos em que tenha uso excessivo de adaptadores gerando assim riscos de incêndio. Para isso, a NBR 5410 tem uma sessão específica que indica a quantidade mínima de tomadas que cada área da edificação precisa ter. No item 9.5.2.2.1 desta norma indica que em banheiros precisa ter pelo menos um ponto de tomada, em cozinhas, copas e locais parecidos deve ser previsto tomadas a cada 3,5 metros de perímetro e 2 pontos no mínimo acima de bancadas, em dormitórios e salas deve ter tomadas a cada 5 metros de perímetro e para demais áreas da edificação deve ter pelo menos uma tomada para cômodos que tenha área inferior a $6m^2$ ou uma tomada a cada 5 metros quando este cômodo tiver uma área acima de 6 metros (ABNT, 2004).

Para exemplificar, será utilizado o cômodo da sala de registro, que tem 3,15 metros de comprimento e 5,6 metros de largura totalizando uma área de $17,64m^2$, precisando assim de um ponto de tomada a cada 5 metros de perímetro. O perímetro ficou em 17,5 metros e dividindo por 5 chegaria em um resultado de 3,5 pontos de tomadas. Portanto, como o arredondamento é feito para cima, este cômodo precisaria ter no mínimo 4 tomadas. Como este quantitativo é o mínimo exigido pela norma, o projetista pode inserir mais tomadas de acordo com a necessidade.

Assim sendo, foi previsto duas tomadas duplas para atender os computadores, uma tomada para ar-condicionado, uma tomada para alimentação do rack de informática, um ponto

para espera de interfone e outras 3 tomadas para uso geral. Desta forma, totalizando 8 pontos de tomada, como pode ser observado na Figura 10.

Figura 10 - Distribuição de pontos de tomada para a sala de registros.



Fonte: Autor (2023).

Deste mesmo modo, foi realizada a distribuição dos pontos de tomada para as demais áreas. Esta distribuição pode ser observada no Apêndice A, onde está todo o projeto elétrico.

3.2 DIMENCIONAMENTO DOS CONDICIONADORES DE AR

Para este projeto será instalado ar-condicionado nas salas de registros, triagem, acupuntura e inclusão digital. Assim sendo, para um correto dimensionamento dos equipamentos será realizado os cálculos no simulador que fabricante Midea disponibiliza em seu site.

Desta forma, será apresentado como foi realizada a inclusão de dados da sala de registros para que o software faça o cálculo e posteriormente será apresentada uma tabela com o resultado das demais salas.

Inicialmente o software pede para indicar em qual estado está localizado a edificação. Como a localização deste projeto é na cidade de Uberlândia, foi selecionado Minas Gerais.

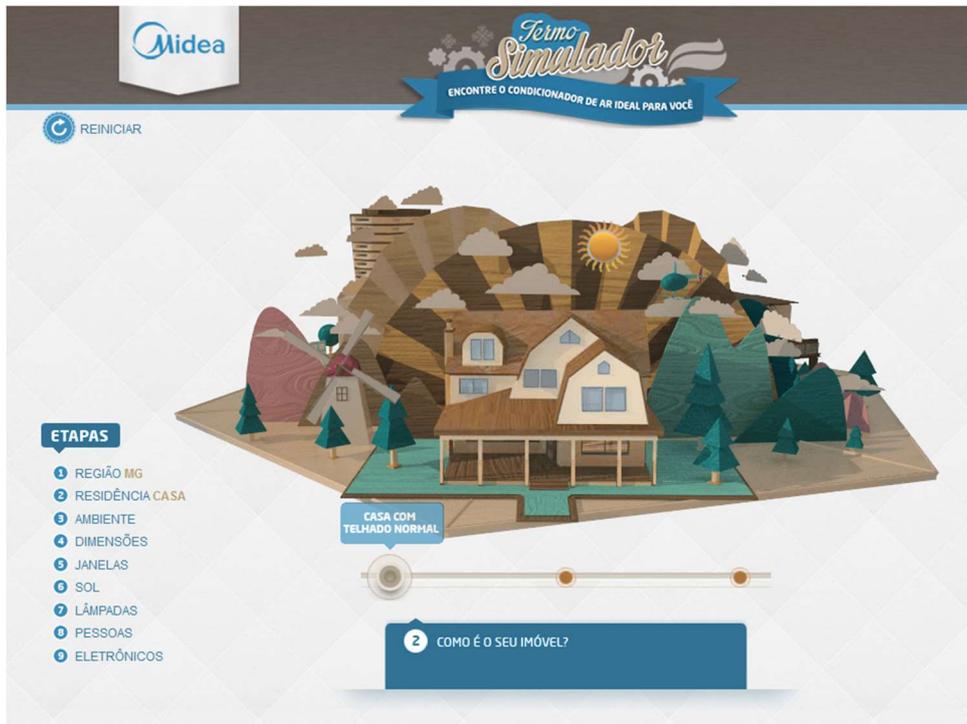
Figura 11 - Seleção da Região no software.



Fonte: Midea (2023).

Na segunda etapa é necessário selecionar o tipo da edificação, portanto dentre as 3 opções disponíveis, a que mais se adequa seria casa com telhado comum.

Figura 12 - Seleção do tipo de residência.



Fonte: Midea (2023).

Para a terceira etapa foi selecionado um ambiente de escritório para a sala de registros.

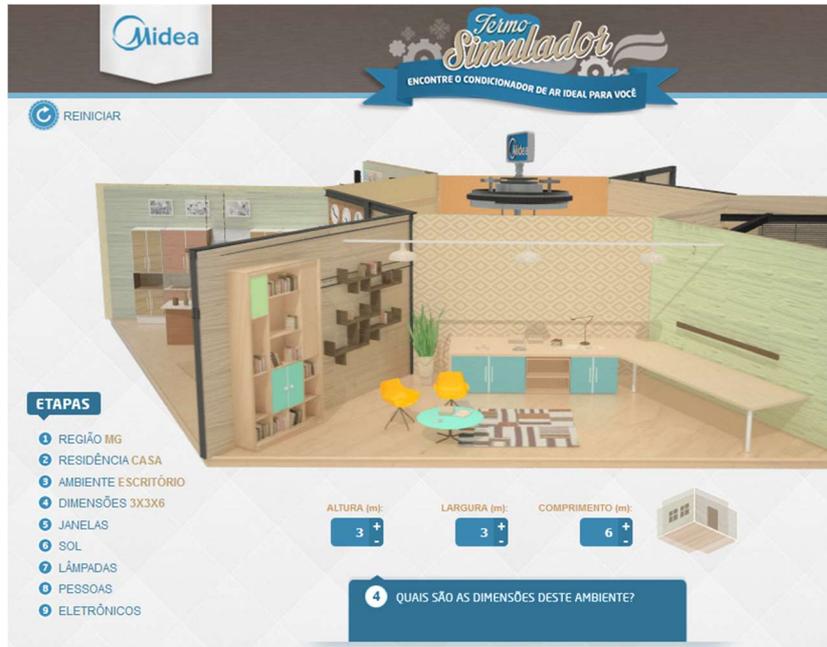
Figura 13 - Seleção do tipo de ambiente.



Fonte: Midea (2023).

Na quarta etapa é necessário informar as dimensões do cômodo, portanto foi utilizado uma altura de 3 metros, comprimento de 3 metros e largura de 6 metros.

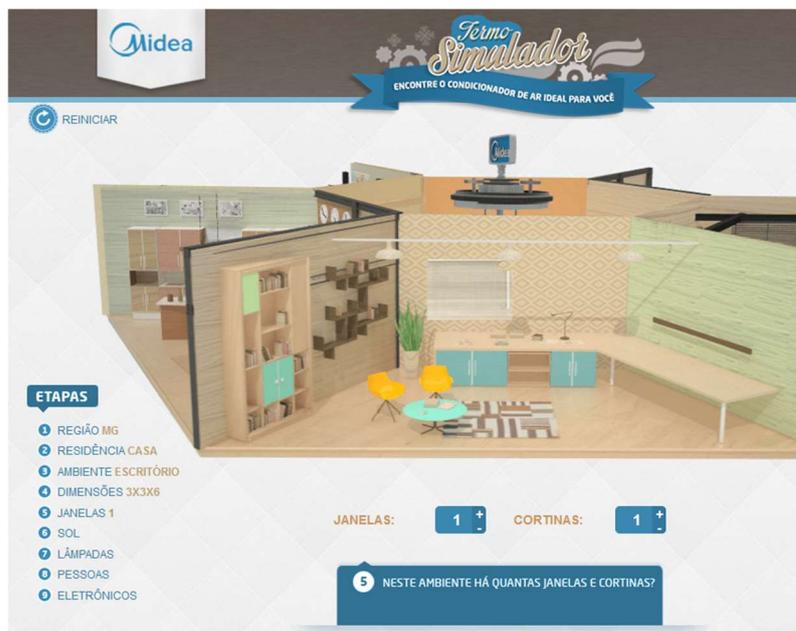
Figura 14 - Dimensões do cômodo.



Fonte: Midea (2023).

Na quinta etapa foi indicado a existência de uma janela com cortina.

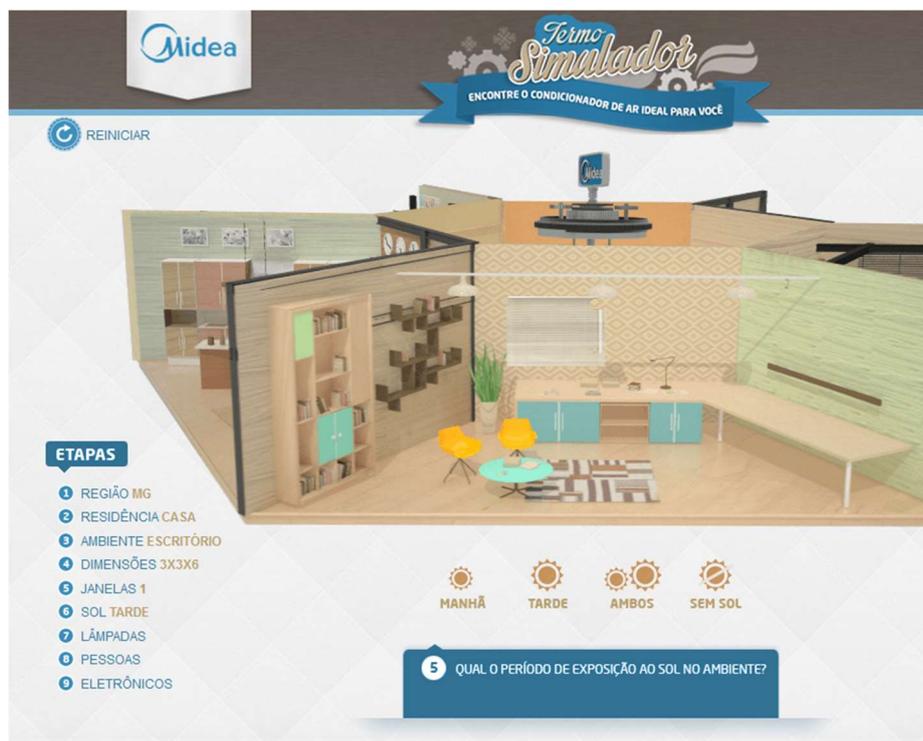
Figura 15 - Quantidade de janelas.



Fonte: Midea (2023).

Na sexta etapa foi necessário indicar em qual período o ambiente é exposto ao sol, neste caso como a janela está voltada para o noroeste, o ambiente ficará exposto ao sol no período da tarde.

Figura 16 - Exposição do ambiente ao sol.



Fonte: Midea (2023).

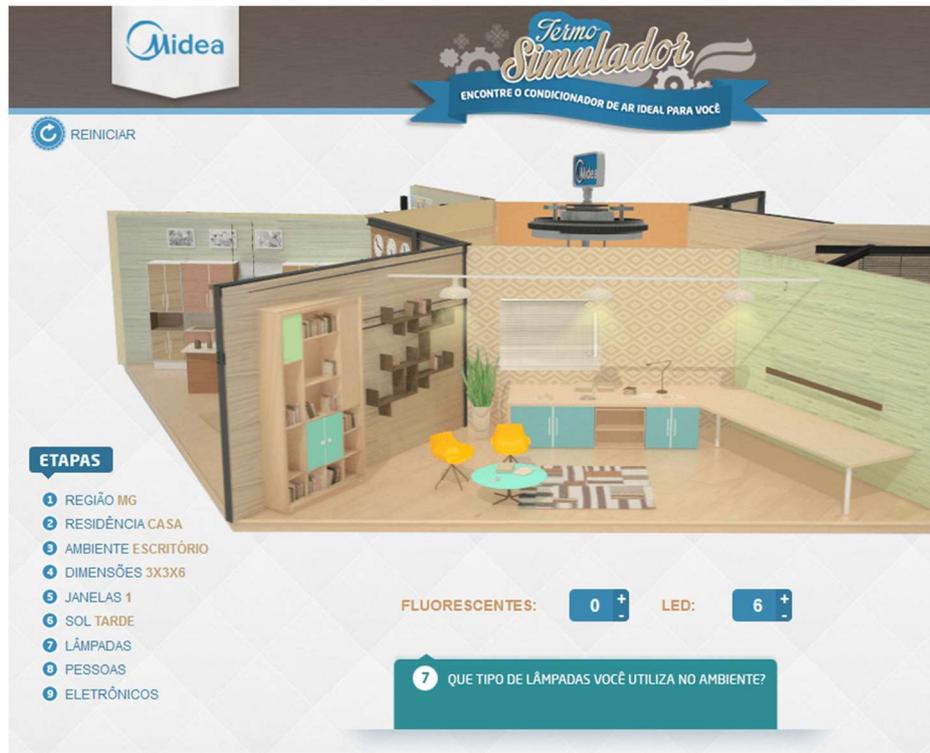
Para a sétima etapa foi indicado a existência de 6 lâmpadas de LED pois existem 3 pontos de iluminação com 2 lâmpadas. Conforme indicado na Figura 17.

Para na oitava etapa foi indicado que 2 pessoas utilizam o ambiente conforme Figura 18.

Na última etapa do cálculo foi necessário indicar a quantidade de equipamentos elétricos no ambiente. Conforme a Figura 10, neste cômodo existirá 2 computadores de mesa, 1 rack e 1 interfone, totalizando 4 equipamentos. Conforme Figura 19.

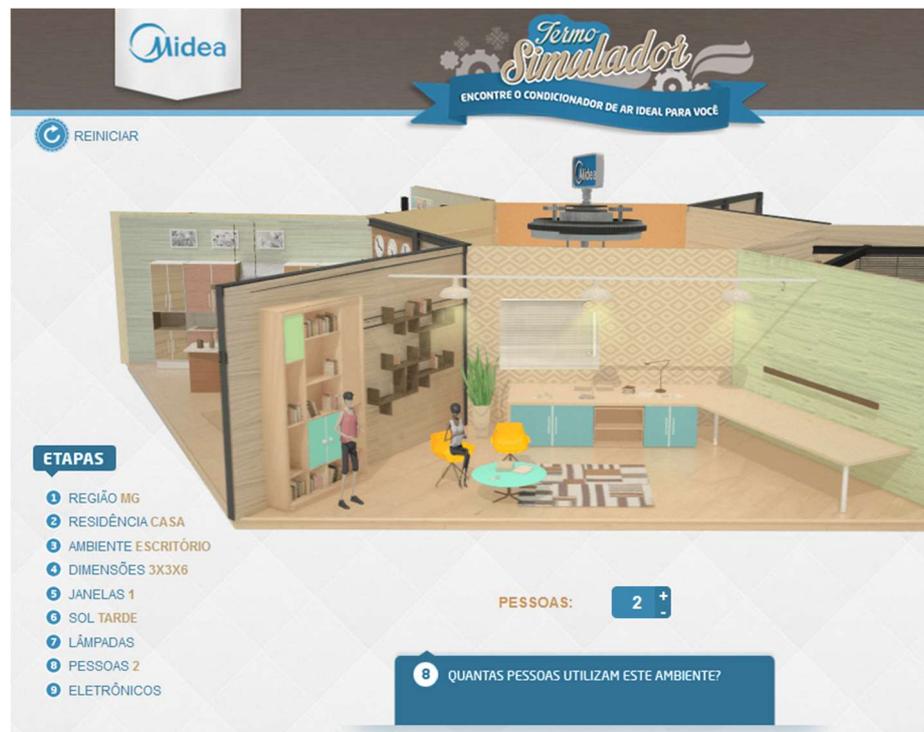
Após a indicação de todos os dados pertinentes ao cômodo, o software indicou a necessidade de um ar-condicionado com capacidade de 12000 BTUs, conforme Figura 20.

Figura 17 - Quantidade de lâmpadas.



Fonte: Midea (2023).

Figura 18 - Quantidade de pessoas no ambiente.



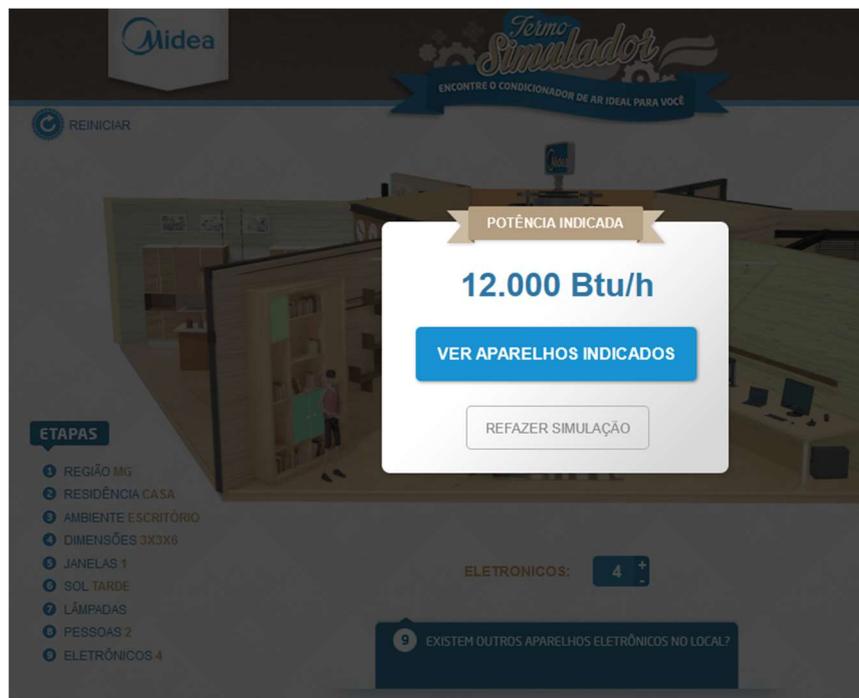
Fonte: Midea (2023).

Figura 19 - Quantidade de equipamento no ambiente.



Fonte: Midea (2023).

Figura 20 - Resultado.



Fonte: Midea (2023).

Para os demais cômodos, foi realizado o estudo do mesmo modo apresentado anteriormente e na Tabela 3 ilustra os dados de entrada no software e o resultado para cada ambiente.

Tabela 3 - Dimensionamento dos condicionadores de ar

Local	Sala de registro	Sala de triagem	Acupuntura	Inclusão digital
Região	Minas Gerais	Minas Gerais	Minas Gerais	Minas Gerais
Tipo de residência	Casa	Casa	Casa	Casa
Tipo de ambiente	Escritório	Escritório	Quarto	Escritório
Altura (m)	3	3	3	3
Largura (m)	3	3	6	6
Comprimento (m)	6	6	6	6
Quantidade de janelas	1	1	4	4
Período de exposição ao sol	Tarde	Tarde	Tarde	Tarde
Quantidade de lâmpadas	6	9	18	18
Quantidade de pessoas	2	2	5	17
Quantidade de equipamentos	4	2	2	18
Resultado (BTU/h)	12000	12000	30000	48000

Fonte: Autor (2023).

3.3 CARGA TOTAL DA EDIFICAÇÃO

Após realizar a distribuição dos pontos de tomada e iluminação, pode ser obtido a lista de carga da edificação. Esta lista irá ajudar nas próximas etapas de projeto, como a distribuição dos circuitos, dimensionamento de cargas e eletrodutos. Na Tabela 4 está a lista de carga completa da edificação.

Tabela 4 - Lista de carga da edificação

(continua)

Descrição	Quantidade	Potência Unitária (W)	Potência Total (kw)
Lâmpada LED T8 1,2 metros	228	18	4,104
Lâmpada LED bulbo	12	38	0,456
Refletores LED	11	100	1,1
Lâmpada LED para jardim	26	11	0,286
Tomada de uso geral	57	100	5,7
Carga reserva	10	1000	10
Tomada de uso geral 600W	10	600	6
Microcomputador	19	250	4,75

Tabela 4 – Lista de carga da edificação

(conclusão)

Descrição	Quantidade	Potência Unitária (W)	Potência Total (kw)
Microcomputador	19	250	4,75
Impressora	3	100	0,3
Vídeo porteiro	1	100	0,1
Rack de TI	1	1000	1
Roteador	2	100	0,2
Conjunto de som	1	100	0,1
Projeter	1	300	0,3
Televisão	2	200	0,4
Microondas	1	1500	1,5
Liquidificador	1	600	0,6
Exaustor	1	150	0,15
Geladeira Duplex	2	300	0,6
Bebedouro	4	100	0,4
Infravermelho	8	150	1,2
Ultrassom portátil	8	100	0,8
Máquina de lavar roupas	2	1500	3
Chuveiro elétrico	8	4400	35,2
Boiler	1	3000	3
Ar-Condicionado 12000BTU	2	1247	2,494
Ar-Condicionado 30000BTU	1	3600	3,6
Ar-Condicionado 48000BTU	1	5000	5
Bomba piscina 1,5CV	1	1580	1,58
Motor para portão 3/4CV	1	890	0,89
Total			94,81

Fonte: Autor (2023).

3.4 DISTRIBUIÇÃO DOS CIRCUITOS

Esta etapa do projeto é de suma importância, pois uma boa divisão dos circuitos pode evitar desperdício de energia elétrica e garantir uma instalação segura e que consequentemente diminuirá sua manutenção (Mattede, s.d.).

Neste sentido, a NBR 5410 traz em seu item 9.5.3.1 que equipamentos com uma corrente superior a 10A deve possuir um circuito exclusivo, como é o caso dos chuveiros elétricos, ar-condicionado, boiler e entre outros (ABNT, 2004).

Além disso, no item 9.5.3.2 diz que em áreas como cozinha, copas, lavanderias e demais áreas semelhantes não deve ter seu circuito compartilhado com as demais áreas, isso

porque, é nestes locais que geralmente tem equipamentos com uma demanda maior. Desta forma os circuitos com cargas não específicas, podem ter até 10A (ABNT, 2004).

Para este projeto, devido a grande quantidade de equipamentos, será necessário fazer a divisão em três quadros de distribuição sendo o primeiro responsável por alimentar o Salão multiuso, espaço pilates, sala de registro, banheiros, acupuntura e inclusão digital, o segundo quadro ficará por conta do espaço piscina, sala de máquinas, vestuários e banheiros dos funcionários e o terceiro quadro alimentará as baias.

Nas Tabelas 5, 6, 7, 8 e 9 será apresentado como foi realizado a distribuição de cargas. Foi considerado a melhor forma para atender os requisitos da norma, enunciados anteriormente. Assim sendo, será indicado o número do circuito, a descrição e as cargas instaladas, onde as tomadas de uso geral serão 100W ou 600W e as demais cargas terão sua potência especificada. Para representar de melhor forma será apresentada 5 tabelas, sendo 2 para o QDFL-01 (quadro de distribuição de força e luz) e QDFL-01 divididos em iluminação e tomadas e uma última tabela para o QDF-BAIAS.

Tabela 5 – Quadro de cargas de iluminação do QDFL-01

Circuito	Descrição do Circuito	Pontos de Iluminação (W)			
		11	18	38	100
1.1	Iluminação - ADM, Cozinha, Triagem, WC's, Depósito, DML e Lixo	-	59	-	-
1.2	Iluminação - Salão Multiuso	-	56	-	-
1.3	Iluminação - Baias e Pilates	-	64	-	-
1.4	Iluminação - Calçada Norte	-	-	-	-
1.5	Iluminação externa - Arandelas corredor funcionários e entrada	-	-	12	-
1.6	Iluminação externa - Árvores e arbustos	26	-	-	-
Total		26	179	12	6

Fonte: Autor (2023).

No quadro de cargas de tomadas serão acrescentados circuitos reservas, isso porque no item 6.5.4.7 da norma NBR 5410 pede o acréscimo de espaço para futuras ampliações e na tabela 59 desta mesma norma indica que em quadros até 6 circuitos deverá ter 2 circuitos de reserva, entre 7 e 12 circuitos deverá ter 3 reservas, entre 13 e 30 deverá ter 4 reservas e acima de 30 circuitos deverá ter 15% de reserva, além disso, deve ser previsto a carga destes circuitos para o cálculo dos alimentadores dos quadros (ABNT, 2004).

Para exemplificar como é realizado a previsão de reserva, no QDFL-01 terá 22 circuitos e como mostrado anteriormente precisará de 4 circuitos reservas, pois este número se encontra entre 13 e 30 circuitos. Como a norma não indica uma carga mínima para os circuitos reservas, será adotado como sendo 1000W para cada. Estas potências também foram previstas no quadro de cargas na Tabela 4.

Tabela 6 - Quadro de cargas de tomadas do QDFL-01

Circuito	Descrição do Circuito	Pontos de Tomadas (W)					Carga Especial (W)
		100	150	250	300	600	
1.7	Tomadas - ADM	5	-	2	-	-	1000
1.8	Condicionador de ar 12000BTU - ADM	-	-	-	-	-	1247
1.9	Tomadas - Cozinha	4	1	-	-	2	-
1.10	Tomada - Microondas	-	-	-	-	-	1500
1.11	Tomadas - Geladeiras, Bebedouro, DML, Lixo e Depósito	6	-	-	2	-	-
1.12	Tomada - Lavadora de roupas	-	-	-	-	-	1500
1.13	Tomadas - WC's	-	-	-	-	4	-
1.14	Tomadas - Triagem e Acupuntura	15	-	1	-	-	-
1.15	Condicionador de ar 12000BTU - Triagem	-	-	-	-	-	1247
1.16	Condicionador de ar 30000BTU - Acupuntura	-	-	-	-	-	3600
1.17	Tomadas - Salão multiuso e Pilates	16	-	-	-	-	0
1.18	Tomadas - Inclusão Digital - Computadores bancada da direita	-	-	7	-	-	200
1.19	Tomadas - Inclusão Digital - Computadores bancada da esquerda	-	-	8	-	-	-
1.20	Motor para portão	-	-	-	-	-	890
1.21	QDFL-02	-	-	-	-	-	56062
1.22	QDF-BAIAS	-	-	-	-	-	5600
1.23	RESERVA	-	-	-	-	-	1000
1.24	RESERVA	-	-	-	-	-	1000
1.25	RESERVA	-	-	-	-	-	1000
1.26	RESERVA	-	-	-	-	-	1000
Total		46	1	18	2	6	76846

Fonte: Autor (2023).

Tabela 7 - Quadro de cargas de iluminação do QDFL-02

Circuito	Descrição do Circuito	Pontos de Iluminação (W)	
		18	100
2.1	Iluminação - Vestiários, WC funcionários, DML 2 e Circulação	25	1
2.2	Iluminação - Piscina e refletores externos	24	4
Total		49	5

Fonte: Autor (2023).

Tabela 8 - Quadro de cargas de tomadas do QDFL-02

Circuito	Descrição do Circuito	Pontos de Tomadas (W)		Carga Especial (W)
		100	600	
2.3	Tomadas - Vestiários e bebedouros	2	2	-
2.4	Tomadas - DML2 e Circulação	4	1	-
2.5	Máquina de lavar roupas - DML2	-	-	1500
2.6	Tomadas - WC's funcionários	-	2	-
2.7	Tomadas - Piscina	8	-	-
2.8	Condicionador de ar 48000BTU - Inclusão digital	-	-	5000
2.9	Boiler	-	-	3000
2.10	Bomba Piscina	-	-	1580
2.11	Chuveiro - Vestiário Feminino - deficiente	-	-	4400
2.12	Chuveiro - Vestiário Feminino - meio	-	-	4400
2.13	Chuveiro - Vestiário Feminino - próximo a janela	-	-	4400
2.14	Chuveiro - Vestiário Masculino - deficiente	-	-	4400
2.15	Chuveiro - Vestiário Masculino - meio	-	-	4400
2.16	Chuveiro - Vestiário Masculino - próximo a janela	-	-	4400
2.17	Chuveiro - WC funcionário masculino	-	-	4400
2.18	Chuveiro - WC funcionário feminino	-	-	4400
2.19	RESERVA	-	-	1000
2.20	RESERVA	-	-	1000
2.21	RESERVA	-	-	1000
2.22	RESERVA	-	-	1000
		14	5	50280

Fonte: Autor (2023).

No quadro de distribuição das baias não vai ter iluminação, portanto será apresentado somente a tabela para as tomadas. Para este quadro também foi previsto circuitos reservas como indicado dos quadros anteriores.

Tabela 9 - Quadro de cargas de tomadas do QDF-BAIAS

Circuito	Descrição do Circuito	Pontos de Tomadas (W)				Carga Especial (W)
		100	150	200	300	
3.1	Tomadas - Baias superior	7	4	1	1	-
3.2	Tomadas - Baias inferior	12	4	-	-	-
3.3	RESERVA	-	-	-	-	1000
3.4	RESERVA	-	-	-	-	1000
Total		19	8	1	1	2000

Fonte: Autor (2023).

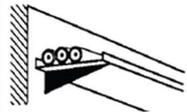
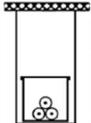
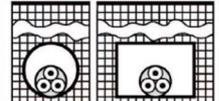
3.5 MÉTODO DE INSTALAÇÃO DOS CABOS

Nesta parte do projeto será definido como será a instalação dos cabos, ou seja, se será instalado em eletrodutos, eletrocalha, perfilado ou até mesmo se estes serão passados de forma subterrânea.

O tipo de instalação pode interferir diretamente no dimensionamento do cabeamento, isso porque, a norma NBR 5410 prevê diferentes capacidades de condução de corrente para um mesmo condutor dependendo de como este é instalado (ABNT, 2004).

Na Figura 21 que foi adaptado da norma está ilustrado os métodos que serão utilizados para este projeto, sendo possível notar que pode ter o mesmo método de referência para diferentes tipos de instalação, como é o caso do método 7 e 35.

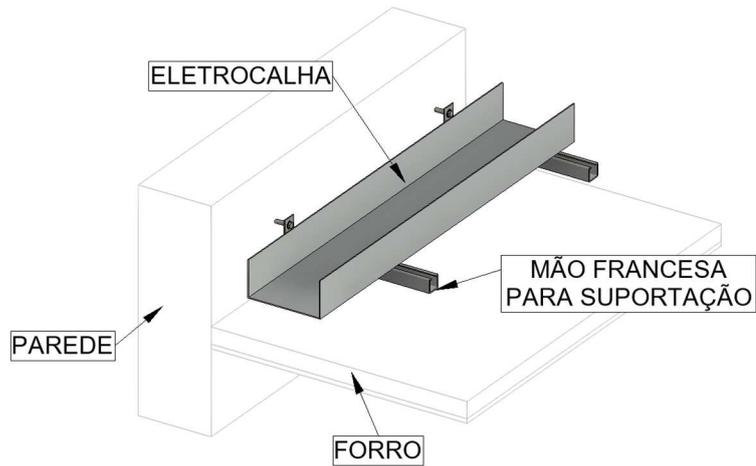
Figura 21 - Métodos de instalação

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira ³⁾	C
35		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspenso(o)	B1
61		Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)	D

Fonte: Adaptado de ABNT (2004)

Como visto anteriormente, este projeto tem muitos circuitos e para otimizar custo será utilizado eletrocalha acima do forro como sendo a infraestrutura principal de encaminhamento. Na Figura 22 está ilustrado como é feito a instalação desta infraestrutura.

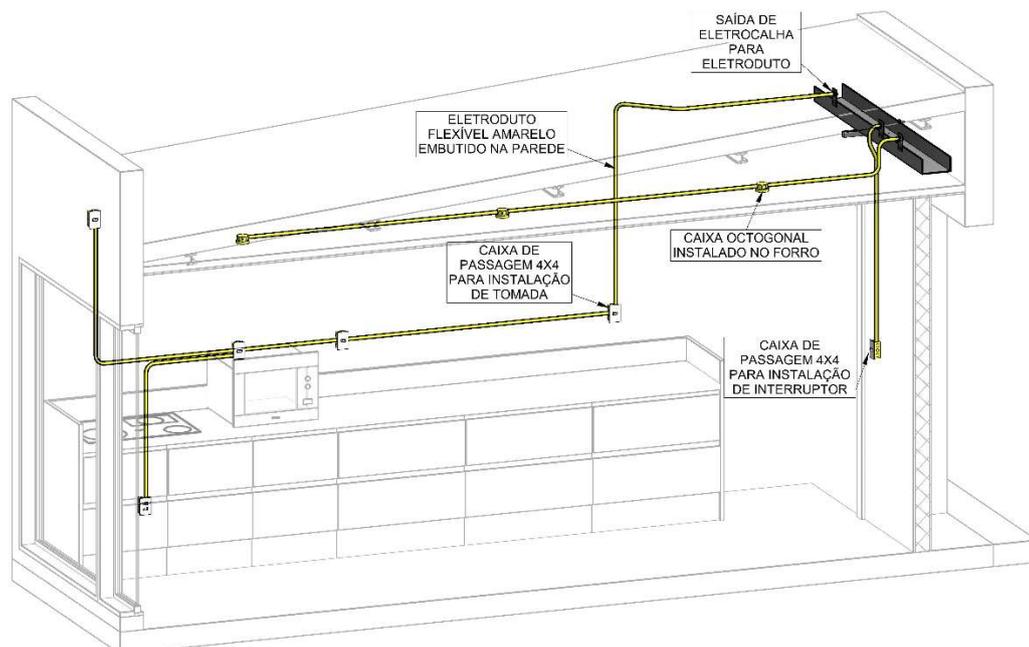
Figura 22 - Instalação de eletrocalha



Fonte: Autor (2023).

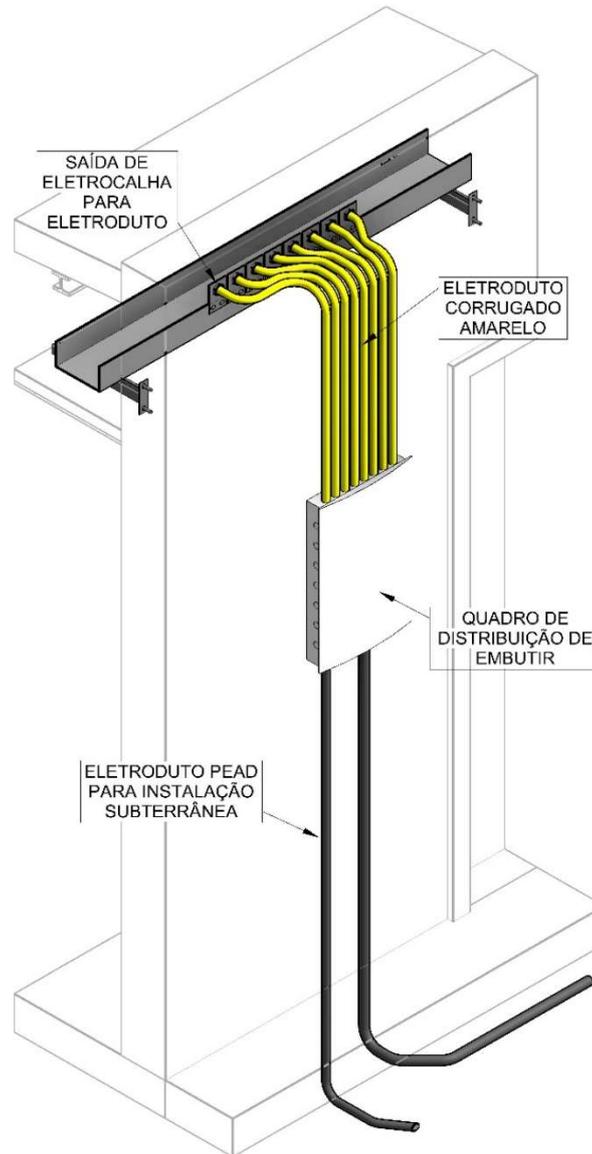
Para fazer a derivação entre a eletrocalha e tomadas será utilizado eletrodutos, assim como para os painéis. Estas instalações podem ser observadas com mais detalhes nas Figuras 23 e 24.

Figura 23 - Instalação de eletrodutos



Fonte: Autor (2023).

Figura 24 - Derivação de eletrodutos para o quadro de distribuição

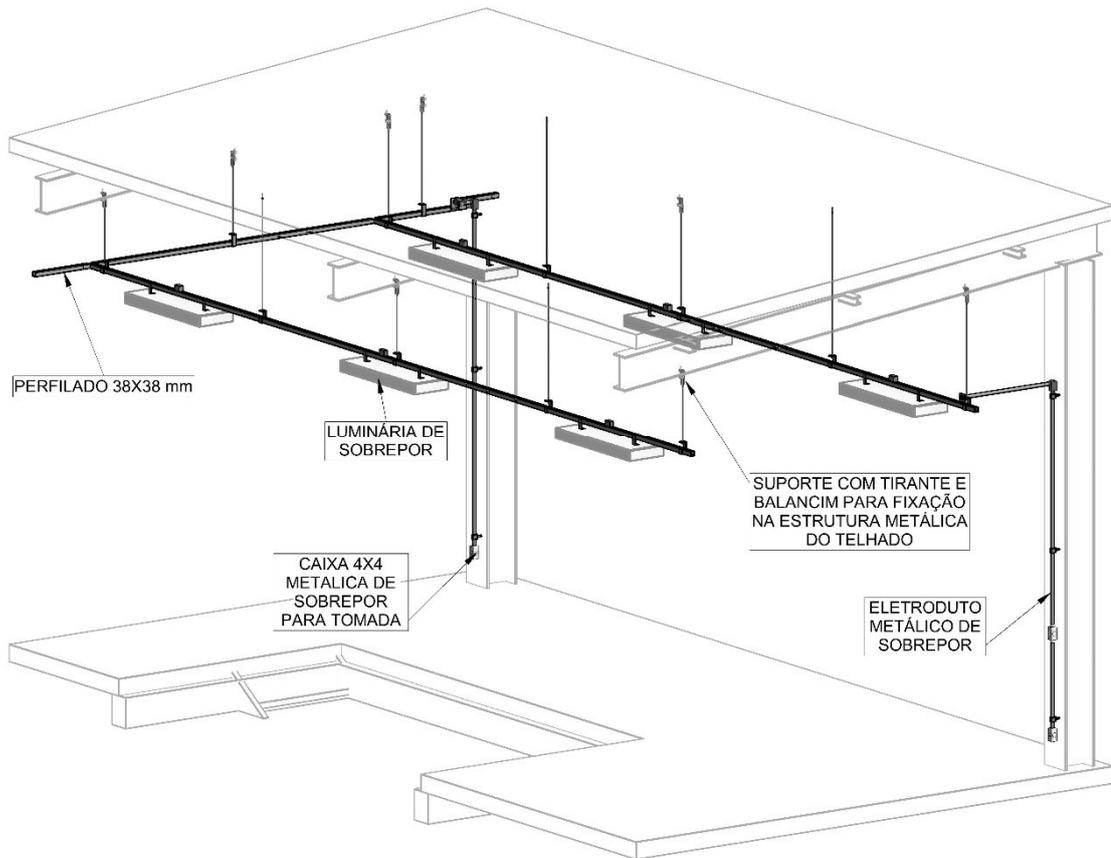


Fonte: Autor (2023).

As instalações subterrâneas precisam ser instaladas com eletrodutos mais reforçados, como é o exemplo do PEAD. Além disso, conforme o item 6.2.11.6 da norma NBR 5410, a profundidade destas linhas deve ser de 70 centímetros no mínimo e 1 metro caso seja em áreas com passagem de veículos. Assim como, é necessário a instalação de fita de sinalização 20 centímetros acima do eletroduto, para servir como identificação para eventuais manutenções (ABNT, 2004).

Para as instalações do salão multiuso e área da piscina, será utilizado perfilados para ter uma melhor distribuição das luminárias. Assim sendo, para estas áreas dos galpões terá uma instalação aparente, conforme Figura 25.

Figura 25 - Detalhe de instalação de perfilado e luminárias



Fonte: Autor (2023).

3.6 CÁLCULO DA CORRENTE DOS CIRCUITOS

Nesta etapa do projeto será realizado o cálculo da corrente de cada circuito e da corrente de alimentação de cada quadro. Para isso, será necessário saber a potência total instalada, fator de potência, tensão e se este circuito será monofásico, bifásico ou trifásico.

Para o cálculo desta corrente será utilizado as equações 1, onde I é a corrente em Ampere, V é a tensão em Volt e fp é o fator de potência:

$$I = \frac{P}{V \times fp} \quad (1)$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times fp} \quad (2)$$

Nas Tabelas 10, 11 e 12 serão mostradas todas as informações necessárias para o cálculo da corrente. Vale ressaltar que para este projeto foi considerado alimentação bifásica para a maioria dos circuitos de iluminação, com o intuito de diminuir a seção de seus condutores. Além disso, para a alimentação de tomadas e equipamentos será adotado alimentação bifásica 220V e a alimentação dos quadros QDFL-01 e QDFL-02 serão trifásicos 220V. Além disso, o fator de potência foi considerado de cada equipamento instalado e para tomadas de uso geral foi adotado 0,92.

Tabela 10 - Corrente dos circuitos do DQFL-01

Circuito	Potência Ativa (W)	Fator de Potência	Tensão (V)	Número de fases	Corrente (A)
1.1	1062	0,95	220	2	5,08
1.2	1008	0,95	220	2	4,82
1.3	1152	0,95	220	2	5,51
1.4	600	0,95	220	2	2,87
1.5	456	0,95	220	2	2,18
1.6	286	0,95	220	2	1,37
1.7	2000	0,92	220	2	9,88
1.8	1247	0,90	220	2	6,30
1.9	1750	0,92	220	2	8,65
1.10	1500	0,92	220	2	7,41
1.11	1200	0,92	220	2	5,93
1.12	1500	0,85	220	2	8,02
1.13	2400	0,92	220	2	11,86
1.14	1750	0,92	220	2	8,65
1.15	1247	0,90	220	2	6,30
1.16	3600	0,90	220	2	18,18
1.17	1600	0,92	220	2	7,91
1.18	1950	0,92	220	2	9,63
1.19	2000	0,92	220	2	9,88
1.20	890	0,72	220	2	5,62
1.21	56062	0,95	220	3	154,51
1.22	5600	0,92	220	2	27,67
1.23	1000	0,92	220	2	4,94
1.24	1000	0,92	220	2	4,94
1.25	1000	0,92	220	2	4,94
1.26	1000	0,92	220	2	4,94

Fonte: Autor (2023).

No circuito 1.23 foi considerado trifásico pois será a alimentação do QDFL-02 e este vai ser derivado do QDFL-01. Portanto, posteriormente será dimensionado uma proteção para o quadro 02 no quadro 01.

Tabela 11 - Corrente dos circuitos do DQFL-01

Circuito	Potência Ativa (W)	Fator de Potência	Tensão (V)	Número de fases	Corrente (A)
2.1	550	0,95	127	1	4,56
2.2	832	0,95	220	2	3,98
2.3	1400	0,92	220	2	6,92
2.4	1000	0,92	220	2	4,94
2.5	1500	0,85	220	2	8,02
2.6	1200	0,92	220	2	5,93
2.7	800	0,92	220	2	3,95
2.8	5000	0,90	220	2	25,25
2.9	3000	1,00	220	2	13,64
2.10	1580	0,57	220	2	12,60
2.11	4400	1,00	220	2	20,00
2.12	4400	1,00	220	2	20,00
2.13	4400	1,00	220	2	20,00
2.14	4400	1,00	220	2	20,00
2.15	4400	1,00	220	2	20,00
2.16	4400	1,00	220	2	20,00
2.17	4400	1,00	220	2	20,00
2.18	4400	1,00	220	2	20,00
2.19	1000	0,92	220	2	4,94
2.20	1000	0,92	220	2	4,94
2.21	1000	0,92	220	2	4,94
1.22	1000	0,92	220	2	4,94

Fonte: Autor (2023).

Tabela 12 - Corrente dos circuitos do DQF-BAIAS

Circuito	Potência Ativa (W)	Fator de Potência	Tensão (V)	Número de fases	Corrente (A)
3.1	1800	0,92	220	2	8,89
3.2	1800	0,92	220	2	8,89
3.3	1000	0,92	220	2	4,94
3.4	1000	0,92	220	2	4,94

Fonte: Autor (2023).

3.7 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE DOS CABOS

Antes de realizar o dimensionamento dos cabos é necessário saber que cada tipo de condutor possui sua capacidade máxima de condução de corrente elétrica. Baseado no método de instalação dos cabos, conforme demonstrado no item 3.5 deste documento, a norma NBR 5410 apresenta as tabelas 36 e 37, ilustrados como Tabelas 13 e 14, indicando assim as suas capacidades de conduções corrente.

Vale ressaltar que a Tabela 13 é utilizado para cabos isolados, ou seja, que possui uma tensão de isolamento de 750V e cabos com proteção em PVC, já a Tabela 14 é utilizada para cabos unipolares ou multipolares que possuem uma dupla isolamento garantindo uma tensão de 1kV e geralmente o cabo é protegido com material EPR.

Para este projeto será utilizado somente cabo com tensão de isolamento de 1kV, cabo unipolar, pois a norma NBR 5410 traz em seu item 6.2.11.3.1 que em bandejas (eletrocalhas sem tampa) só poderá ser utilizado cabos unipolares ou multipolares, assim como, o item 6.2.11.4.1 diz que em perfilado perfurado e sem tampa também só poderá utilizar este tipo de condutor e no item 6.2.11.6.1 diz que em eletrodutos enterrados só podem ser utilizados cabos unipolares e multipolares (ABNT, 2004).

Tabela 13 - Capacidade de condução de corrente para condutores com isolamento em PVC

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151

Fonte: Adaptado de ABNT (2004).

Tabela 14 - Capacidade de condução de corrente para condutores com isolamento em EPR

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178

Fonte: Adaptado de ABNT (2004).

Vale ressaltar que neste projeto vai ter trechos em que o condutor vai percorrer por eletrocalha e eletroduto. Para este caso será adotado o método de instalação das eletrocalhas sendo o método de referência C, pois a maioria do trecho estará nas eletrocalhas.

3.8 FATOR DE AGRUPAMENTO

A capacidade de condução de corrente apresentados nas Tabela 13 e 14 só é válida para o caso em que esteja passando apenas um circuito no conduto, conforme indicado no item 6.2.5.5.3 da norma NBR 5410, já para as ocasiões em que vários circuitos passam junto é necessário aplicar um fator de correção que diminuirá a capacidade de condução da corrente dos cabos (ABNT, 2004).

Portanto, para eletrocalha e perfilado será utilizado os fatores indicados na referência 2 da Tabela 14, onde será analisado para cada circuito qual o fator de agrupamento, assim como para eletrodutos enterrados e embutidos em alvenaria será utilizado a referência 1.

Tabela 15 - Fator de agrupamento

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

Fonte: Adaptado de ABNT (2004).

3.9 TEMPERATURA E RESISTIVIDADE TÉRMICA

Outro fator que pode interferir na capacidade de condução de corrente dos cabos é a temperatura ambiente pois conforme o item 6.2.5.3.2 da norma NBR 5410, os valores indicados nas Tabelas 13 e 14 são para uma temperatura ambiente de 30°C e temperatura do solo de 20°C, para temperaturas diferentes deverá ser aplicada a correção indicado na tabela 40 da norma e ilustradas nas tabelas (ABNT, 2004).

Tabela 16 - Fator de correção para a temperatura ambiente

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	–	0,65
70	–	0,58
75	–	0,50
80	–	0,41

Fonte: Adaptado de ABNT (2004).

Tabela 17 - Fator de correção para a temperatura do solo

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Fonte: Adaptado de ABNT (2004).

Como este projeto está localizado em Uberlândia e segundo Azevedo (2022) a temperatura média anual é de 23,6°C, será utilizado um fator de correção de 1,06 para cabos PVC e 1,04 para cabos EPR ou XLPE. Já para a temperatura do solo será adotado 20°C e não terá correção.

Além disso, a resistividade térmica do solo também pode afetar na capacidade de condução de corrente dos cabos que são instalados de forma subterrânea e o item 6.2.5.4 da norma NBR 5410 diz que os valores das Tabelas 13 e 14 só são válidos para solos que tenham resistividade térmica de 2,5K.m/W e valores diferentes desse deve ser consultado a tabela 41 da norma, ilustrado pela Tabela 18, para aplicar a correção (ABNT, 2004).

Tabela 18 - Fator de correção para resistividade térmica do solo

Resistividade térmica K.m/W	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,1	1,05	0,96

Fonte: ABNT (2004).

Vale ressaltar que o valor de 2,5K.m/W é recomendado para solos que não são especificados, portanto para este projeto será adotado este valor e não será aplicado correção para este fator (ABNT, 2004).

3.10 SESSÃO MÍNIMA DOS CABOS

A norma NBR 5410 traz em sua tabela 47, ilustrado pela Tabela 19, as sessões mínimas para os condutores de potência, sendo que para iluminação pode ser adotado cabos de 1,5mm² e para os demais equipamentos e tomadas sendo de 2,5mm².

Tabela 19 - Sessão mínima dos condutores

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ²⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ³⁾
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
	Linhas flexíveis com cabos isolados	Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
Para qualquer outra aplicação		0,75 Cu ⁴⁾	
Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais		0,75 Cu	

Fonte: ABNT (2004).

Além disso, nos itens 6.2.4.2.1 e 6.2.4.2.2 traz a informação de que o condutor neutro não pode ser utilizado por mais de um circuito, ou seja, cada circuito terá seu condutor neutro separadamente e que a sessão para circuitos monofásicos deverão ser as mesmas dos condutores de fase (ABNT, 2004).

Para os condutores de proteção, deve ser seguido a tabela 58 da norma, ilustrado pela Tabela 20, sendo para condutores de fase de até 16mm², a proteção deve ter a mesma sessão, para fase que tenha entre 16 e 35mm² deve ser adotado a proteção com sessão de 16mm² e para fase com sessão maior que 35mm² deve ter o condutor de proteção com metade da sessão, ou seja, para fase que tenha condutor de 50mm², a proteção deverá ser de 25mm².

Tabela 20 - Sessão mínima dos condutores de proteção

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

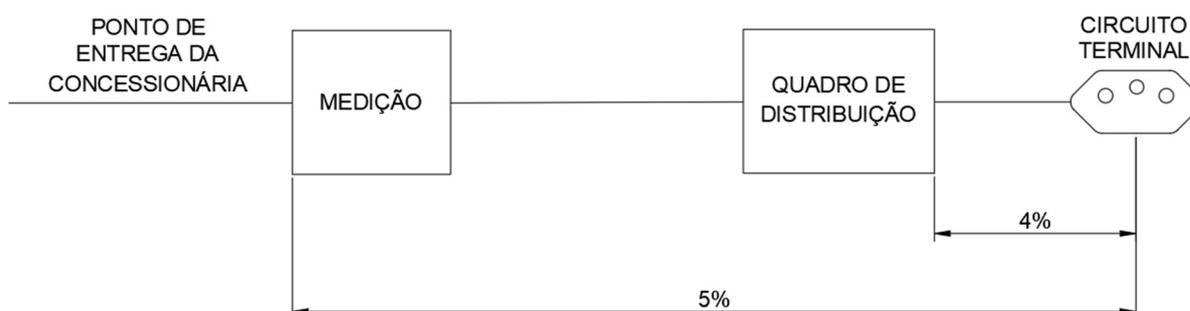
Fonte: ABNT (2004).

3.11 QUEDA DE TENSÃO

A queda de tensão é causada pela distância que o condutor tem até o final do circuito e consequentemente podendo apresentar uma tensão bem abaixo do previsto. Assim sendo, a norma NBR 5410 traz em seu item 6.2.7.1 os níveis máximos de queda de tensão, sendo para este projeto, podendo apresentar 5% no máximo a partir do ponto de entrega da concessionária até os terminais do circuito (ABNT, 2004).

Além disso, no item 6.2.7.2 da mesma norma diz que nos circuitos terminais pode ter no máximo 4% de queda de tensão, ou seja, entre o quadro de distribuição e ponto de tomada ou equipamento não poderá passar de 4%, conforme ilustrado na Figura 26 (ABNT, 2004).

Figura 26 - Ilustração da queda de tensão



Fonte: Autor (2023).

Segundo a fabricante de cabos elétricos Prysman (2020) a queda de tensão pode ser calculada com as equações 3 e 4, onde a equação 3 é utilizada para circuitos monofásicos ou bifásicos e a equação 4 para circuitos trifásicos. Onde “ $\Delta V\%$ ” é a queda de tensão em porcentagem, “ R ” é a resistência elétrica por quilometro, “ XL ” é a reatância indutiva por

quilômetro, “i” é a corrente do circuito, l é o comprimento do cabo em quilômetro e $\cos \varphi$ é o fator de potência.

$$\Delta V\% = \frac{2 \times (R \times \cos\varphi + X_L \times \text{sen}\varphi) \times i \times l}{V} \times 100 \quad (3)$$

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} \times (R \times \cos\varphi + X_L \times \text{sen}\varphi) \times i \times l}{V} \times 100 \quad (4)$$

Os valores de resistência e reatância podem ser obtidos pela Tabela 21 que foi retirado do mesmo documento da Prysman. Vale ressaltar que a primeira coluna é utilizada para cabos unipolares monofásicos, a segunda coluna para cabos multipolares monofásicos, a terceira coluna para cabos unipolares com espaçamento entre si e a quarta coluna para cabos unipolares em circuitos trifásicos.

Tabela 21 - Valores de resistência e reatância dos cabos de 06/1kV

Seção nominal (mm ²)												
					s = 2.0		s = 13 cm		s = 20 cm			
	Rca (Ω/km)	X _L (Ω/km)	Rca (Ω/km)	X _L (Ω/km)	Rca (Ω/km)	X _L (Ω/km)	Rca (Ω/km)	X _L (Ω/km)	Rca (Ω/km)	X _L (Ω/km)	Rca (Ω/km)	X _L (Ω/km)
1,5	14,50	0,16	14,50	0,12	14,50	0,21	14,50	0,40	14,50	0,44	14,50	0,17
2,5	8,87	0,15	8,87	0,12	8,87	0,20	8,87	0,39	8,87	0,42	8,87	0,16
4	5,52	0,14	5,52	0,12	5,52	0,20	5,52	0,37	5,52	0,40	5,52	0,16
6	3,69	0,13	3,69	0,11	3,69	0,19	3,69	0,35	3,69	0,39	3,69	0,15
10	2,19	0,13	2,19	0,10	2,19	0,18	2,19	0,34	2,19	0,37	2,19	0,14
16	1,38	0,12	1,38	0,10	1,38	0,17	1,38	0,32	1,38	0,35	1,38	0,13
25	0,87	0,11	0,87	0,10	0,87	0,17	0,87	0,30	0,87	0,34	0,87	0,13
35	0,63	0,11	0,63	0,09	0,63	0,16	0,63	0,29	0,63	0,32	0,63	0,13
50	0,46	0,11	0,46	0,09	0,46	0,16	0,46	0,28	0,46	0,31	0,46	0,13
70	0,32	0,10	0,32	0,09	0,32	0,16	0,32	0,27	0,32	0,30	0,32	0,12
95	0,23	0,10	0,23	0,09	0,23	0,15	0,23	0,25	0,23	0,29	0,23	0,12
120	0,19	0,10	0,19	0,09	0,18	0,15	0,18	0,25	0,18	0,28	0,19	0,12
150	0,15	0,10	0,15	0,09	0,15	0,15	0,15	0,24	0,15	0,27	0,15	0,12
185	0,12	0,10	0,12	0,09	0,12	0,15	0,12	0,23	0,12	0,26	0,12	0,12
240	0,09	0,10	0,09	0,09	0,09	0,15	0,09	0,22	0,09	0,25	0,09	0,12
300	0,08	0,10	-	-	0,07	0,15	0,07	0,21	0,07	0,24	0,08	0,11
400	0,06	0,10	-	-	0,06	0,15	0,06	0,20	0,06	0,24	0,06	0,11
500	0,05	0,09	-	-	0,05	0,15	0,05	0,19	0,05	0,22	0,05	0,11

Fonte: Prysman (2020).

3.12 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS

Será realizado o dimensionamento do circuito 1.1 e posteriormente será mostrado para os demais circuitos em forma de tabela.

Em primeiro lugar, será realizado o dimensionamento do condutor pela seção mínima indicado na Tabela 19. Como este circuito será de iluminação, será adotado um condutor de 1,5mm².

O segundo passo é determinar a capacidade de condução de corrente do cabo pela Tabela 13. Como dito anteriormente, o método de instalação deste cabo será C, em eletrocalha lisa sem tampa e por isso deverá ser utilizado cabo unipolar 06/1kV. Assim sendo pela Tabela 14 a capacidade de condução de corrente é de 24A, conforme demonstrado na Tabela 22.

Tabela 22 - Capacidade de condução de corrente para cabo de 1,5mm²

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178

Fonte: Adaptado de ABNT (2004).

Em seguida é necessário determinar os fatores de correção da capacidade de condução de corrente. Como este circuito será lançado com outros 9 circuitos, e dispostos em camada única na eletrocalha, o fator de agrupamento é de 0,70 conforme indicado na Tabela 23.

Os demais fatores já foram determinados anteriormente, sendo o fator de temperatura de 1,04 e o fator de resistividade térmica do solo não vai ser utilizado neste cálculo pois o circuito não passará de forma subterrânea.

A capacidade de condução de corrente real I_n pode ser calculada multiplicando os fatores de correção pela capacidade de condução de corrente que é de 24A.

Tabela 23 - Fator de agrupamento para o circuito 2.11

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

Fonte: Adaptado de ABNT (2004).

$$I_n = 24 \times 0,70 \times 1,04 = 17,47 \quad (5)$$

Para analisar se esta condição está satisfazendo, é necessário comparar a corrente obtida com a corrente de projeto I_r calculada na Tabela 10 que foi de 5,08A. Portanto, para este método o cabo de 1,5mm² está correto.

Por último, é necessário conferir se a queda de tensão deste circuito está inferior a 4% e para isso será utilizado a equação 3.

Desta forma, as informações que estão faltando para realizar o cálculo é o comprimento do circuito, a resistência e reatância do cabo de 1,5mm².

O comprimento foi medido pelo software Revit, onde o projeto foi elaborado e chegou a um comprimento de 21 metros, lembrando que na equação deve ser inserido em quilômetros.

A resistência e reatância pode ser obtido pela Tabela 21, resultando em 14,5 Ω/km e 0,16 Ω/km respectivamente, conforme indicado na Tabela 24.

$$\Delta V\% = \frac{2 \times (14,5 \times 0,95 + 0,16 \times \sqrt{1 - 0,95^2}) \times 5,08 \times 0,021}{220} \times 100 \quad (6)$$

$$\Delta V\% = 1,34 \quad (7)$$

Portanto, como a queda de tensão ficou abaixo de 4%, o condutor do circuito 1.1 foi dimensionado como sendo 1,5mm². Para os demais circuitos foi realizado a mesma análise

feita para o circuito 1.1 e todas as informações necessárias e resultado estão indicados nas Tabelas 25, 26 e 27

Tabela 24 - Resistência e reatância para o cabo de 1,5mm²

Seção nominal												
					s = 2.D		s = 13 cm		s = 20 cm			
	Rca	X _l	Rca	X _l	Rca	X _l	Rca	X _l	Rca	X _l	Rca	X _l
(mm ²)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)	(Ω/km)
1,5	14,50	0,16	14,50	0,12	14,50	0,21	14,50	0,40	14,50	0,44	14,50	0,17
2,5	8,87	0,15	8,87	0,12	8,87	0,20	8,87	0,39	8,87	0,42	8,87	0,16
4	5,52	0,14	5,52	0,12	5,52	0,20	5,52	0,37	5,52	0,40	5,52	0,16
6	3,69	0,13	3,69	0,11	3,69	0,19	3,69	0,35	3,69	0,39	3,69	0,15

Fonte: Adaptado de Prysman (2020).

Tabela 25 - Dimensionamento dos cabos do QDFL-01

Circuito	Método de Ref. Instalação	Fase (mm ²)	Fator de Agrupam.	Fator de Temp.	Capac. Cond. de corrente nominal	Capac. Cond. de corrente real	Compri. (m)	Rca (Ω/km)	Xl (Ω/km)	ΔV%
1.1	C	1,5	0,70	1,04	24	17,47	21	14,5	0,16	1,34
1.2	C	1,5	0,75	1,04	24	18,72	29	14,5	0,16	1,76
1.3	C	1,5	0,75	1,04	24	18,72	23	14,5	0,16	1,59
1.4	C	1,5	0,75	1,04	24	18,72	35	14,5	0,16	1,26
1.5	C	1,5	0,70	1,04	24	17,47	39	14,5	0,16	1,07
1.6	D	1,5	0,70	1,04	24	17,47	89	14,5	0,16	1,53
1.7	C	2,5	0,70	1,04	33	24,02	23	8,87	0,15	1,70
1.8	C	2,5	0,70	1,04	33	24,02	22	8,87	0,15	1,01
1.9	C	2,5	0,70	1,04	33	24,02	20	8,87	0,15	1,29
1.10	C	2,5	0,70	1,04	33	24,02	20	8,87	0,15	1,11
1.11	C	2,5	0,70	1,04	33	24,02	19	8,87	0,15	0,84
1.12	C	2,5	0,70	1,04	33	24,02	13	8,87	0,15	0,72
1.13	C	2,5	0,70	1,04	33	24,02	12	8,87	0,15	1,06
1.14	C	2,5	0,73	1,04	33	25,05	28	8,87	0,15	1,81
1.15	C	2,5	0,73	1,04	33	25,05	13	8,87	0,15	0,60
1.16	C	2,5	0,73	1,04	33	25,05	17	8,87	0,15	2,26
1.17	C	2,5	0,75	1,04	33	25,74	33	8,87	0,15	1,95
1.18	C	2,5	0,73	1,04	33	25,05	21	8,87	0,15	1,51
1.19	C	2,5	0,73	1,04	33	25,05	23	8,87	0,15	1,70
1.20	D	2,5	0,70	1,04	33	24,02	43	8,87	0,15	1,43

Fonte: Autor (2023).

Tabela 26 - Dimensionamento dos cabos do QDFL-02

Circuito	Método de Ref. Instalação	Fase (mm ²)	Fator de Agrupam.	Fator de Temp.	Capac. Cond. de corrente nominal	Capac. Cond. de corrente real	Compri. (m)	Rca (Ω/km)	Xl (Ω/km)	ΔV%
2.1	C	1,5	0,70	1,04	24	17,47	18	14,5	0,16	1,79
2.2	C	1,5	0,85	1,04	24	21,22	24	14,5	0,16	1,20
2.3	C	2,5	0,70	1,04	33	24,02	14	8,87	0,15	0,72
2.4	C	2,5	0,71	1,04	33	24,37	16	8,87	0,15	0,59
2.5	C	2,5	0,71	1,04	33	24,37	9	8,87	0,15	0,50
2.6	C	2,5	0,71	1,04	33	24,37	16	8,87	0,15	0,71
2.7	C	2,5	0,85	1,04	33	29,17	23	8,87	0,15	0,68
2.8	C	4	0,70	1,04	45	32,76	20	5,52	0,14	2,31
2.9	C	2,5	0,70	1,04	33	24,02	5	8,87	0,15	0,55
2.10	C	2,5	0,71	1,04	33	24,37	13	8,87	0,15	0,77
2.11	C	4	0,70	1,04	45	32,76	11	5,52	0,14	1,10
2.12	C	4	0,70	1,04	45	32,76	11	5,52	0,14	1,10
2.13	C	4	0,70	1,04	45	32,76	12	5,52	0,14	1,20
2.14	C	4	0,71	1,04	45	33,23	5	5,52	0,14	0,50
2.15	C	4	0,70	1,04	45	32,76	11	5,52	0,14	1,10
2.16	C	4	0,70	1,04	45	32,76	12	5,52	0,14	1,20
2.17	C	4	0,71	1,04	45	33,23	12	5,52	0,14	1,20
2.18	C	4	0,71	1,04	45	33,23	16	5,52	0,14	1,61

Fonte: Autor (2023).

Tabela 27 - Dimensionamento dos cabos do QDF-BAIAS

Circuito	Método de Ref. Instalação	Fase (mm ²)	Fator de Agrupam.	Fator de Temp.	Capac. Cond. de corrente nominal	Capac. Cond. de corrente real	Compri. (m)	Rca (Ω/km)	Xl (Ω/km)	ΔV%
3.1	B1	2,5	1,00	1,04	33	34,32	16	8,87	0,15	1,06
3.2	B1	2,5	1,00	1,04	33	34,32	17	8,87	0,15	1,13

Fonte: Autor (2023).

Para os circuitos reservas não será realizado o dimensionamento de fiação, pois ainda não se sabe qual carga poderá ser alimentado e será necessário calcular posteriormente a medida que foi sendo instalado novos circuitos, além de que, esses cabos não serão lançados nos condutos.

Além disso, nesta parte do projeto não foi realizado o dimensionamento dos cabos de entrada dos quadros de distribuição, sendo a alimentação vindo da medição, alimentação do

QDFL-02 e QDF-BAIAS. Isso porque, será necessário utilizar demanda para esses cálculos, o que será explicado no próximo capítulo.

3.13 DISJUNTORES

Os disjuntores são equipamentos utilizados para a proteção dos condutores elétricos no quesito de sobrecarga e curto-circuito. Neste sentido a norma NBR 5410 traz em seu item 5.3.2.1.1 dizendo que todas as fases dos circuitos são necessárias ser identificado a existência de sobrecorrentes e caso seja detectado será necessário fazer o seccionamento do mesmo (ABNT, 2004).

Para atender esse requisito da norma, hoje existem dois tipos de disjuntores disponíveis para compra, o padrão NEMA e padrão DIN. Os disjuntores NEMA possuem somente a proteção contra curto-circuito, já o padrão DIN possui tanto a proteção para curto-circuito quanto para sobrecarga.

Com o intuito de garantir a maior segurança para esse projeto, somente será utilizado disjuntores padrão DIN. Portanto, será apresentado com mais detalhes as características dos disjuntores desse padrão abaixo.

Os disjuntores padrão DIN possuem curvas características de disparo, sendo a curva B indicado para cargas resistivas como fornos elétricos, boiler, chuveiro e tomadas de uso geral, já a curva C é indicado para cargas indutivas como motores, ar-condicionado, geladeira e máquina de lavar.

Além disso, a norma NBR 5410 pede que seja realizado a coordenação entre os condutores e os dispositivos de proteção e no item 5.3.4.1 diz que a corrente de projeto I_B deve ser menor que a corrente do disjuntor I_n e a corrente do disjuntor deve ser menor que a capacidade de condução de corrente real do cabo I_z , conforme demonstrado pela equação 10 (ABNT, 2004).

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (10)$$

Para exemplificar, será utilizado o circuito 1.1 onde a corrente de projeto é de 8,8A conforme Tabela 11 e a capacidade de condução de corrente real é de 24,04A conforme Tabela 14. Desta forma, será escolhido um disjuntor de 10A, satisfazendo a equação 10, conforme indicado na equação 11.

$$8,8 \leq 10 \leq 24,04 \quad (11)$$

Caso não fosse atendido a equação 10, seria necessário aumentar a seção do cabo e desta forma seria possível encaixar a corrente do disjuntor.

Além disso, no item 5.3.5.5.1 diz que a capacidade de interrupção de curto-circuito deve ser de no mínimo a corrente de curto-circuito presumida no local de instalação. Desta forma, como será visto posteriormente, a corrente de curto-circuito no ponto de entrada da edificação será de 10kA e para manter uma margem será utilizado disjuntores com 5kA.

Desta forma, foi dimensionado todos os disjuntores e podem ser observados nas Tabelas 28, 19 e 30.

Tabela 28 - Dimensionamento dos disjuntores para QDFL-01

Circuito	Corrente Nominal Disjuntor	Curva	Interrupção
1.1	10	B	5kA
1.2	10	B	5kA
1.3	10	B	5kA
1.4	10	B	5kA
1.5	10	B	5kA
1.6	10	B	5kA
1.7	10	B	5kA
1.8	10	C	5kA
1.9	10	B	5kA
1.10	10	C	5kA
1.11	10	B	5kA
1.12	10	C	5kA
1.13	16	B	5kA
1.14	20	B	5kA
1.15	10	C	5kA
1.16	20	C	5kA
1.17	10	B	5kA
1.18	10	B	5kA
1.19	10	B	5kA
1.20	10	C	5kA

Fonte: Autor (2023).

Tabela 29 - Dimensionamento dos disjuntores para QDFL-02

Circuito	Corrente Nominal Disjuntor	Curva	Interrupção
2.1	10	B	5kA
2.2	10	B	5kA
2.3	10	B	5kA
2.4	10	B	5kA
2.5	10	C	5kA
2.6	10	B	5kA
2.7	10	B	5kA
2.8	30	C	5kA
2.9	16	B	5kA
2.10	16	C	5kA
2.11	25	B	5kA
2.12	25	B	5kA
2.13	25	B	5kA
2.14	25	C	5kA
2.15	25	B	5kA
2.16	25	B	5kA
2.17	25	B	5kA
2.18	25	B	5kA

Fonte: Autor (2023).

Tabela 30 - Dimensionamento dos disjuntores para QDF-BAIAS

Circuito	Corrente Nominal Disjuntor	Curva	Interrupção
3.1	10	B	5kA
3.2	10	B	5kA

Fonte: Autor (2023).

3.14 DISPOSITIVO DIFERENCIAL RESIDUAL (DR)

O DR diferentemente do disjuntor tem a principal função de proteger as pessoas e animais contra choques elétricos. Este dispositivo faz um monitoramento da corrente que passa pelo circuito e quando há uma fuga de corrente é seccionada a alimentação. A fuga de corrente ocorre quando alguém encosta diretamente ou indiretamente nos cabos e pode ocorrer também quando o cabo é rompido no meio do cabo e encosta em algo metálico ou em outro circuito, neste caso é necessário corrigir o defeito.

Desta forma, a NBR 5410 traz em seu item 5.1.3.2.2 a obrigação de utilizar o DR com sensibilidade de 30 mA ou menos em circuitos que tem chuveiro, tomadas para utilização externa, lugares molhados ou que possam ser lavados como cozinhas, banheiro e garagem. Sendo que a proteção pode ser realizada de forma individual ou por grupo de circuitos. Além disso, podendo ser dispensável o uso de DR caso seja para circuito de iluminação com a luminária instalada com altura acima de 2,5 metros e para circuitos que alimentam equipamentos específicos e que tenha uma corrente acima de 32A (ABNT, 2004).

Nas Tabelas 31 e 32 foram realizadas a divisão dos DRs por quadro de distribuição. Sendo que será utilizado DR geral para circuito de uso geral e equipamentos específicos terá o DR específico.

Tabela 31 - Agrupamento para DR do QDFL-01

Circuito	Corrente nominal DR	Tipo	Aplicação
1.1	25	30mA	Geral
1.2	-	-	-
1.3	-	-	-
1.4	-	-	-
1.5	25	30mA	Geral
1.6	25	30mA	Geral
1.7	-	-	-
1.8	-	-	-
1.9	25	30mA	Geral
1.10	25	30mA	Específico 1
1.11	25	30mA	Geral
1.12	25	30mA	Específico 2
1.13	25	30mA	Geral
1.14	-	-	-
1.15	-	-	-
1.16	-	-	-
1.17	-	-	-
1.18	-	-	-
1.19	-	-	-
1.20	-	-	-

Fonte: Autor (2023).

Será utilizado um DR tetrapolar de 25A para atender os circuitos gerais que estão localizados em áreas molhadas como cozinha e banheiros além de circuitos com luminárias

instaladas abaixo de 2,5 metros de altura. Para os circuitos específicos será utilizado DR bipolar de 25A, atendendo a corrente de projeto.

Tabela 32 - Agrupamento para DR do QDFL-02

Circuito	Corrente nominal DR	Tipo	Aplicação
2.1	25	30mA	Geral
2.2	-	-	-
2.3	25	30mA	Geral
2.4	25	30mA	Geral
2.5	25	30mA	Específico 01
2.6	25	30mA	Geral
2.7	25	30mA	Geral
2.8	-	-	-
2.9	-	-	-
2.10	-	-	-
2.11	63	30mA	Grupo 1
2.12	63	30mA	Grupo 1
2.13	63	30mA	Grupo 1
2.14	63	30mA	Grupo 2
2.15	63	30mA	Grupo 2
2.16	63	30mA	Grupo 2
2.17	63	30mA	Grupo 3
2.18	63	30mA	Grupo 3

Fonte: Autor (2023).

Foi adotado o mesmo critério do QDFL-01 além de fazer a divisão por grupo para os chuveiros que estão próximos, totalizando 3 DRs bipolares de 63A cada. já para o QDF-BAIAS não será utilizado DR pois não tem áreas molhadas para esse quadro.

3.15 BALANCEAMENTO DE FASES

Conforme o item 4.2.5.6 da NBR 5410, é necessário balancear as cargas entre as fases de forma mais equilibrada possível (ABNT, 2004).

Portanto, será necessário analisar as cargas e fazer a distribuição entre as 3 fases do projeto e para ilustrar como foi realizado, serão apresentadas as Tabelas 33, 34 e 25 contendo a carga em VA de cada circuito.

Vale ressaltar que os quadros de distribuição estão sendo alimentados pelo QDFL-01, portanto o balanceamento será observado apenas neste quadro. Porém, será apresentado o balanceamento dos outros quadros também. Sendo que o QDFL-02 está ligado no circuito 1.21 e o QDF-BAIAS no circuito 1.22.

Tabela 33 - Balanceamento de fases QDFL-02

Circuito	Fase A (VA)	Fase B (VA)	Fase C (VA)
2.1	578,95	-	-
2.2	-	437,90	437,90
2.3	760,87	760,87	-
2.4	543,48	-	543,48
2.5	-	882,35	882,35
2.6	652,17	652,17	-
2.7	434,78	-	434,78
2.8	-	2777,78	2777,78
2.9	1500,00	1500,00	-
2.10	1385,96	-	1385,96
2.11	-	2200,00	2200,00
2.12	-	2200,00	2200,00
2.13	-	2200,00	2200,00
2.14	2200,00	2200,00	-
2.15	2200,00	2200,00	-
2.16	2200,00	2200,00	-
2.17	2200,00	-	2200,00
2.18	2200,00	-	2200,00
2.19	543,48	-	543,48
2.20	-	543,48	543,48
2.21	543,48	543,48	-
2.22	543,48	-	543,48
Total	18486,65	21298,03	19092,69

Fonte: Autor (2023).

Tabela 34 - Balanceamento de fases QDFL-BAIAS

Circuito	Fase A (VA)	Fase B (VA)	Fase C (VA)
3.1	978,26	-	978,26
3.2	978,26	-	978,26
3.3	543,48	-	543,48
3.4	543,48	-	543,48
Total	3043,48	-	3043,48

Fonte: Autor (2023).

Tabela 35 - Balanceamento de fases QDFL-01

Circuito	Fase A (VA)	Fase B (VA)	Fase C (VA)
1.1	558,95	558,95	-
1.2	530,53	-	530,53
1.3	-	-	1212,63
1.4	-	606,32	606,32
1.5	240,00	-	240,00
1.6	-	150,53	150,53
1.7	1086,96	1086,96	-
1.8	692,78	-	692,78
1.9	-	951,09	951,09
1.10	815,22	815,22	-
1.11	652,17	-	652,17
1.12	-	882,35	882,35
1.13	1304,35	-	1304,35
1.14	951,09	-	951,09
1.15	-	692,78	692,78
1.16	2000,00	2000,00	-
1.17	869,57	-	869,57
1.18	-	1059,78	1059,78
1.19	1086,96	1086,96	-
1.20	618,06	-	618,06
1.21	18486,65	21735,92	18654,79
1.22	3043,48	-	3043,48
1.23	-	543,48	543,48
1.24	543,48	543,48	-
1.25	543,48	-	543,48
1.26	-	543,48	543,48
Total	34339,49	33135,17	33967,98

Fonte: Autor (2023).

Pela Tabela 35 pode ser observado que existe uma pequena diferença entre as fases, porém vale ressaltar que é difícil ter uma distribuição exata, portanto pode ser considerado um bom balanceamento, já que a maior diferença, entre fase A e B foi menos de 3%.

3.16 DIMENSIONAMENTO DE ELETRODUTO E ELETROCALHA

Uma das últimas etapas do projeto é o dimensionamento de eletrodutos e eletrocalhas, isso porque não tem como realizar essa análise antes de saber a sessão dos cabos.

Desta forma, é de suma importância garantir que tenha um espaço adequado para a passagem dos cabos e neste sentido a NBR 5410 traz o item 6.2.11.1.6 onde é indicado a taxa de ocupação dos cabos, sendo de 53% para um condutor, 31% para dois condutores e 40% para três ou mais condutores. Além disso, no mesmo item diz que uma tubulação poderá ter trechos contínuos de até 15 metros para linhas internas a edificação e de até 30 metros externos a edificação sem a utilização de caixas de passagem (ABNT, 2004).

Portanto, será demonstrado abaixo como foi realizado os cálculos para um trecho de eletroduto.

Primeiramente é necessário saber o diâmetro externo dos cabos utilizados e para isso será seguido a tabela fornecida no catálogo da empresa Cobrecom.

Tabela 36 - Dimensões dos cabos 0,6/1kV

SEÇÃO NOMINAL mm ²	REFERÊNCIA	CLASSE ENCORD.	DIÂMETRO DO CONDUTOR mm	ESPESSURA		DIÂMETRO EXTERNO mm	PESO LÍQUIDO kg / 100m	RESISTÊNCIA ELÉTRICA MÁX. Ω/km a 20 °C	COR DA ISOLAÇÃO	COR DA COBERTURA	ACOND.
				ISOLAÇÃO mm	COBERTURA mm						
1,5	111.04	C4/C5	1,5	0,7	0,9	4,7	3,3	13,30	●	●●●	○
2,5	111.05	C4/C5	1,9	0,7	0,9	5,1	4,4	7,98	●	●●●	○
4	111.06	C4/C5	2,5	0,7	0,9	5,7	5,9	4,95	●	●●●	○
6	111.07	C4/C5	3,0	0,7	0,9	6,2	7,9	3,30	●	●●●	○
10	111.08	C5	4,1	0,7	1,0	7,7	12,3	1,91	●	●●●	○
16	111.09	C5	5,1	0,7	1,0	8,6	17,8	1,21	●	●●●	○
25	111.10	C5	6,5	0,9	1,1	10,4	27,4	0,780	●	●●●	○
35	111.11	C5	7,3	0,9	1,1	11,3	36,1	0,554	●	●●●	○
50	111.12	C5	9,1	1,0	1,2	14,0	50,9	0,386	●	●●●	○
70	111.13	C5	10,8	1,1	1,2	15,4	68,5	0,272	●	●●●	○

Fonte: Adaptado de Cobrecom.

Utilizando um trecho do projeto onde passará o circuito 1.1 e 1.9 em um mesmo eletroduto com um total de 6 cabos unipolares de 2,5mm², será necessário calcular a área total ocupada por esses cabos, que pode ser observado na equação 12 onde A é a área total do cabo em mm², d é o diâmetro externo em milímetros e n é a quantidade de cabos.

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} \times n \quad (12)$$

$$A = \frac{\pi \times 5,1^2}{4} \times 6 \quad (13)$$

$$A = 122,57 \text{ mm}^2 \quad (14)$$

Para verificar se está atendendo aos 40% de ocupação exigido pela norma, será calculado primeiramente a área de um eletroduto de 3/4" de diâmetro e caso não seja atendido, será refeito para um eletroduto maior.

Assim sendo, será utilizada a equação 12, porém substituindo a quantidade de condutores pela porcentagem e convertendo o diâmetro do eletroduto para milímetros, que é de 20mm.

$$A = \frac{\pi \times 20^2}{4} \times 40\% \quad (15)$$

$$A = 125,66 \text{ mm}^2 \quad (16)$$

Como a área total de ocupação dos cabos, 122,57mm² ficou abaixo dos 40% para um eletroduto de 3/4", 125,66m², será utilizado este eletroduto. Deste mesmo modo foi realizada a análise para os demais eletrodutos.

Para eletrocalhas pode ser feito a mesma análise, porém será necessário considerar a área para um retângulo e salientando sobre a camada única.

4 DEMANDA DA EDIFICAÇÃO

A demanda da edificação é utilizada para fazer o dimensionamento do padrão de entrada da concessionária e a fiação de alimentação da edificação. E conforme mencionado no item 4.2.1.1.2 da norma NBR 5410 é necessário fazer a soma de todos os equipamentos que serão instalados na edificação e posteriormente fazer a análise de não simultaneidade das cargas (ABNT, 2004).

Para fazer o cálculo de demanda é necessário consultar a norma de distribuição em redes secundárias da concessionária de cada região e para este projeto será analisado a norma ND-5.1 da CEMIG.

4.1 FATORES DE DEMANDA

Os fatores de demanda são dados em tabela e é necessário separar por tipos de equipamentos.

Para iluminação e tomadas de uso geral será utilizado a tabela de edificações não residencial, pois este projeto será para uma clínica. Este fator será identificado como sendo do tipo “a” e pode ser obtido na Tabela 37.

Tabela 37 - Fator de demanda para iluminação e tomadas de edificações não residenciais

DESCRIÇÃO	FATOR DE DEMANDA
Oficina, indústrias e semelhantes	1 para os primeiros 20kVA 0,80 para o que exceder 20kVA
Hotéis e semelhantes	0,50 para os primeiros 20kVA 0,40 para o que exceder 20kVA
Auditórios, cinemas e semelhantes	1
Bancos e semelhantes	1
Barbearia, salões de beleza e semelhantes	1
Clubes e semelhantes	1
Escolas e semelhantes	1 para os primeiros 12kVA 0,50 para o que exceder 12kVA
Escritórios, lojas e salas comerciais	1 para os primeiros 20kVA 0,70 para o que exceder 20kVA
Garagens comerciais e semelhantes	1
Clínicas, hospitais e semelhantes	0,40 para os primeiros 50kVA 0,20 para o que exceder 50kVA
Igrejas, templos e semelhantes	1
Restaurantes, bares e semelhantes	1
Áreas comuns e condomínios	1 para os primeiros 10kVA 0,25 para o que exceder 10kVA
Salão de festas	1

Fonte: CEMIG (2020).

Para os demais equipamentos, com exceção de motores, será necessário verificar a Tabela 38. Porém será realizado a separação por tipo de equipamento, sendo o fator “b1” para chuveiros elétricos, “b2” para aquecedores de água por acumulação, “b4” para máquinas de lavar roupa e louças, “b5” para os demais aparelhos que não foram especificados anteriormente e “c” para aparelhos de ar-condicionado.

Tabela 38 - Fator de demanda para aparelhos elétricos

Número de Aparelhos	Fator de Demanda %	Número de Aparelhos	Fator de Demanda %
1	100	16	43
2	92	17	42
3	84	18	41
4	76	19	40
5	70	20	40
6	65	21	39
7	60	22	39
8	57	23	39
9	54	24	38
10	52	25	38
11	49	26 a 30	37
12	48	31 a 40	36
13	46	41 a 50	35
14	45	51 a 60	34
15	44	61 ou mais	33

Fonte: CEMIG (2020).

Para fogão e forno elétrico, será utilizado outros fatores conforme Tabela 39 e será representado como sendo fator “b3”.

Tabela 39 - Fator de demanda para forno e fogão elétrico

NÚMERO DE APARELHOS	FATOR DE DEMANDA	
	POTÊNCIA ATÉ 3,5kW	POTÊNCIA SUPERIOR A 3,5kW
1	0,80	1,00
2	0,75	1,00
3	0,70	0,80
4	0,66	0,65
5	0,62	0,55
6	0,59	0,50
7	0,56	0,45
8	0,53	0,43
9	0,51	0,40
10	0,49	0,36
11	0,47	0,35
12	0,45	0,34

Fonte: CEMIG (2020).

Para motores monofásicos será utilizado a Tabela 40 e será representado como sendo fator “d”.

Tabela 40 - Fator de demanda para motores monofásicos

Valores Nominais do Motor				Demanda individual absorvida da rede - kVA					
Potência		Cos fi	h	Corrente	Corrente	1 Motor	2 Motores	3 a 5	mais de 5
Eixo CV	Absorvida Rede (kW)			(127 V) A	(220 V) A	(I)	(II)	Motores (III)	Motores (IV)
1/4	0,39	0,63	0,47	4,9	2,8	0,62	0,50	0,43	0,37
1/3	0,52	0,71	0,47	5,8	3,3	0,73	0,58	0,51	0,44
1/2	0,66	0,72	0,56	7,4	4,2	0,92	0,74	0,64	0,55
3/4	0,89	0,72	0,62	9,7	5,6	1,24	0,99	0,87	0,74
1,0	1,10	0,74	0,67	11,7	6,8	1,49	1,19	1,04	0,89
1,5	1,58	0,82	0,70	15,2	8,8	1,93	1,54	1,35	1,16
2,0	2,07	0,85	0,71	19,2	11	2,44	1,95	1,71	1,46
3,0	3,07	0,96	0,72	25,2	15	3,20	2,56	2,24	1,92
4,0	3,98	0,94	0,74	32,6	19	4,15	3,32	2,91	2,49
5,0	4,91	0,94	0,75	41,1	24	5,22	4,18	3,65	3,13
7,5	7,46	0,94	0,74	62,5	36	7,94	6,35	5,56	4,76
10,0	9,44	0,94	0,78	79,1	46	10,04	8,03	7,03	6,02
12,5	12,10	0,93	0,76	102,4	59	13,01	10,41	9,11	7,81

Fonte: CEMIG (2020).

4.2 CÁLCULO DE DEMANDA

Para realizar o cálculo da demanda será utilizado a carga instalada indicado na Tabela 4 e será feito uma divisão em tópicos para cada fator.

4.2.1 Demanda de iluminação - fator “a”

Tabela 41 - Cargas referente a iluminação e tomadas

Descrição	Quantidade	Potência Unitária (W)	Fator de potência	Potência Total (kVA)
Lâmpada LED T8 1,2 metros	228	18	0,95	4,320
Lâmpada LED bulbo	12	38	0,95	0,480
Refletores LED	11	100	0,95	1,158
Lâmpada LED para jardim	26	11	0,95	0,301
Tomada de uso geral	57	100	0,92	6,196
Carga reserva	10	1000	0,92	10,870
Tomada de uso geral 600W	10	600	0,92	6,522
Total				29,846

Fonte: Autor (2023).

Como demonstrado na Tabela 41 a carga total de iluminação e tomadas foi de 29,846kVA, portanto analisando a Tabela 37, para clínicas com carga instalada abaixo de 50kVA para este fator será aplicado uma demanda de 40%, resultando em 11,94kVA, conforme demonstrado equação 17.

$$a = 29,846 \times 0,4 = 11,94kVA \quad (17)$$

4.2.2 Demanda de chuveiros elétricos - fator “b1”

Tabela 42 - Cargas referente a chuveiros elétricos

Descrição	Quantidade	Potência Unitária (W)	Fator de potência	Potência Total (kVA)
Chuveiro elétrico	8	4400	1	35,200
Total				35,200

Fonte: Autor (2023).

Conforme a Tabela 38 para a quantidade 8 será utilizado um fator de demanda de 0,57. Portanto a demanda para o fator “b1” será de 20,06kVA conforme indicado na equação 18.

$$b1 = 35,20 \times 0,57 = 20,06kVA \quad (18)$$

4.2.3 Demanda para aquecedor de água - fator “b2”

Tabela 43 - Cargas referente aquecedor de água

Descrição	Quantidade	Potência Unitária (W)	Fator de potência	Potência Total (kVA)
Boiler	1	3000	1	3,000
Total				3,000

Fonte: Autor (2023).

Conforme a Tabela 38 para um equipamento instalado será utilizado um fator de demanda de 1. Portanto a demanda para o fator “b2” será de 3kVA.

$$b2 = 3,00 \times 1 = 3,00kVA \quad (19)$$

4.2.4 Demanda para máquinas de lavar roupas - fator “b4”

Tabela 44 - Cargas referente a máquina de lavar roupas

Descrição	Quantidade	Potência Unitária (W)	Fator de potência	Potência Total (kVA)
Máquina de lavar roupas	2	1500	0,92	3,261
Total				3,261

Fonte: Autor (2023).

Conforme a Tabela 38 para a quantidade dois equipamentos instalado será utilizado um fator de demanda de 0,92. Portanto a demanda para o fator “b4” será de 3kVA.

$$b4 = 3,261 \times 0,92 = 3,00kVA \quad (20)$$

4.2.5 Demanda para os demais equipamentos - fator “b5”

Tabela 45 - Cargas referente aos demais equipamentos

Descrição	Quantidade	Potência Unitária (W)	Fator de potência	Potência Total (kVA)
Microcomputador	19	250	0,92	5,163
Impressora	3	100	0,92	0,326
Vídeo porteiro	1	100	0,92	0,109
Rack de TI	1	1000	0,92	1,087
Roteador	2	100	0,92	0,217
Conjunto de som	1	100	0,92	0,109
Projector	1	300	0,92	0,326
Televisão	2	200	0,92	0,435
Micro-ondas	1	1500	0,92	1,630
Liquidificador	1	600	0,92	0,652
Exaustor	1	150	0,92	0,163
Geladeira Duplex	2	300	0,92	0,652
Bebedouro	4	100	0,92	0,435
Infravermelho	8	150	0,92	1,304
Ultrassom portátil	8	100	0,92	0,870
Total	55			13,478

Fonte: Autor (2023).

Conforme a Tabela 38 para a quantidade 55 equipamentos instalado será utilizado um fator de demanda de 0,34. Portanto a demanda para o fator “b5” será de 4,58kVA.

$$b5 = 13,478 \times 0,34 = 4,58kVA \quad (21)$$

4.2.6 Demanda para ar-condicionado - fator “c”

Tabela 46 - Cargas referente a ar-condicionado

Descrição	Quantidade	Potência Unitária (W)	Fator de potência	Potência Total (kVA)
Ar-Condicionado 12000BTU	2	1247	0,92	2,711
Ar-Condicionado 30000BTU	1	3600	0,92	3,913
Ar-Condicionado 48000BTU	1	5000	0,92	5,435
Total	4			12,059

Fonte: Autor (2023).

Conforme a Tabela 38 será utilizado um fator de demanda de 0,76 para 4 condicionadores de ar. Portanto a demanda para o fator “c” será de 9,16kVA.

$$b5 = 12,059 \times 0,76 = 9,16kVA \quad (22)$$

4.2.6 Demanda para motores - fator “d”

Para este projeto será instalado um motor monofásico de 3/4 CV para o portão de entrada e um motor monofásico de 1,5 CV para a casa de máquinas da piscina. Portanto analisando a Tabela 40, terá uma demanda de 1,24kVA para o motor de 3/4 CV e 1,93kVA para o motor de 1,5 CV, totalizando 3,17kVA.

$$d = 1,24 + 1,93 = 3,17kVA \quad (23)$$

4.2.6 Demanda total “D”

A demanda total pode ser calculada conforme indicado nas equações 24, 25 e 26 totalizando 54,91kVA.

$$D = a + b1 + b2 + b4 + b5 + c + d \quad (24)$$

$$D = 11,94 + 20,06 + 3 + 3 + 4,58 + 9,16 + 3,17 \quad (25)$$

$$D = 54,91kVA \quad (26)$$

Portanto, essa será a potência utilizada para dimensionar o ramal de entrada, conforme será explicado no próximo tópico.

4.3 DIMENSIONAMENTO DO RAMAL DE ENTRADA

Conforme CEMIG (2020), unidades consumidoras que tenham uma carga instalada acima de 75kW e demanda até 304kVA podem ser atendidas em rede secundária de tensão. Portanto como este projeto tem uma carga instalada de 94,86kW e demanda de 54,91kVA, poderá ser atendido desta forma e não necessitando de uma subestação.

Assim sendo pela demanda da edificação será utilizada a tabela 2 da norma ND-5.1 da CEMIG, que foi ilustrado na Tabela 47, sendo classificado como unidade consumidora do tipo F, porém será utilizada a faixa C6 pela demanda do projeto ser abaixo de 75kVA.

Tabela 47 - Dimensionamento do ramal de entrada

Fornecimento		Demanda Provável		Número de		Proteção	Ramal de Entrada			Aterramento		Poste (5)				Pontaleta (5)		
Tipo	Faixa	de	até	Fios	Fases	Disjuntor termo magnético IEC	Condutor Cobre		Eletroduto		Condutor cobre nu	Eletrodo	Condutor de proteção	Mesmo Lado da Rede		Lado Oposto da Rede		Aço
							PVC – 70°C	(3)	PVC	Aço				Diâmetro Nominal	Aço	Concreto	Aço	
		kVA				A	mm ²	mm		mm ²	Quantidade	mm ²	Tipo				Tipo	
C	C2	15,3	24,0	4	3	63	16	32	25	10	2	16	PA1	PC1	PA4	PC2	PT1	
	C3	24,1	30,5			80	25	40	32				PA2		PA5			
	C4	30,6	38,1			100	35	50	40				50	50				
	C5	38,2	47,6			125	50								60	50		
	C6	47,7	57,1			150	70	60	50		3	35	PA3	PC3	PA6	PC3		PT2
	C8	57,2	75,0			200	95	75	65									

Fonte: CEMIG (2020).

Portanto, serão utilizados cabos de 70mm² para as fases e neutro e 35mm² para o condutor de proteção, eletroduto em PVC de diâmetro nominal de 60mm. O disjuntor utilizado no padrão de entrada será de 150A, 3 eletrodos de aterramento, condutor de cobre nu de 10mm² e poste de concreto tipo PC3.

4.4 CÁLCULO DA QUEDA DE TENSÃO DOS ALIMENTADORES

Até aqui, foi calculado a queda de tensão somente para os circuitos terminais, porém é necessário calcular a queda de tensão do alimentador que vai da medição até o QDFL-01, o alimentador do QDFL-02 e QDFL-03 para garantir que a queda de tensão total não ultrapasse 5%.

O cálculo será realizado para o alimentador do QDFL-01 e na Tabela 48 será mostrada em forma de tabela para os outros quadros.

Primeiramente, para este cálculo será utilizado a demanda e não a carga total instalada. Portanto será feita a divisão da potência aparente total demandada pela potência aparente total da edificação para achar um fator de demanda geral e aplicá-lo a corrente de projeto.

Conforme indicado na Tabela 35, somando a potência aparente de todas as fases está dando uma potência aparente de 101,44kVA, portanto o fator de demanda total da edificação é de 0,54.

$$fator\ de\ demanda\ total = \frac{54,91kVA}{101,44kVA} = 0,54 \quad (27)$$

A segunda etapa é a determinação do fator de potência total, que pode ser obtido pela divisão da carga total instalada em kW pela potência aparente total em kVA. A potência total instalada é de 94,86kW conforme indicado na Tabela 4 e desta forma o fator de potência total é de 0,93, conforme demonstrado na equação 28.

$$fp = \frac{94,86kW}{101,44kVA} = 0,93 \quad (28)$$

Na terceira etapa é necessário calcular a corrente de projeto corrigida que pode ser obtida pela equação 2 e multiplicando pelo fator de demanda total.

$$I = \frac{94,86kW}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,93} \times 0,54 = 144,55A \quad (29)$$

Diante dos cálculos realizados e sabendo que o cabo terá uma seção de 70mm², pode ser calculada a queda do trecho de alimentação do QDFL-01. Antes de realizar os cálculos

será necessário ter outras informações, sendo o comprimento deste trecho de 51 metros e conforme a Tabela 21 a resistência elétrica e reatância indutiva do cabo é de 0,32 Ω /km e 0,12 Ω /km respectivamente.

Desta forma, utilizando a equação 4 pode ser calculada a queda de tensão deste trecho, conforme as equações 30 e 31.

$$\Delta V\% = \frac{\sqrt{3} \times (0,32 \times 0,93 + 0,12 \times \sqrt{1 - 0,93^2}) \times 144,55 \times 0,051}{220} \times 100 \quad (30)$$

$$\Delta V\% = 1,98\% \quad (31)$$

Analisando as Tabelas 25, 26 e 27, a maior queda de tensão foi do circuito 2,8 com 2,31% e somando com a queda de tensão calculado anteriormente, ficou em 4,94%, abaixo de 5%. Portanto está sendo satisfeito o item 6.2.7.2 da norma NBR 5410.

Na tabela 48 estão ilustradas as quedas de tensão para os demais quadros contendo a maior queda de tensão terminal. Vale ressaltar que para QDFL-02 foi considerado o mesmo fator de demanda calculado anteriormente e para QDFL-BAIS um fator de demanda igual a 1.

Tabela 48 - Cálculo de queda de tensão total

Circuito	Método de Ref. Instalação	Fase (mm ²)	Compri. (m)	Rca (Ω /km)	Xl (Ω /km)	$\Delta V\%$	Maior queda de tensão em %
QDFL-01	D	70	51	0,32	0,12	1,98	4,80
QDFL-02	B1	70	29	0,32	0,12	0,67	4,94
QDFL-BAIAS	D	4	11	5,52	0,14	1,42	4,53

Fonte: Autor, 2023

5 ATERRAMENTO

Para o projeto elétrico existirá dois tipos de aterramento, o funcional que é utilizado para aterrar o neutro no padrão de entrada e garantindo assim o seu potencial zero e o aterramento da edificação que será utilizado para proteção e equipotencialização dos equipamentos e carcaças metálicas.

Desta forma, para fazer o dimensionamento do aterramento funcional é necessário verificar o que a norma da concessionária pede. Conforme Tabela 47, para este projeto será necessárias 3 hastes de aterramento e condutor de cobre nu de 10mm².

Para o aterramento da edificação será necessário seguir o que a norma NBR 5410 pede.

5.1 ELETRODO DE ATERRAMENTO

O eletrodo de aterramento é uma infraestrutura de aterramento, não sendo apenas as hastes, ou seja, o eletrodo é todo o conjunto utilizado para realizar o aterramento podendo ser constituído de cabos ou estruturas da edificação.

Conforme o item 6.4.1.1.1 da norma NBR 5410, todas as edificações devem ter o eletrodo de aterramento e este sendo preferencialmente as armaduras de concreto das fundações da edificação (ABNT, 2004).

Para utilizar o eletrodo de aterramento mencionado anteriormente, é necessário puxar um rabicho das estruturas metálicas da fundação e levar este até o quadro de distribuição. Porém, este método só será possível realizar quando a edificação estiver em fase de construção, caso contrário, não terá acesso as fundações.

Portanto, no mesmo item mencionado anteriormente, traz uma alternativa para caso não seja possível utilizar as fundações como eletrodo, que é fazer um anel metálico em volta da edificação enterrado a uma profundidade mínima de 0,5 metros. Este anel pode ser feito com cabos de cobre nu com sessão mínima de 50mm² (ABNT, 2004).

5.2 CONDUTOR DE ATERRAMENTO

O condutor de aterramento é o cabo, utilizado para interligar o eletrodo de aterramento ao quadro de distribuição ou ao barramento de equipotencialização principal (BEP).

Para dimensionar este cabo será necessário verificar a tabela 52 e 58 da norma, ilustrado pelas Tabelas 20 e 49, respectivamente.

Tabela 49 - Sessão mínima dos condutores de aterramento no solo

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

Fonte: ABNT (2004).

Vale ressaltar que, “protegido contra corrosão” indicado na Tabela 49 seria cabo isolado de PVC ou XLPE e “protegido contra danos mecânicos” seria a utilização de eletroduto na passagem deste cabo.

Para exemplificar, será feito o dimensionamento do condutor de aterramento para este projeto. Portanto, será necessário começar analisando a Tabela 21. Como o cabo de entrada da edificação é de 70mm², o cabo de aterramento será de 35mm². Ao analisar a Tabela 49, pode se optar em utilizar cabo com proteção contra corrosão e a utilização de eletrodutos ou não. Para o projeto será utilizado cabo de cobre com isolamento e eletroduto, portanto a sessão mínima seria de 2,5mm².

Porém, será necessário optar pela sessão maior, sendo para este caso, o cabo de cobre de 35mm² com isolamento 0,6/1kV.

Vale ressaltar que a conexão entre o condutor de aterramento e o eletrodo de aterramento é necessariamente feita através de solda exotérmica.

5.3 BARRAMENTO DE EQUIPOTENCIALIZAÇÃO PRINCIPAL - BEP

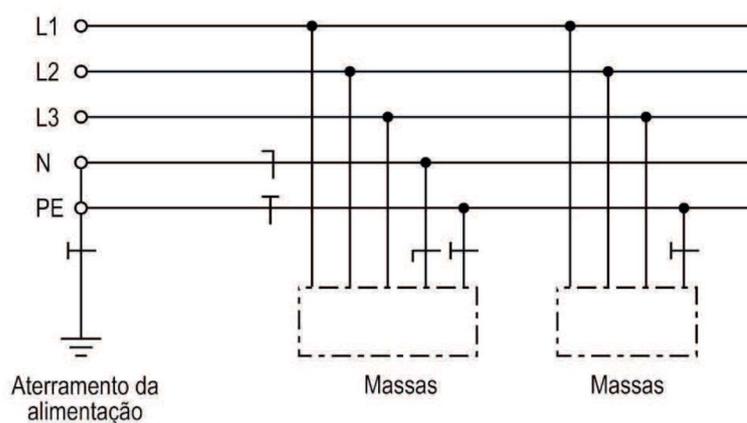
Conforme apresentado no item 3.3.2 da NBR 5410, o BEP é um barramento que interligará todos os elementos que podem ser equipotencializados, como janelas, tubulações metálicas, carcaça de motor, eletrocalhas e entre outros (ABNT, 2004).

No item 6.4.2.1.3 desta mesma norma pede que o BEP seja posicionado no ponto de entrada da alimentação. Porém quando não é possível fazer isso, pode ser adotado o barramento de proteção do quadro de distribuição principal como sendo o BEP (ABNT, 2004).

5.4 ESQUEMAS DE ATERRAMENTO

Para este projeto será utilizado o esquema de aterramento TN-S onde vai ser aterrado o neutro no padrão de entrada e no quadro de distribuição, terá a separação entre neutro e terra no quadro, conforme indicado na Figura 27, retirada da NBR 5410.

Figura 27 - Esquema de aterramento TN-S



Fonte: ABNT (2004).

5.5 DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS - DPS

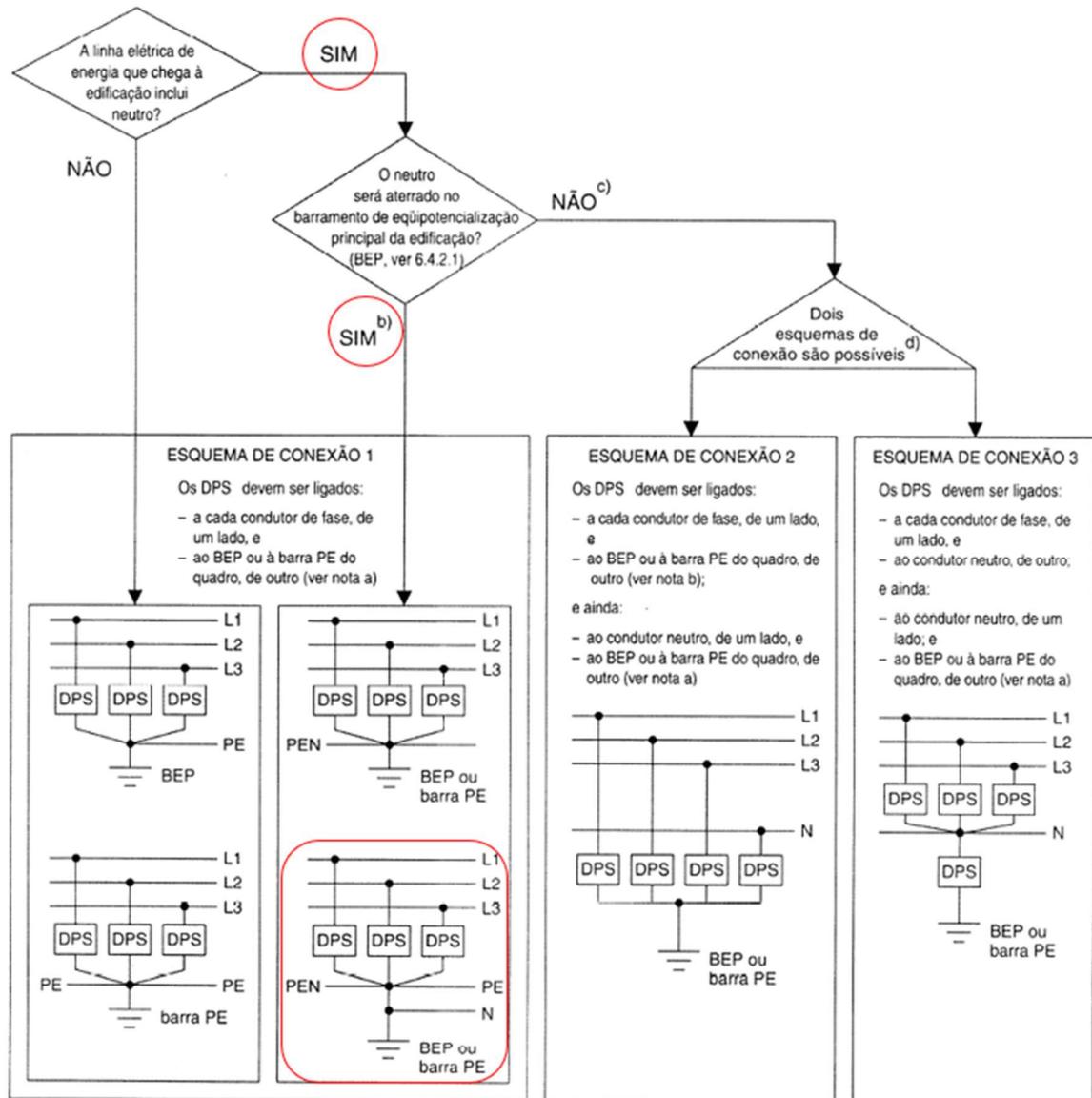
O DPS é utilizado para proteção de equipamentos elétricos contra surtos de tensão. Sendo que estes surtos podem ocorrer por descargas atmosféricas ou por manobras de rede por parte da concessionária.

O DPS possui dois tipos de tensão de operação contínua, a de 175V e 275V. Este deve ser escolhido comparando atenção entre fase e neutro da edificação. Como a tensão de fase da edificação é de 127V, será utilizado DPS de 175V.

Conforme o item 6.3.5.2.1 da NBR 5410, o DPS pode ser instalado junto ao ponto de entrada ou no quadro de distribuição e para este projeto será utilizado no QDFL-01 (ABNT, 2004).

A NBR 5410 traz um fluxograma, ilustrado pela Figura 28, sobre o correto ligamento do DPS. Seguindo o fluxograma, onde a linha elétrica inclui neutro e será aterrado ao BEP, poderá ser utilizado um DPS em cada fase e o terminal destes interligado ao aterramento.

Figura 28 - Fluxograma para determinação do esquema de ligação do DPS



Fonte: Adaptado de ABNT (2004).

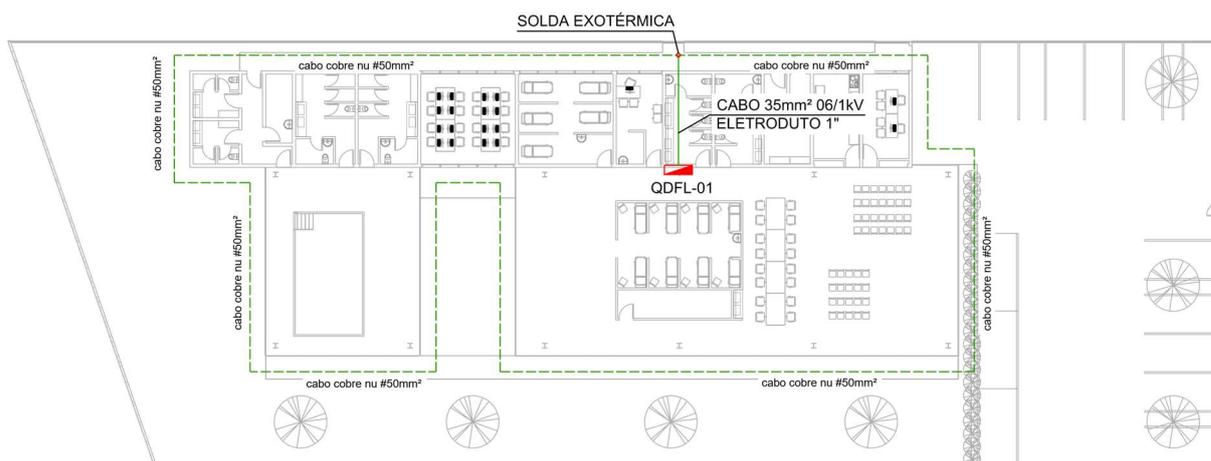
5.6 PROJETO DA MALHA DE ATERRAMENTO

Para este projeto em específico, como a edificação já está construída será utilizado um anel de aterramento com cabos de cobre nu com seção de 50mm² como sendo o eletrodo de aterramento. Este anel será lançado a uma distância de 1 metro da edificação e uma profundidade de 0,5 metros, conforme indicado no item 5.1 deste documento.

Além disso, será utilizado cabo de isolado de 35mm² como sendo o condutor de aterramento, conforme indicado no item 5.3 deste documento.

Na Figura 29 está ilustrado de forma simples como ficou o aterramento da edificação, sendo indicado em linha verde tracejada o cabo de cobre nu de 50mm² e em linha contínua o condutor de aterramento de 35mm² protegido com eletroduto interligado o eletrodo ao BEP instalado no QDFL-01.

Figura 29 -Aterramento da edificação



Fonte: Autor, 2023

5.7 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Para este projeto foi realizado a análise de risco de forma online no site Laudodepararai, onde foi inserido as informações da edificação como dimensões, características dos cabos de entrada, tipo de DPS e entre outros parâmetros necessários. Desta forma, o resultado obtido foi a não necessidade de instalação de um sistema de proteção contra descarga atmosférica (SPDA).

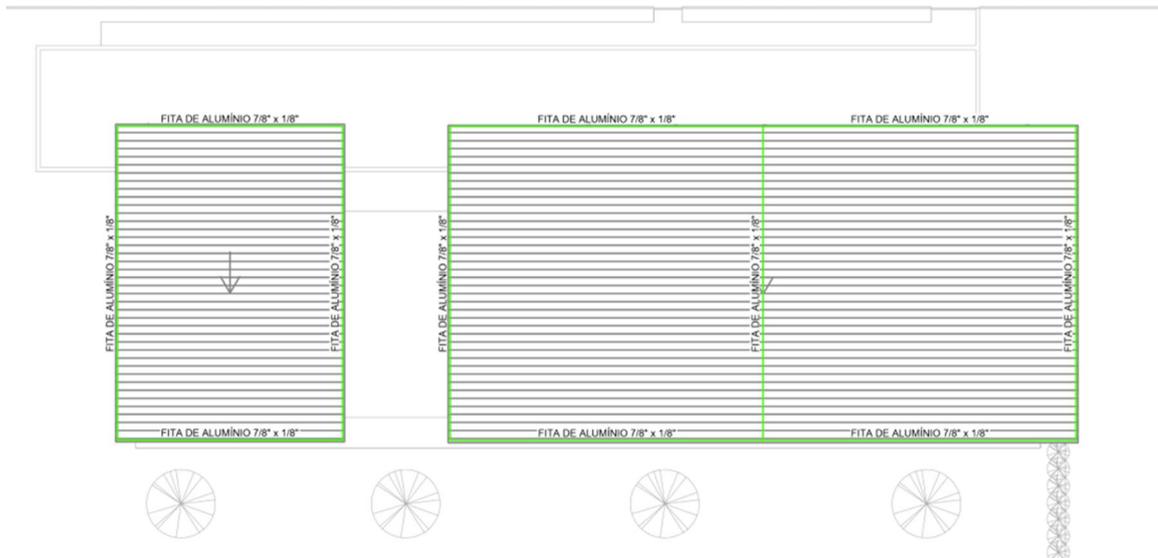
Porém, como esta edificação será para atendimento ao público e por ter uma estrutura de galpão, foi optado em fazer um anel com fitas em alumínio 7/8" x 1/8" em cima do telhado e utilizar os pilares metálicas como sendo descidas naturais e destas serão feitas as interligações com a malha de aterramento.

Na Figura 30 está representado o anel feito no telhado mais alto da edificação, percorrendo toda o seu perímetro.

Já na Figura 31 está ilustrado a conexão do anel de proteção do telhado com os pilares metálicos da edificação utilizando cabo de cobre nu de 50mm² e conectores, desta forma possibilitando a descida de uma descarga atmosférica pela estrutura.

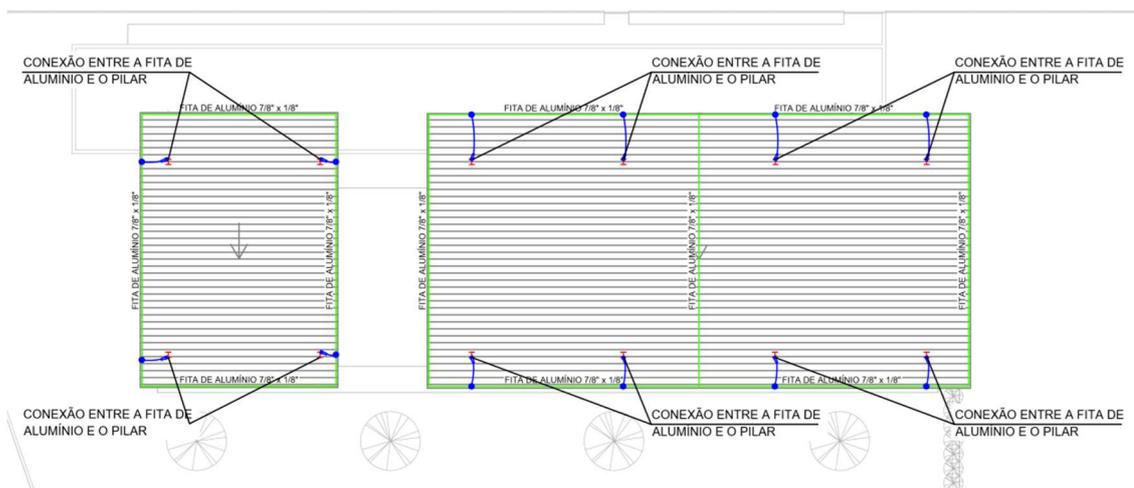
Por fim, na Figura 32 está representado a conexão dos pilares a malha de aterramento, utilizando cabo de cobre nu de 50mm² e conetores.

Figura 30 - Anel de proteção instalado no telhado da edificação



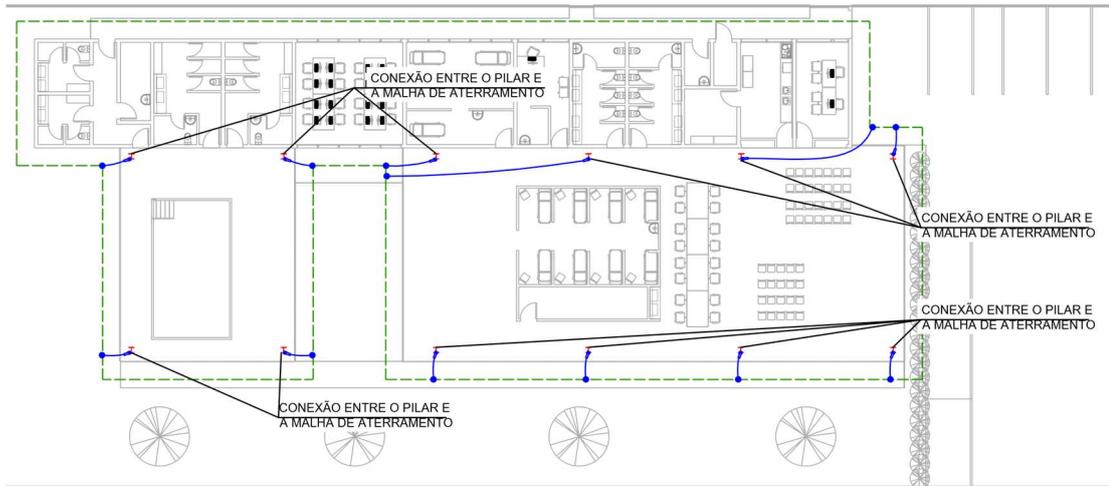
Fonte: Autor, 2023

Figura 31 - Conexão entre pilar metálico e anel de proteção



Fonte: Autor, 2023

Figura 32 - Conexão entre pilar metálico e aterramento da edificação



Fonte: Autor, 2023

6 CONCLUSÃO

Conforme abordado ao longo da monografia, é possível reforçar a importância do tema apresentado, uma vez que ao elaborar um projeto elétrico é necessário seguir várias normas e pequenos detalhes podem interferir no correto funcionamento das instalações elétricas e conseqüentemente podendo gerar risco para as pessoas.

As informações e dados apresentados neste trabalho contribuem de forma significativa para a elaboração de projetos elétricos e seus estudos preliminares, pois são apresentadas as principais informações necessárias para realizar um dimensionamento conforme exigido por normas, assim como foram explicados e exemplificados diversos trechos das normas que poderiam trazer dúvidas ao projetista. Sendo assim, como principais resultados desta pesquisa, foi possível elaborar um projeto elétrico que está dentro das normas cabíveis e conseqüentemente será uma instalação segura.

Os conteúdos aqui apresentados demonstram que muitas outras pesquisas podem ser realizadas sobre a elaboração de projetos elétricos, devido à importância do tema e inúmeras contribuições para o meio acadêmico, com a finalidade de manter as informações sempre que forem atualizadas as normas de referência e à medida que surgem novas tecnologias.

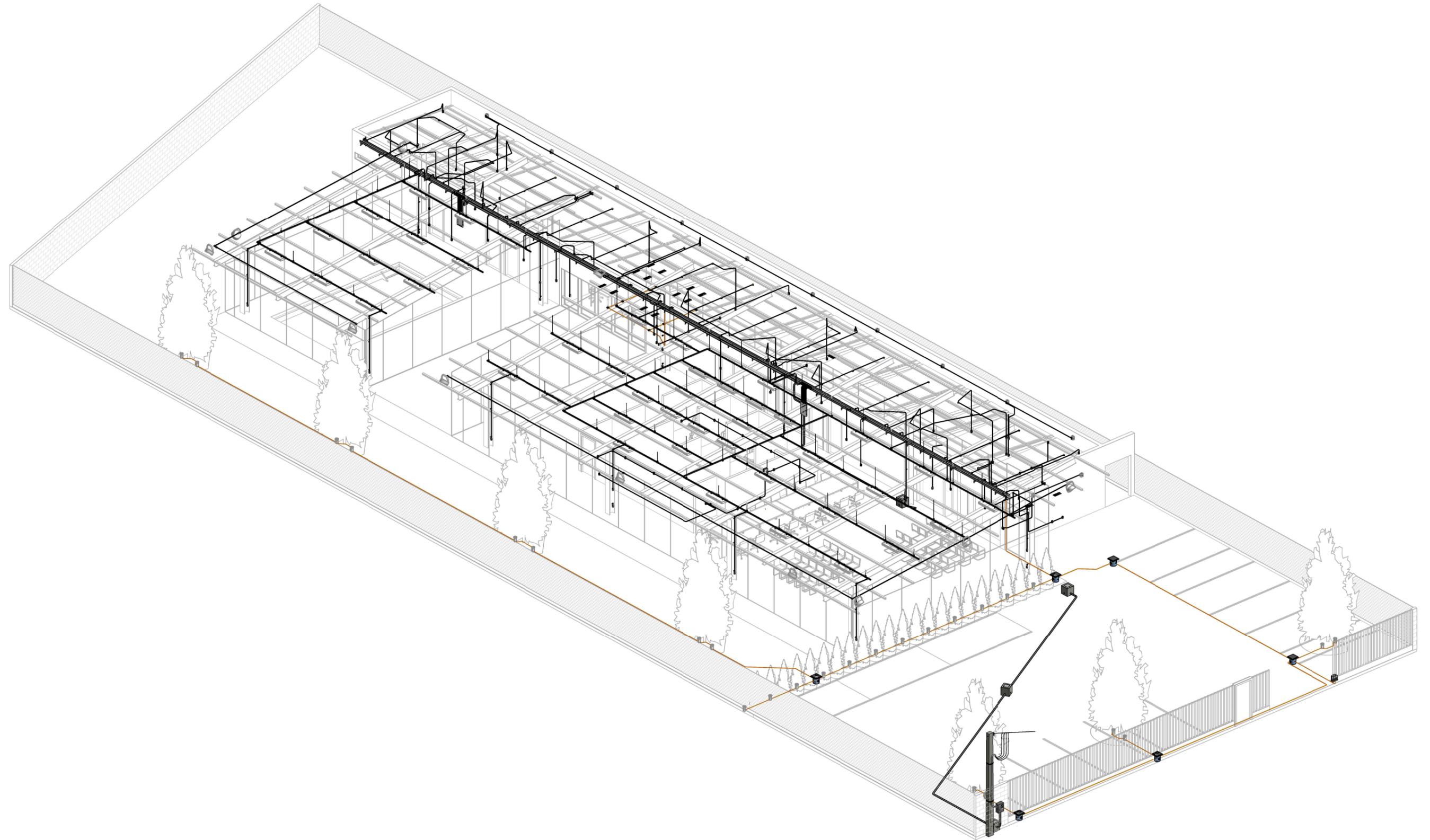
7 REFERÊNCIAS

- [1] CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações elétricas prediais: conforme norma NBR 5410: 2004**. Ed. Érica, 2006.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1: iluminação de ambientes de trabalho: parte 1: interior**. 2013.
- [3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. 2004.
- [4] LIMA, Renato. **O que é Fluxo Luminoso e Intensidade Luminosa?** 2018. Disponível em: <<https://www.brilhanze.com.br/fluxo-luminoso-intensidade-luminosa/>>. Acesso em: 18 de maio. 2023.
- [5] TREVISAN, Ricardo. **Diferença entre luminância e iluminância**. 2021. Disponível em: <<https://ricardotrevisan.com/2021/02/03/diferenca-entre-luminancia-e-iluminancia/>>. Acesso em: 18 de maio. 2023.
- [6] INTRAL. **EE-811**. Disponível em: < <https://www.intral.com.br/pt/produtos/luminarias-para-lampadas-tubo-led-e-fluorescentes/luminarias-para-lampadas-t8-de-embutir/ee-811>>. Acesso em: 23 de maio. 2023.
- [7] INTRAL. **RS-812**. Disponível em: < <https://www.intral.com.br/pt/produtos/luminarias-para-lampadas-tubo-led-e-fluorescentes/luminarias-para-lampadas-t8-de-sobrepôr/rs-812>>. Acesso em: 23 de maio. 2023.
- [8] INTRAL. **Luna 2**. Disponível em: < <https://www.intral.com.br/pt/produtos/projetores-led/#projektor-led-luna-2/luna-2>>. Acesso em: 23 de maio. 2023.
- [9] MATTEDE, Henrique. **Divisão de circuitos elétricos na instalação**. Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/divisao-de-circuitos-eletricos-na-instalacao/#google_vignette>. Acesso em: 29 de maio. 2023.
- [10] MIDEA. **Termo Simulador**. Disponível em: <<https://arcondicionado.mideadobrasil.com.br/dimensionador/#>>. Acesso em: 19 de outubro. 2023.
- [11] AZEVEDO, Sílvio. **Temperatura média em Uberlândia subiu 0,3°C na última década**. Disponível em: < <https://diariodeuberlandia.com.br/noticia/32358/temperatura-media-em-uberlandia-subiu-0-3-c-na-ultima-decada>>. Acesso em: 01 de novembro. 2023.
- [12] PRYSMAN. **Guia de dimensionamento de cabos para baixa tensão de acordo com a NBR 5410**. Sorocaba:2020 Disponível em: <https://br.prysmiangroup.com/sites/br.prysmiangroup.com/files/media/documents/Guia_de_Dimensionamento-Baixa_Tensao_Rev10.pdf>. Acesso em: 02 de novembro. 2023.
- [13] COBRECOM. **Catálogo de produtos**. Sem data Disponível em: <<https://cobrecom.com.br/arquivos/configuracoes-1000-catlogocompleto.pdf>>. Acesso em: 02 de novembro. 2023.

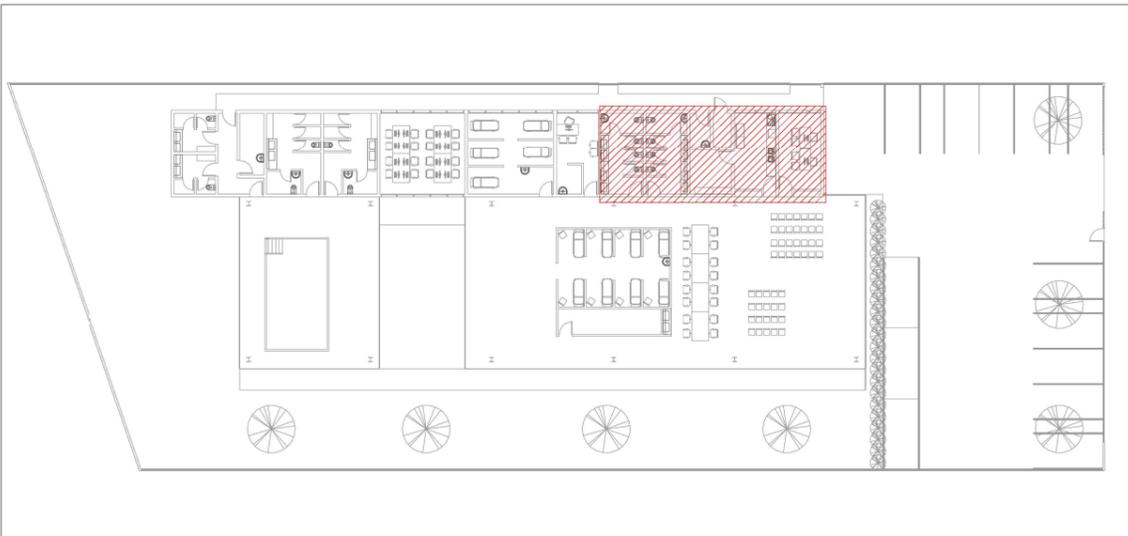
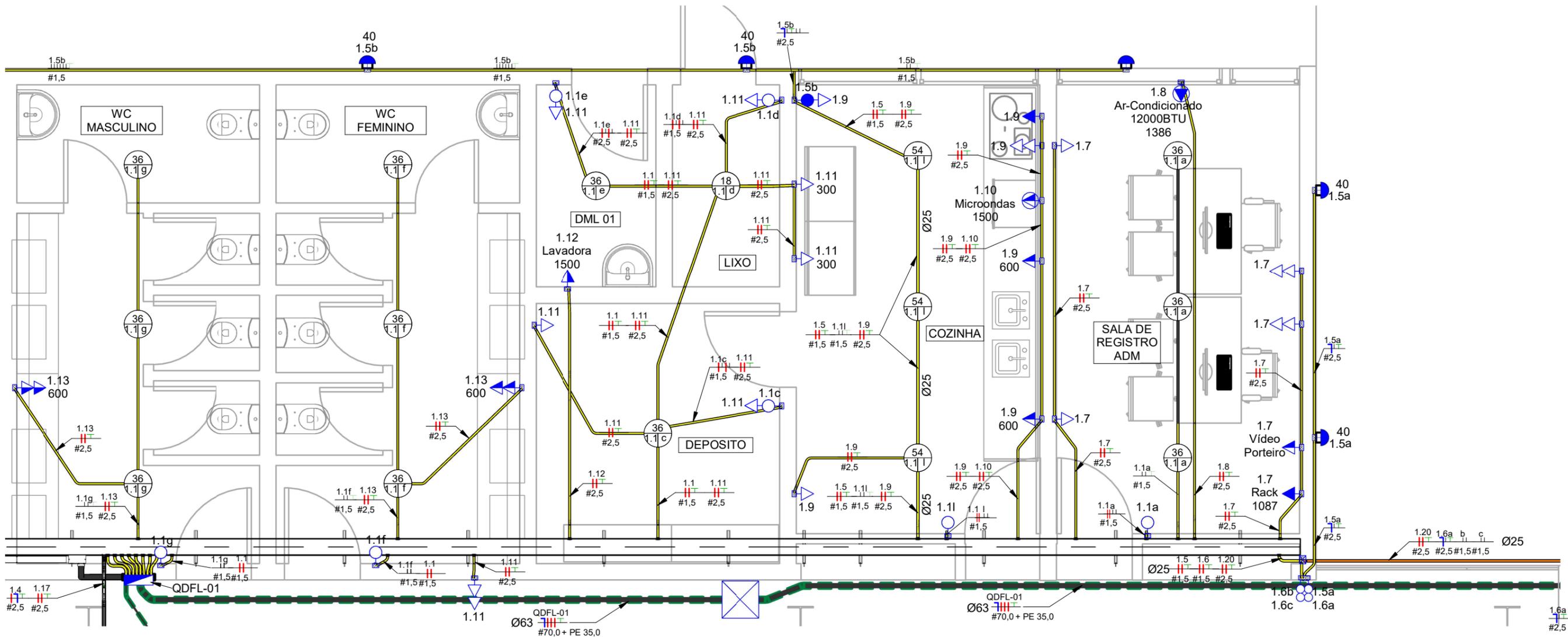
[14] COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **NR – 5.1: Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária - Rede de Distribuição Aérea - Edificações Individuais**. 2020.

[15] EA ENGENHEIROS ASSOCIADOS. **ANÁLISE E GERENCIAMENTO DE RISCO SEGUNDO NBR5419/2015**. Laudo de para-raio. Disponível em: < <https://laudodepararaio.com.br/agrs-pap/>> Acesso em: 27 de novembro. 2023.

APÊNDICE A – PROJETO ELÉTRICO

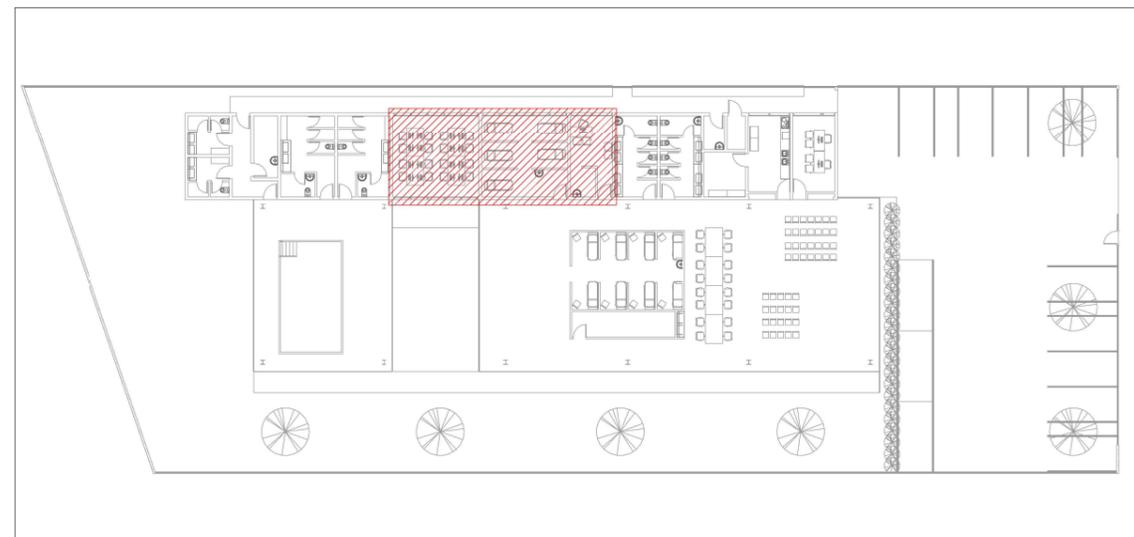
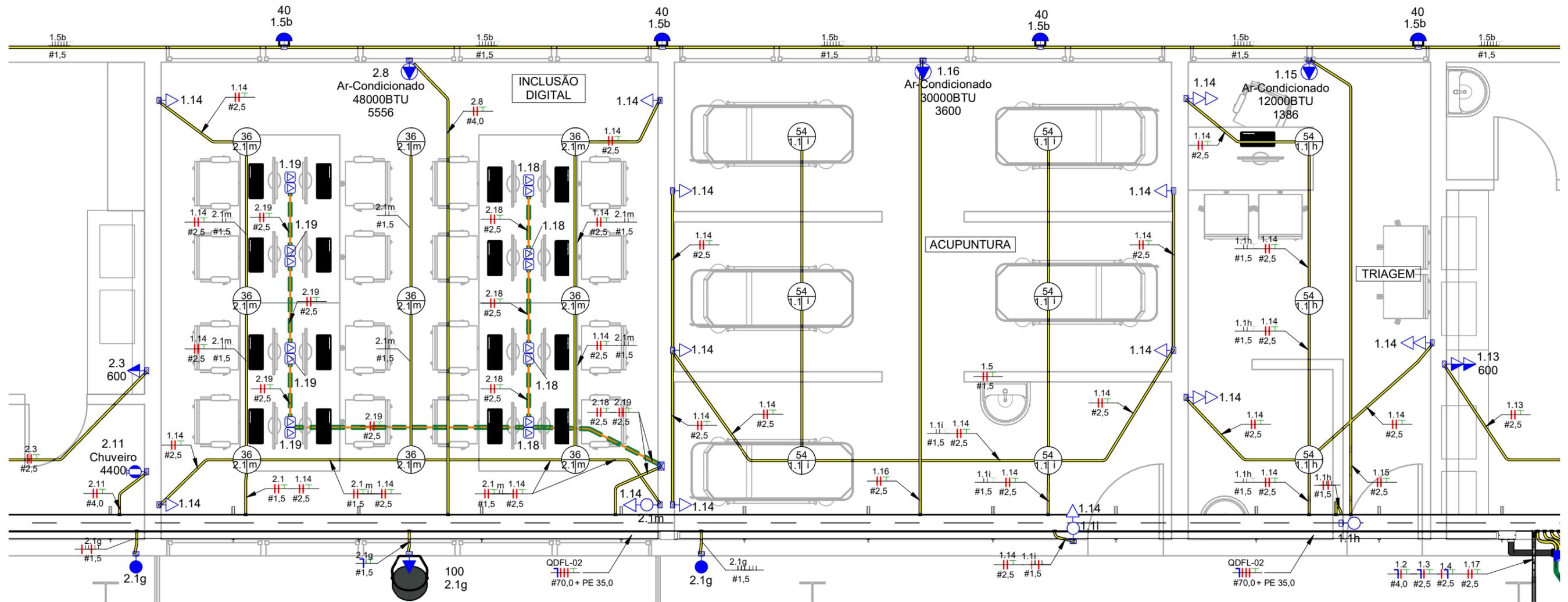


	Aluno	Romilson Akegawa Martins Arruda					
	Orientador	Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares					
Título	Projeto elétrico executivo - Edificação comercial						
Escala:	Sem escala	Conteúdo:	Vista isométrica geral	Data:	Novembro de 2023	Folha:	01/12



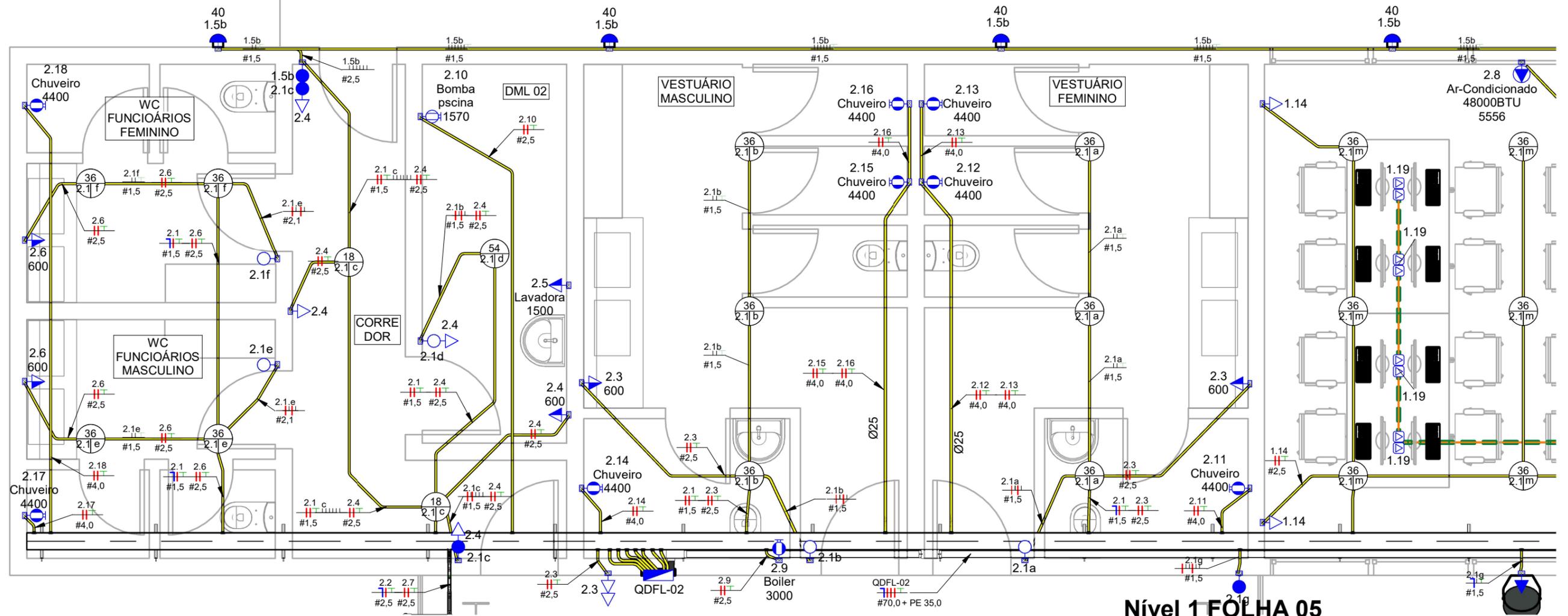
	Condutores Neutro, Fase, Terra e Retorno, respectivamente		Tomada Baixa 2P+T, 10A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Ponto de luz embutido no teto		Tomada Média 2P+T, 10A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Ponto de luz na parede a 210cm do piso acabado		Tomada Alta 2P+T, 10A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Eletroduto corrugado flexível embutido no teto ou na parede		Tomada Baixa 2P+T, 20A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Eletroduto de PEAD embutido no piso		Tomada Média 2P+T, 20A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Quadro geral de luz e força embutido a 1,50 do piso acabado		Tomada Alta 2P+T, 20A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Caixa para medidor		Tomada de Piso 2P+T, 10A
	Caixa de passagem no piso		Ponto de Força com placa saída de fio, a 230cm do piso acabado
	Eletroduto que sobe		Interruptor simples de uma seção, embutido em caixa 4x2
	Eletroduto que desce		Conjunto de 2 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
			Conjunto de 3 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
			Interruptor paralelo (three-way), embutido em caixa 4x2

	Aluno	Romilson Akegawa Martins Arruda
	Orientador	Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares
Título	Projeto elétrico executivo - Edificação comercial	
Escala:	Conteúdo:	Data:
1:50	Projeto elétrico - ADM, cozinhas, DML e WCs	Novembro de 2023
		Folha:
		02/12

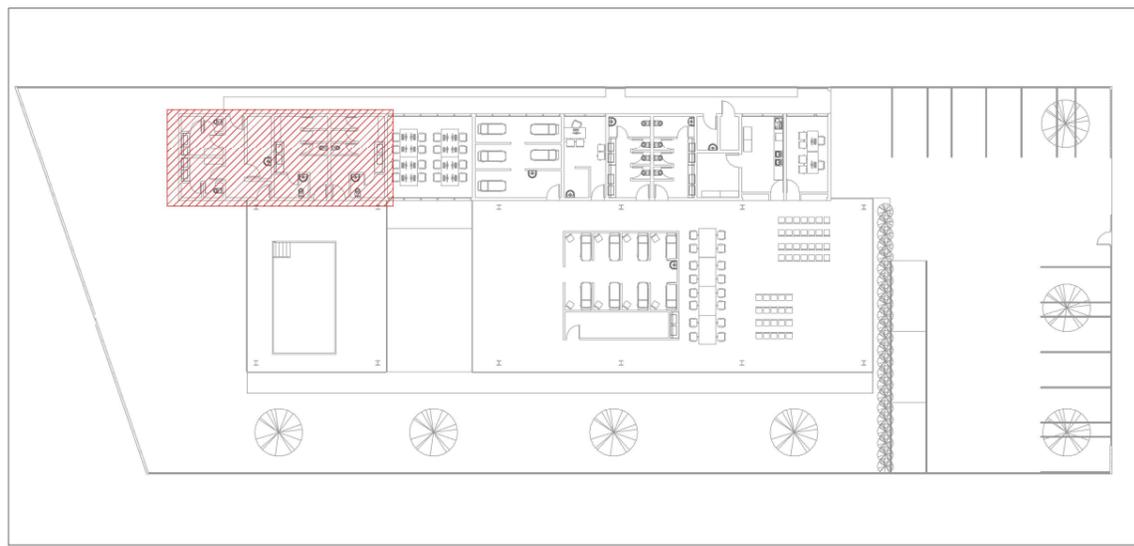


	Condutores Neutro, Fase, Terra e Retorno, respectivamente		Tomada Baixa 2P+T, 10A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Ponto de luz embutido no teto		Tomada Média 2P+T, 10A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Ponto de luz na parede a 210cm do piso acabado		Tomada Alta 2P+T, 10A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Eletroduto corrugado flexível embutido no teto ou na parede		Tomada Baixa 2P+T, 20A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Eletroduto de PEAD embutido no piso		Tomada Média 2P+T, 20A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Quadro geral de luz e força embutido a 1,50 do piso acabado		Tomada Alta 2P+T, 20A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Caixa para medidor		Tomada de Piso 2P+T, 10A
	Caixa de passagem no piso		Ponto de Força com placa saída de fio, a 230cm do piso acabado
	Eletroduto que sobe		Interruptor simples de uma seção, embutido em caixa 4x2
	Eletroduto que desce		Conjunto de 2 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
			Conjunto de 3 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
			Interruptor paralelo (three-way), embutido em caixa 4x2

	Aluno	Romilson Akegawa Martins Arruda	
	Orientador	Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares	
Título	Projeto elétrico executivo - Edificação comercial		
Escala:	1:50	Conteúdo:	Projeto elétrico - Triagem, Acupuntura e Digital
		Data:	Novembro de 2023
		Folha:	03/12

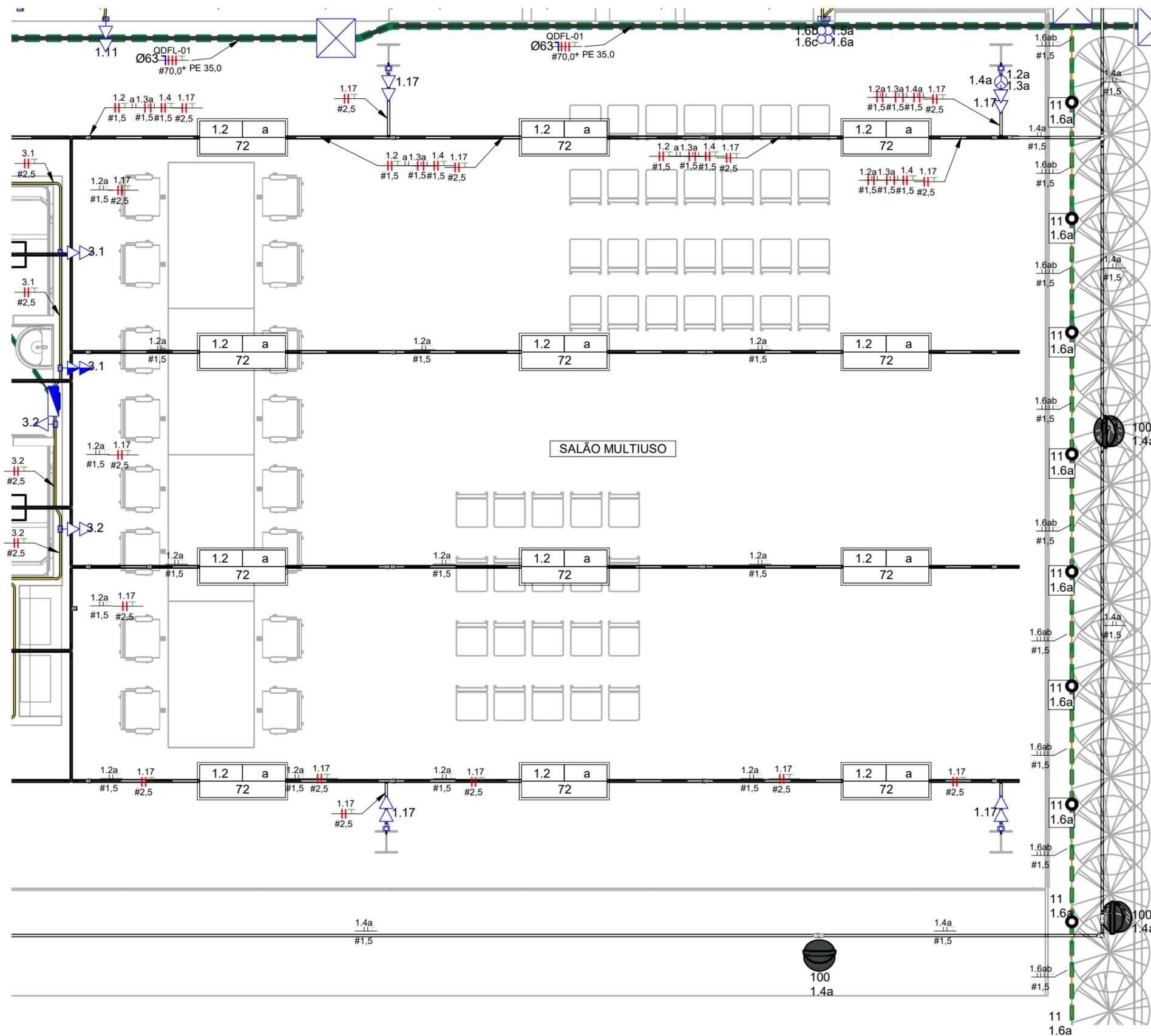


Nível 1 FOLHA 05

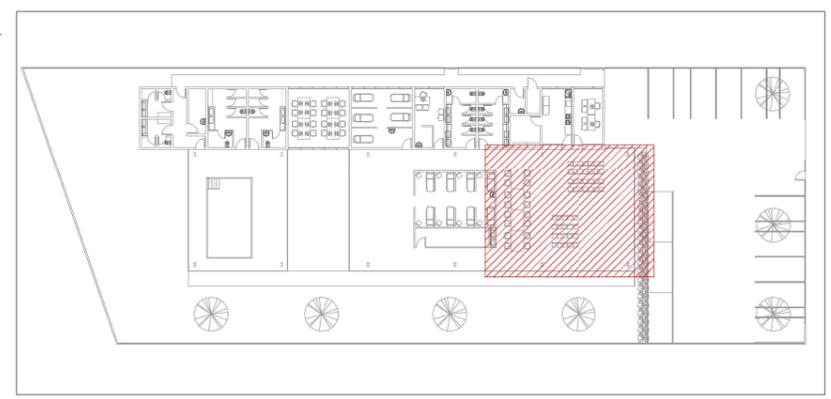


	Condutores Neutro, Fase, Terra e Retorno, respectivamente		Tomada Baixa 2P+T, 10A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Ponto de luz embutido no teto		Tomada Média 2P+T, 10A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Ponto de luz na parede a 210cm do piso acabado		Tomada Alta 2P+T, 10A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Eletroduto corrugado flexível embutido no teto ou na parede		Tomada Baixa 2P+T, 20A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Eletroduto de PEAD embutido no piso		Tomada Média 2P+T, 20A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Quadro geral de luz e força embutido a 1,50 do piso acabado		Tomada Alta 2P+T, 20A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Caixa para medidor		Tomada de Piso 2P+T, 10A
	Caixa de passagem no piso		Ponto de Força com placa saída de fio, a 230cm do piso acabado
	Eletroduto que sobe		Interruptor simples de uma seção, embutido em caixa 4x2
	Eletroduto que desce		Conjunto de 2 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
			Conjunto de 3 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
			Interruptor paralelo (three-way), embutido em caixa 4x2

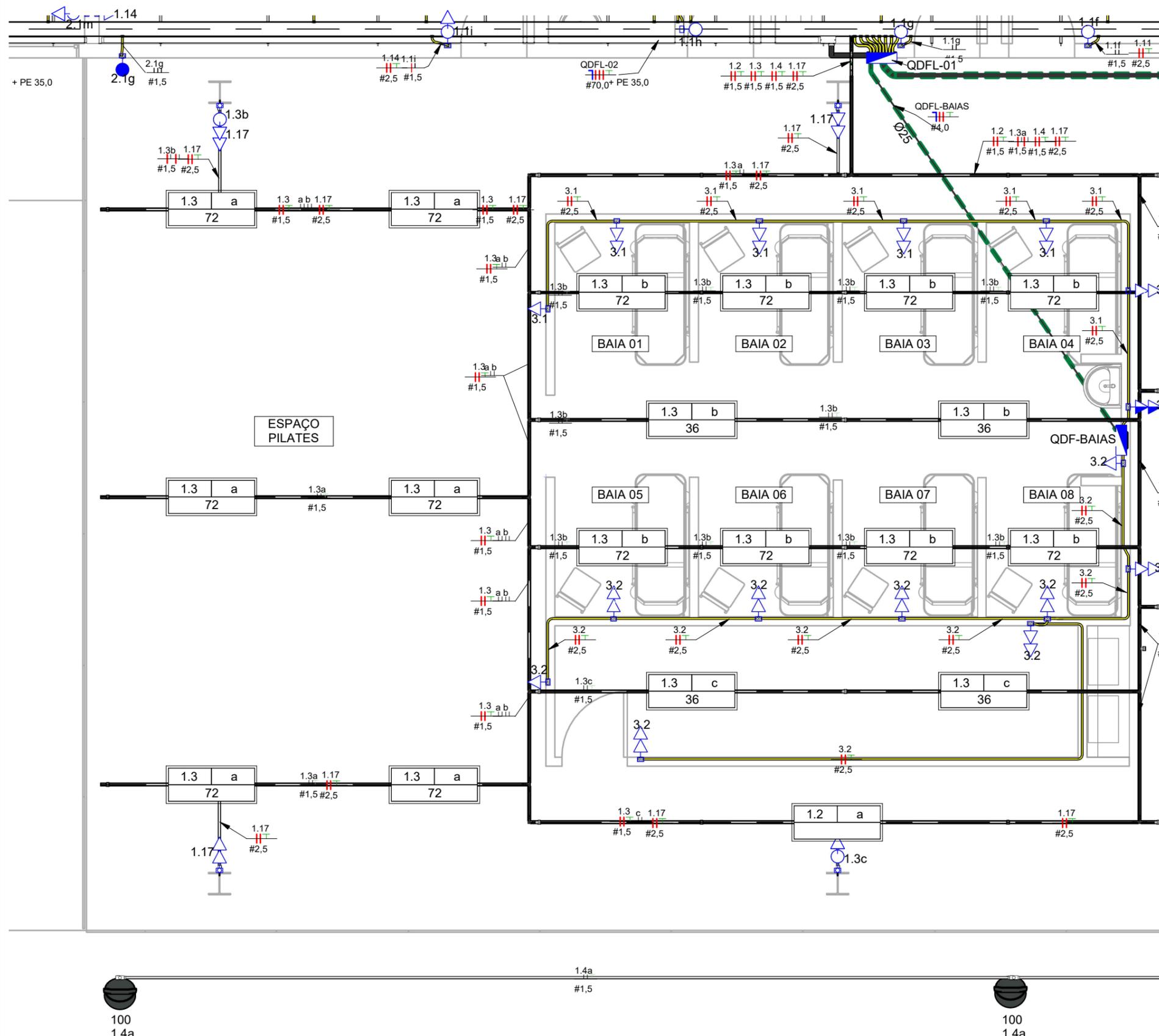
	Aluno	Romilson Akegawa Martins Arruda
	Orientador	Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares
Título	Projeto elétrico executivo - Edificação comercial	
Escala:	Conteúdo:	Data:
1:50	Projeto elétrico - Vestiários, DML e WC Func.	Novembro de 2023
		Folha:
		04/12



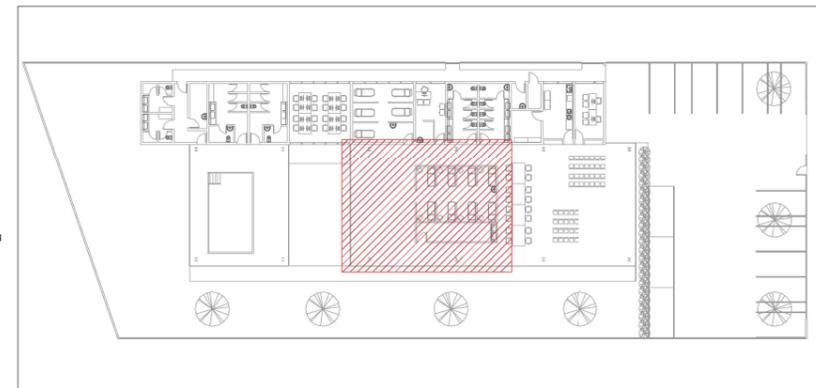
	Condutores Neutro, Fase, Terra e Retorno, respectivamente
	Ponto de luz de sobrepor fixado em perfilado
	Ponto de luz na parede a 210cm do piso acabado
	Eletroduto corrugado flexível embutido no teto ou na parede
	Eletroduto de PEAD embutido no piso
	Quadro geral de luz e força embutido a 1,50 do piso acabado
	Caixa para medidor
	Caixa de passagem no piso
	Eletroduto que sobe
	Eletroduto que desce
	Tomada Baixa 2P+T, 10A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Média 2P+T, 10A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Alta 2P+T, 10A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Baixa 2P+T, 20A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Média 2P+T, 20A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Alta 2P+T, 20A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada de Piso 2P+T, 10A
	Ponto de Força com placa saída de fio, a 230cm do piso acabado
	Interruptor simples de uma seção, embutido em caixa 4x2
	Conjunto de 2 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
	Conjunto de 3 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
	Interruptor paralelo (three-way), embutido em caixa 4x2



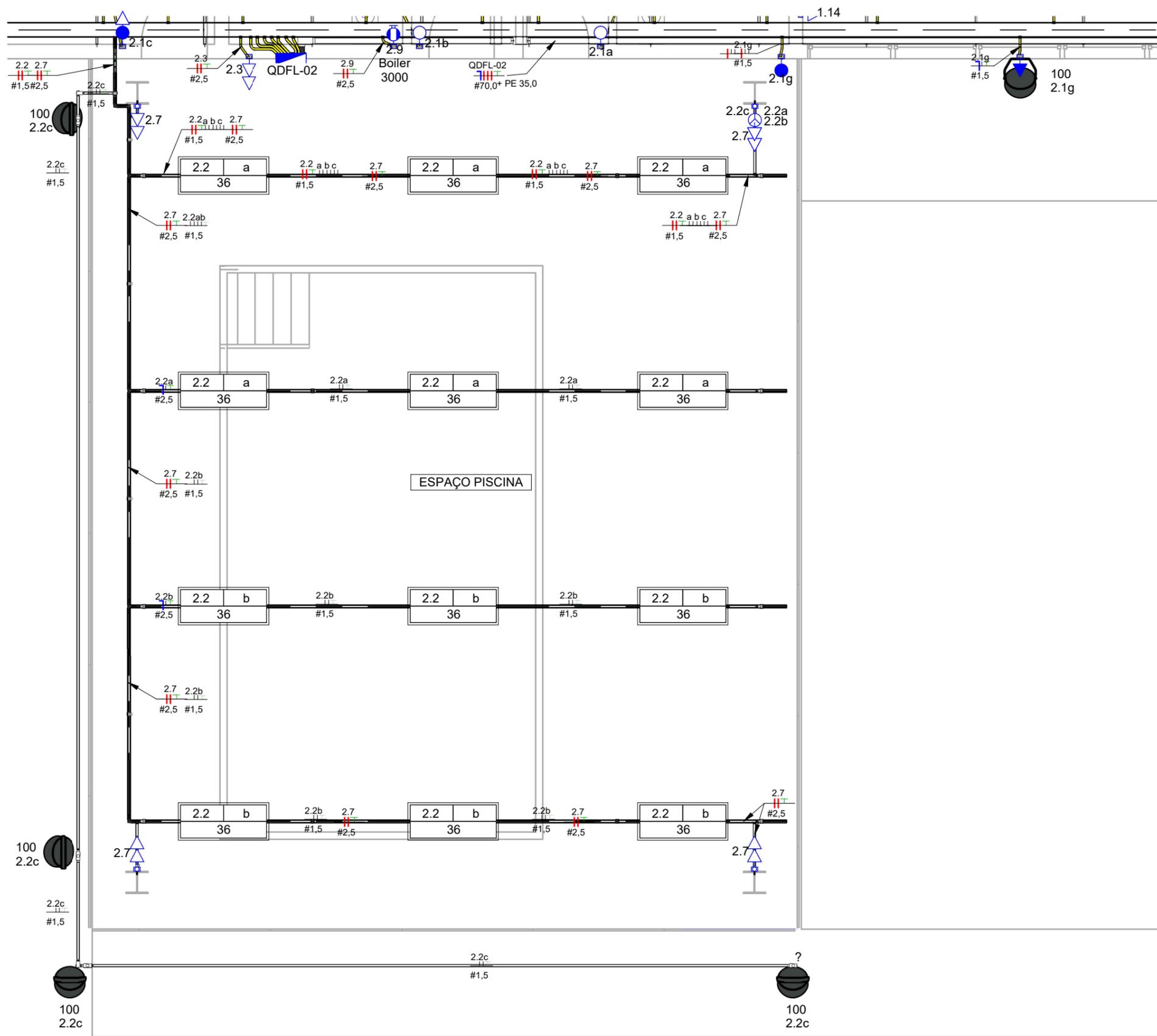
	Aluno	Romilson Akegawa Martins Arruda		
	Orientador	Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares		
Título	Projeto elétrico executivo - Edificação comercial			
Escala:	1:60	Conteúdo:	Projeto elétrico - Salão multiuso	Folha:
			Data:	Novembro de 2023
				05/12



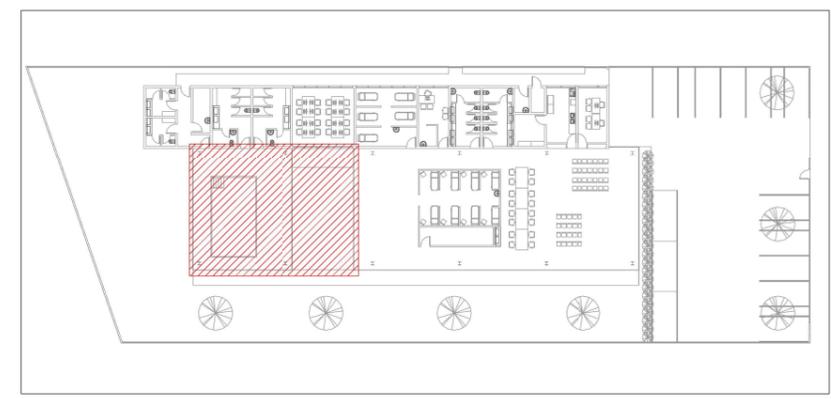
	Condutores Neutro, Fase, Terra e Retorno, respectivamente
	Ponto de luz de sobrepor fixado em perfilado
	Ponto de luz na parede a 210cm do piso acabado
	Eletroduto corrugado flexível embutido no teto ou na parede
	Eletroduto de PEAD embutido no piso
	Quadro geral de luz e força embutido a 1,50 do piso acabado
	Caixa para medidor
	Caixa de passagem no piso
	Eletroduto que sobe
	Eletroduto que desce
	Tomada Baixa 2P+T, 10A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Média 2P+T, 10A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Alta 2P+T, 10A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Baixa 2P+T, 20A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Média 2P+T, 20A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Alta 2P+T, 20A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada de Piso 2P+T, 10A
	Ponto de Força com placa saída de fio, a 230cm do piso acabado
	Interruptor simples de uma seção, embutido em caixa 4x2
	Conjunto de 2 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
	Conjunto de 3 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
	Interruptor paralelo (three-way), embutido em caixa 4x2



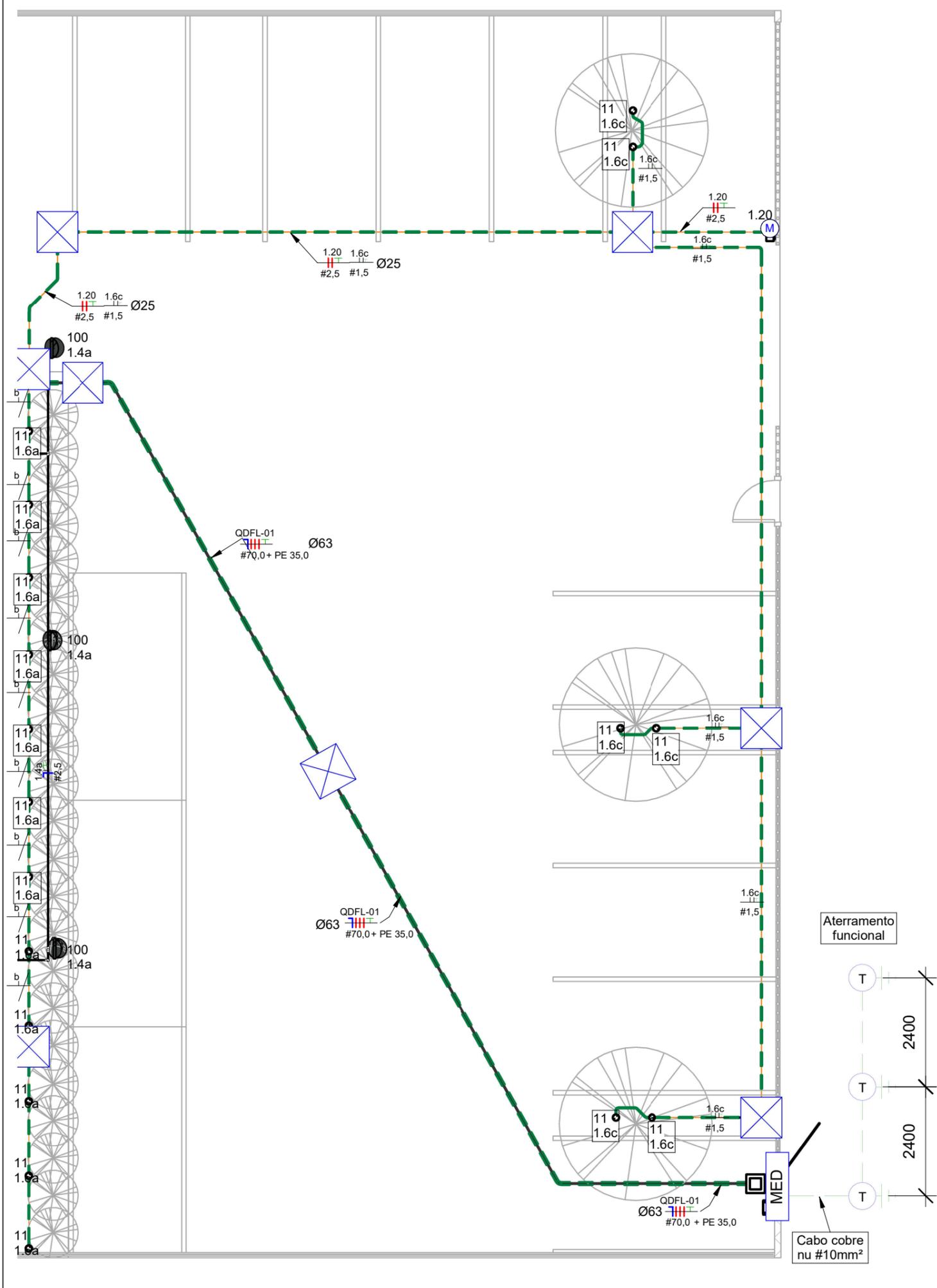
	Aluno	Romilson Akegawa Martins Arruda	
	Orientador	Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares	
Título	Projeto elétrico executivo - Edificação comercial		
Escala:	1:60	Conteúdo:	Projeto elétrico - Baias e Espaço pilates
		Data:	Novembro de 2023
		Folha:	06/12



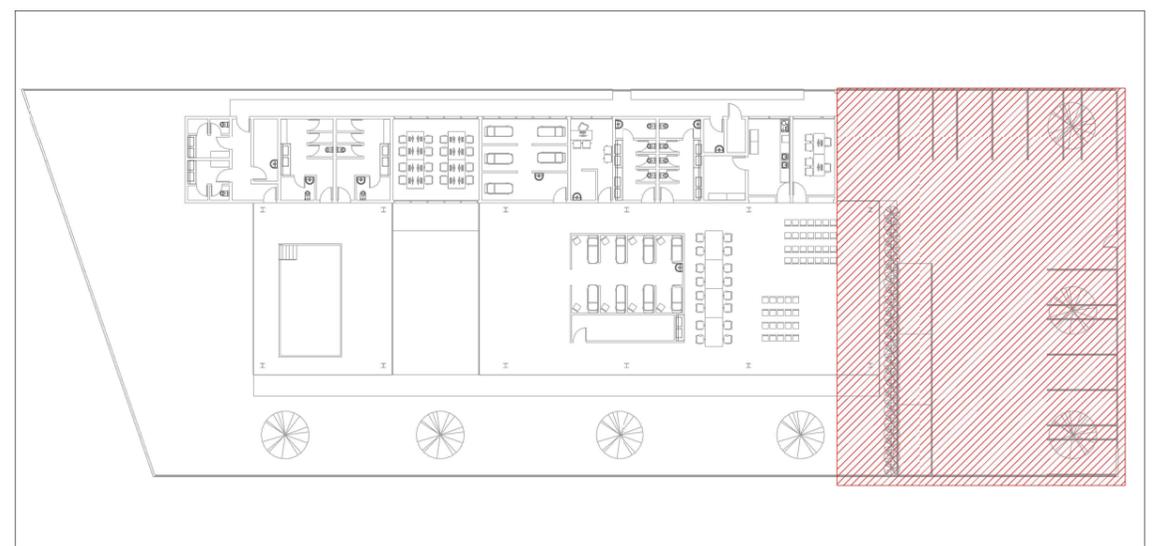
	Condutores Neutro, Fase, Terra e Retorno, respectivamente
	Ponto de luz de sobrepor fixado em perfilado
	Ponto de luz na parede a 210cm do piso acabado
	Eletroduto corrugado flexível embutido no teto ou na parede
	Eletroduto de PEAD embutido no piso
	Quadro geral de luz e força embutido a 1,50 do piso acabado
	Caixa para medidor
	Caixa de passagem no piso
	Eletroduto que sobe
	Eletroduto que desce
	Tomada Baixa 2P+T, 10A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Média 2P+T, 10A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Alta 2P+T, 10A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Baixa 2P+T, 20A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Média 2P+T, 20A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Alta 2P+T, 20A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada de Piso 2P+T, 10A
	Ponto de Força com placa saída de fio, a 230cm do piso acabado
	Interruptor simples de uma seção, embutido em caixa 4x2
	Conjunto de 2 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
	Conjunto de 3 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
	Interruptor paralelo (three-way), embutido em caixa 4x2



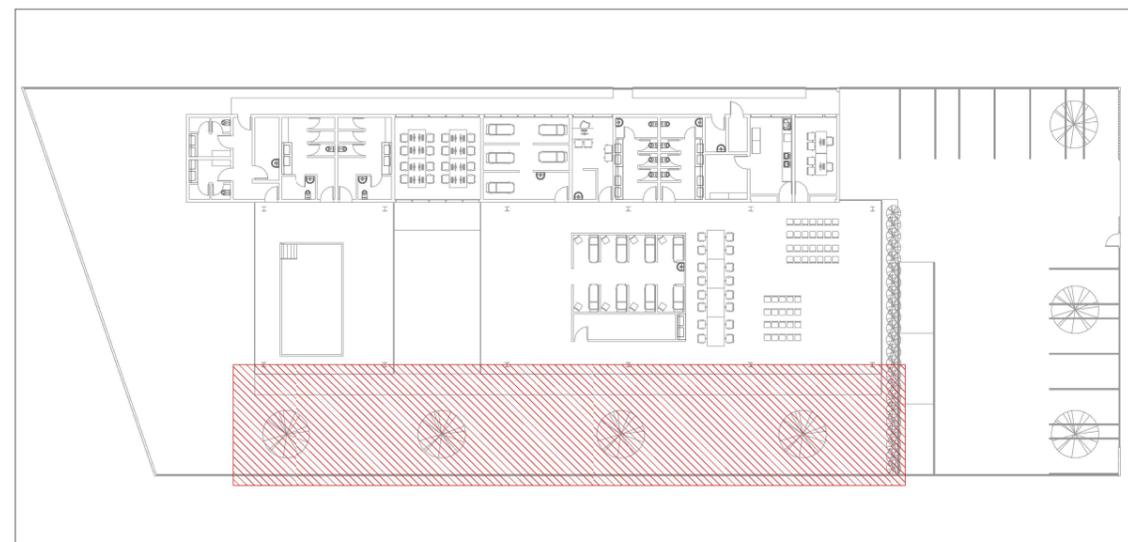
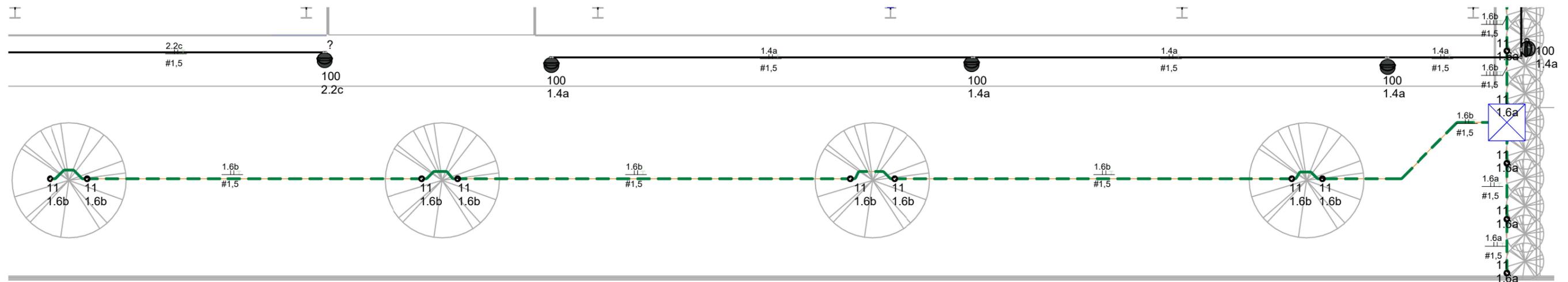
	Aluno	Romilson Akegawa Martins Arruda			
	Orientador	Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares			
Título	Projeto elétrico executivo - Edificação comercial				
Escala:	1:60	Conteúdo:	Projeto elétrico - Espaço piscina	Data:	Novembro de 2023
				Folha:	07/12



	Condutores Neutro, Fase, Terra e Retorno, respectivamente
	Ponto de luz de sobrepor fixado em perfilado
	Ponto de luz na parede a 210cm do piso acabado
	Eletroduto corrugado flexível embutido no teto ou na parede
	Eletroduto de PEAD embutido no piso
	Quadro geral de luz e força embutido a 1,50 do piso acabado
	Caixa para medidor
	Caixa de passagem no piso
	Eletroduto que sobe
	Eletroduto que desce
	Tomada Baixa 2P+T, 10A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Média 2P+T, 10A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Alta 2P+T, 10A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Baixa 2P+T, 20A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Média 2P+T, 20A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Alta 2P+T, 20A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada de Piso 2P+T, 10A
	Ponto de Força com placa saída de fio, a 230cm do piso acabado
	Interruptor simples de uma seção, embutido em caixa 4x2
	Conjunto de 2 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
	Conjunto de 3 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
	Interruptor paralelo (three-way), embutido em caixa 4x2



	Aluno	Romilson Akegawa Martins Arruda	
	Orientador	Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares	
Título	Projeto elétrico executivo - Edificação comercial		
Escala:	1:100	Conteúdo:	Projeto elétrico - Estacionamento e Entrada
		Data:	Novembro de 2023
		Folha:	08/12



	Condutores Neutro, Fase, Terra e Retorno, respectivamente
	Ponto de luz de sobrepor fixado em perfilado
	Ponto de luz na parede a 210cm do piso acabado
	Eletroduto corrugado flexível embutido no teto ou na parede
	Eletroduto de PEAD embutido no piso
	Quadro geral de luz e força embutido a 1,50 do piso acabado
	Caixa para medidor
	Caixa de passagem no piso
	Eletroduto que sobe
	Eletroduto que desce
	Tomada Baixa 2P+T, 10A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Média 2P+T, 10A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Alta 2P+T, 10A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Baixa 2P+T, 20A, a 30cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Média 2P+T, 20A, a 110cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada Alta 2P+T, 20A, a 210cm do piso, embutido em caixa 4x2
	Tomada de Piso 2P+T, 10A
	Ponto de Força com placa saída de fio, a 230cm do piso acabado
	Interruptor simples de uma seção, embutido em caixa 4x2
	Conjunto de 2 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
	Conjunto de 3 Interruptores simples, embutido em caixa 4x2
	Interruptor paralelo (three-way), embutido em caixa 4x2

	Aluno	Romilson Akegawa Martins Arruda	
	Orientador	Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares	
Título	Projeto elétrico executivo - Edificação comercial		
Escala:	1:120	Conteúdo:	Projeto elétrico - Jardim
		Data:	Novembro de 2023
		Folha:	09/12

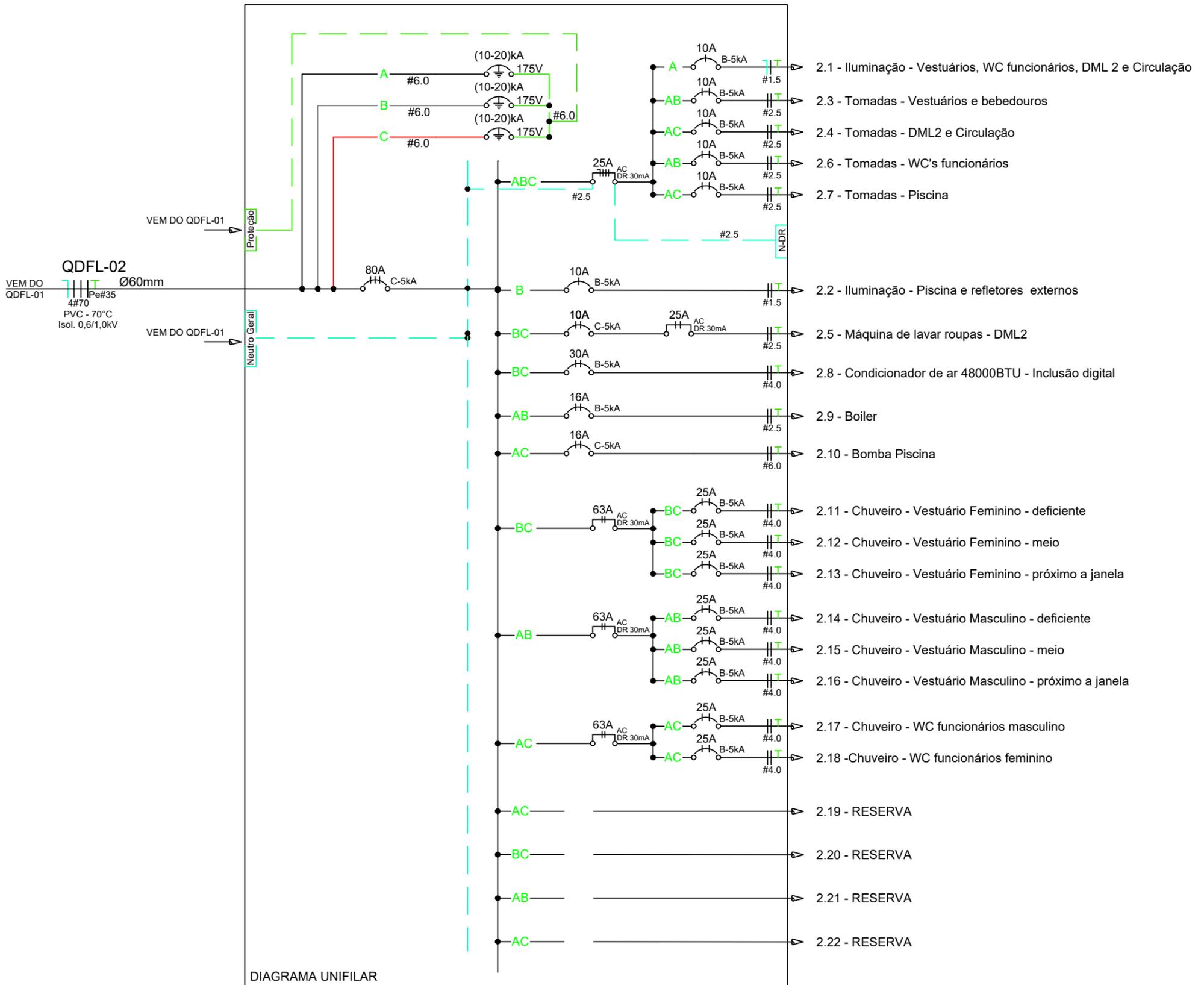
QDFL-01 - Quadro de Distribuição de Força e Luz

Circuito	Descrição do Circuito	Pontos de Tomadas (W)					Pontos de Iluminação (W)				Carga Especial (W)	Potência Ativa (W)	Fator de Potência	Potência Aparente (VA)	Tensão (V)	Corrente (A)	Disjuntor (A)			Dispositivo DR		Condutor					Fator de Agrupam.	Fator de Temperatura	Capac. Cond. de corrente nominal	Capac. Cond. de corrente real	Balanceamento de Fases			Queda de Tensão							
		100	150	250	300	600	11	18	38	100							Corrente Nominal	Curva	Interrupção	Corrente nominal	Tipo/Apl.	Método de Ref. Instalação	Tensão de isolamento	Fase (mm²)	Neutro (mm²)	Proteção (mm²)					A	B	C	Comprimento (m)	Rca (Ω/km)	Xl (Ω/km)	ΔV%				
1.1	Iluminação - ADM, Cozinha, Consultórios, WC's, Depósito, DML e Lixo	-	-	-	-	-	-	59	-	-	-	1.062,0	0,95	1.117,9	220	5,1	10,00	B	5kA	-	25	30mA / Geral	C	0,6/1kV	1,50	-	1,50	0,70	1,04	24,00	17,5	AB	558,9	558,9	-	21,00	14,50	0,160	1,34		
1.2	Iluminação - Salão Multiuso	-	-	-	-	-	-	56	-	-	-	1.008,0	0,95	1.061,1	220	4,8	10,00	B	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	1,50	-	1,50	0,75	1,04	24,00	18,7	AC	530,5	-	530,5	29,00	14,50	0,160	1,76	
1.3	Iluminação - Baías e Pilates	-	-	-	-	-	-	64	-	-	-	1.152,0	0,95	1.212,6	220	5,5	10,00	B	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	1,50	-	1,50	0,75	1,04	24,00	18,7	BC	-	606,3	606,3	23,00	14,50	0,160	1,59	
1.4	Iluminação - Calçada Norte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	600,0	0,95	631,6	220	2,9	10,00	B	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	1,50	-	1,50	0,75	1,04	24,00	18,7	AB	315,8	-	-	35,00	14,50	0,160	1,26	
1.5	Iluminação externa - Arandelas corredor funcionários e entrada	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	456,0	0,95	480,0	220	2,2	10,00	B	5kA	-	25	30mA / Geral	C	0,6/1kV	1,50	-	1,50	0,70	1,04	24,00	17,5	AC	240,0	-	240,0	39,00	14,50	0,160	1,07		
1.6	Iluminação externa - Árvores e arbustos	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	286,0	0,95	301,1	220	1,4	10,00	B	5kA	-	25	30mA / Geral	D	0,6/1kV	1,50	-	1,50	0,70	1,04	24,00	17,5	BC	-	150,5	150,5	89,00	14,50	0,160	1,53		
1.7	Tomadas - ADM	5	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1.000,0	2.000,0	0,92	2.173,9	220	9,9	10,00	B	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,70	1,04	33,00	24,0	AB	1.087,0	1.087,0	-	23,00	8,87	0,150	1,70
1.8	Condicionador de ar 12000BTU - ADM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.247,0	1.247,0	0,90	1.385,6	220	6,3	10,00	C	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,70	1,04	33,00	24,0	AC	692,8	-	692,8	22,00	8,87	0,150	1,01
1.9	Tomadas - Cozinha	4	1	-	-	2	-	-	-	-	-	1.750,0	1.750,0	0,92	1.902,2	220	8,6	10,00	B	5kA	-	25	30mA / Geral	C	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,70	1,04	33,00	24,0	BC	-	951,1	951,1	20,00	8,87	0,150	1,29	
1.10	Tomada - Microondas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.500,0	1.500,0	0,92	1.630,4	220	7,4	10,00	C	5kA	-	25	30mA / específico	C	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,70	1,04	33,00	24,0	AB	815,2	815,2	-	20,00	8,87	0,150	1,11	
1.11	Tomadas - Geladeiras, Bebedouro, DML, Lixo e Depósito	6	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1.200,0	0,92	1.304,3	220	5,9	10,00	B	5kA	-	25	30mA / Geral	C	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,70	1,04	33,00	24,0	AC	652,2	-	652,2	19,00	8,87	0,150	0,84		
1.12	Tomada - Lavadora de roupas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.500,0	1.500,0	0,85	1.764,7	220	8,0	10,00	C	5kA	-	25	30mA / específico	C	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,70	1,04	33,00	24,0	BC	-	882,4	882,4	13,00	8,87	0,150	0,72	
1.13	Tomadas - WC's	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	2.400,0	0,92	2.608,7	220	11,9	16,00	B	5kA	-	25	30mA / Geral	C	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,70	1,04	33,00	24,0	AC	1.304,3	-	1.304,3	12,00	8,87	0,150	1,06		
1.14	Tomadas - Triagem e Acupuntura	15	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1.750,0	0,92	1.902,2	220	8,6	10,00	B	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,73	1,04	33,00	25,1	AC	951,1	-	951,1	28,00	8,87	0,150	1,81	
1.15	Condicionador de ar 12000BTU - Triagem	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.247,0	1.247,0	0,90	1.385,6	220	6,3	10,00	C	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,73	1,04	33,00	25,1	BC	-	692,8	692,8	13,00	8,87	0,150	0,60
1.16	Condicionador de ar 30000BTU - Acupuntura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.600,0	3.600,0	0,90	4.000,0	220	18,2	20,00	C	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,73	1,04	33,00	25,1	AB	2.000,0	2.000,0	-	17,00	8,87	0,150	2,26
1.17	Tomadas - Salão multiuso e Pilates	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.600,0	0,92	1.739,1	220	7,9	10,00	B	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,75	1,04	33,00	25,7	AC	869,6	-	869,6	33,00	8,87	0,150	1,95	
1.18	Tomadas - Inclusão Digital - Computadores bancada da direita	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	200,0	1.950,0	0,92	2.119,6	220	9,6	10,00	B	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,73	1,04	33,00	25,1	BC	-	1.059,8	1.059,8	21,00	8,87	0,150	1,51
1.19	Tomadas - Inclusão Digital - Computadores bancada da esquerda	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	2.000,0	0,92	2.173,9	220	9,9	10,00	B	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,73	1,04	33,00	25,1	AB	1.087,0	1.087,0	-	23,00	8,87	0,150	1,70	
1.20	Motor para portão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	890,0	0,72	1.236,1	220	5,6	10,00	C	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,70	1,04	33,00	24,0	AC	618,1	-	618,1	43,00	8,87	0,150	1,43	
1.21	QDFL-02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56.062,0	56.062,0	0,95	58.877,4	220	154,5	150,00	C	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	70,00	70,00	35,00	1,00	1,04	222,00	230,9	ABC	18.486,65	21.298,03	19.092,69	29,00	0,32	0,120	0,67
1.22	QDF-BAIAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.600,0	0,92	6.087,0	220	27,7	30,00	C	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	4,00	4,00	4,00	1,04	44,00	32,0	AC	3.043,48	-	3.043,48	11,00	5,52	0,14	1,42		
1.23	RESERVA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000,0	1.000,0	0,92	1.087,0	220	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.24	RESERVA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000,0	1.000,0	0,92	1.087,0	220	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.25	RESERVA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000,0	1.000,0	0,92	1.087,0	220	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.26	RESERVA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.000,0	1.000,0	0,92	1.087,0	220	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		46	1	18	2	6	26	179	12	6	76.846,0	94.860,0	0,94	101.442,6	220	266,2	150,00	C	5kA	-	-	-	-	-	B1	0,6/1kV	70,00	70,00	35,00	1,00	1,00	89,00	89,0	ABC	34.339,5	33.135,2	33.968,0	51,00	0,32	0,120	1,98

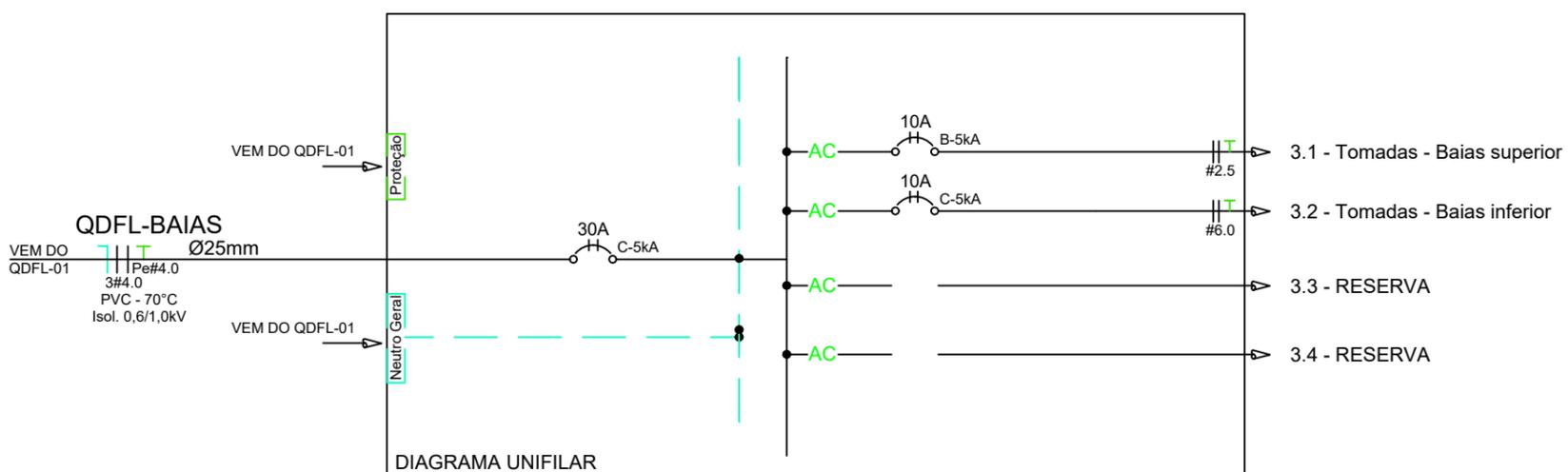
QDFL-02 - Quadro de Distribuição de Força e Luz

Circuito	Descrição do Circuito	Pontos de Tomadas (W)					Pontos de Iluminação (W)				Carga Especial (W)	Potência Ativa (W)	Fator de Potência	Potência Aparente (VA)	Tensão (V)	Corrente (A)	Disjuntor (A)			Dispositivo DR		Condutor					Fator de Agrupam.	Fator de Temperatura	Capac. Cond. de corrente nominal	Capac. Cond. de corrente real	Balanceamento de Fases			Queda de Tensão						
		100	150	250	300	600	11	18	38	100							Corrente Nominal	Curva	Interrupção	Corrente nominal	Tipo/Apl.	Método de Ref. Instalação	Tensão de isolamento	Fase (mm²)	Neutro (mm²)	Proteção (mm²)					A	B	C	Comprimento (m)	Rca (Ω/km)	Xl (Ω/km)	ΔV%			
2.1	Iluminação - Vestiários, WC funcionários, DML 2 e Circulação	-	-	-	-	-	-	25	-	1	-	550,0	0,95	578,9	127	4,56	10,00	B	5kA	-	25	30mA / Geral	C	0,6/1kV	1,50	1,50	1,50	0,70	1,04	24,00	17,5	A	578,9	-	-	18,00	14,50	0,160	1,79	
2.2	Iluminação - Piscina e refletores externos	-	-	-	-	-	-	24	-	4	-	832,0	0,95	875,8	220	3,98	10,00	B	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	1,50	-	1,50	0,85	1,04	24,00	21,2	BC	-	437,9	437,9	24,00	14,50	0,160	1,20
2.3	Tomadas - Vestiários e bebedouros	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1.400,0	0,92	1.521,7	220	6,92	10,00	B	5kA	-	25	30mA / Geral	C	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,70	1,04	33,00	24,0	AB	760,9	760,9	-	14,00	8,87	0,150	0,72	
2.4	Tomadas - DML2 e Circulação	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1.000,0	0,92	1.087,0	220	4,94	10,00	B	5kA	-	25	30mA / Geral	C	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,71	1,04	33,00	24,4	AC	543,5	-	543,5	16,00	8,87	0,150	0,59	
2.5	Máquina de lavar roupas - DML2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.500,0	1.500,0	0,85	1.764,7	220	8,02	10,00	C	5kA	-	25	30mA / Especifico	C	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,71	1,04	33,00	24,4	BC	-	882,4	882,4	9,00	8,87	0,150	0,50
2.6	Tomadas - WC's funcionários	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1.200,0	0,92	1.304,3	220	5,93	10,00	B	5kA	-	25	30mA / Geral	C	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,71	1,04	33,00	24,4	AB	652,2	652,2	-	16,00	8,87	0,150	0,71	
2.7	Tomadas - Piscina	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	800,0	0,92	869,6	220	4,0	10,00	B	5kA	-	25	30mA / Geral	C	0,6/1kV	2,50	-	2,50	0,85	1,04	33,00	29,2	AC	434,8	-	434,8	23,00	8,87	0,150	0,68	
2.8	Condicionador de ar 48000BTU - Inclusão digital	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.000,0	5.000,0	0,90	5.555,6	220	25,25	30,00	C	5kA	-	-	-	-	-	0,6/1kV	4,00	-	4,00	0,70	1,04	45,00	32,8	BC	-	2				

QDFL-02



QDFL-BAIAS



Aluno

Romilson Akegawa Martins Arruda

Orientador

Prof. Dr. Carlos Eduardo Tavares

Título

Projeto elétrico executivo - Edificação comercial

Escala:

Sem escala

Conteúdo:

Diagrama unifilar - QDFL-02 e QDF-BAIAS

Data:

Novembro de 2023

Folha:

12/12