



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA
Engenharia de Energia

Estudo de metodologia de levantamento de dados para retrofit de instalações elétricas em edificações

Autor: Pedro Braga de Araújo

Orientador: Dr. Alex Reis

Brasília, DF

2023



Pedro Braga de Araújo

Estudo de metodologia de levantamento de dados para retrofit de instalações elétricas em edificações

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Universidade de Brasília - UnB

Faculdade UnB Gama - FGA

Orientador: Dr. Alex Reis

Brasília, DF

2023

Pedro Braga de Araújo

Estudo de metodologia de levantamento de dados para retrofiting de instalações elétricas em edificações/ Pedro Braga de Araújo. – Brasília, DF, 2023-
91 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Orientador: Dr. Alex Reis

Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Gama - FGA , 2023.

1. Retrofitting. 2. Instalações elétricas. I. Dr. Alex Reis. II. Universidade de Brasília. III. Faculdade UnB Gama. IV. Estudo de metodologia de levantamento de dados para retrofiting de instalações elétricas em edificações

CDU 02:141:005.6

Pedro Braga de Araújo

Estudo de metodologia de levantamento de dados para retrofit de instalações elétricas em edificações

Monografia submetida ao curso de graduação em Engenharia de Energia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energia.

Brasília, DF, Julho de 2023:

Dr. Alex Reis
Orientador

Loana Nunes Velasco, Dr. - FGA/UnB
Convidado 1

Eleudo Esteves de Araújo Silva Jr,
Dr. - ENC/UnB
Convidado 2

Brasília, DF
2023

Este trabalho é dedicado aos meus pais, Élcio e Fernanda, a minha irmã Camila, a minha segunda mãe Cleonita, minha namorada Laura e a todos os meus amigos e familiares que me apoiaram e incentivaram para chegar até aqui.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a Deus, que é soberano e dono de tudo e me permitiu viver tudo isso, da melhor forma possível.

Agradeço também à minha família por todo apoio e por colaborarem com o que tinham disponível, meus pais Élcio e Fernanda, minha irmã Camila, minha namorada Laura e, em especial, ao meu afilhado Arthur pela sua doçura e amor e por me encher de energia e afeto com os melhores abraços do mundo.

Aos meus amigos que acopanharam a minha trajetória durante esses anos na Unb, Paulo Eduardo, Giovanna, Matheus, Nei e Gabriel.

A minha tão querida Cléo que é minha segunda mãe nesta terra e que sempre me ajudou a ser uma pessoa melhor e cuidou de mim do jeito que podia.

E agradeço a todas as pessoas que colaboraram para que eu conseguisse concluir essa etapa importante da minha vida, que foi minha graduação.

E finalmente, agradeço ao meu orientador, professor Alex Reis, pela paciência, disponibilidade e compreensão ao me orientar nesse trabalho tão importante.

Resumo

Os sistemas de energia elétrica estão inseridos em um processo de transição energética, com a incorporação de novos paradigmas de projeto, operação e manutenção de instalações, bem como modernização de processos, as quais estão associadas aos diversos avanços tecnológicos (computação, comunicações, dentre outros). Nesse sentido, o aumento acelerado da demanda por energia elétrica em todo o mundo, associado à necessidade de reduzir a utilização de combustíveis fósseis, têm alavancado a busca por fontes de energia renováveis e a implantação de ações que promovam a eficiência energética e o uso racional de energia.

Nesse contexto, o retrofiting de instalações se mostra como uma excelente alternativa, de modo a garantir a continuidade de uso de edificações, promover a preservação do patrimônio arquitetônico e histórico, viabilizar a inclusão de novas tecnologias e/ou modernizar o sistema. Assim, este Trabalho de Conclusão de Curso focou na apresentação de protocolos para sistematizar o levantamento de informações de instalações elétricas em uma edificação, de forma a subsidiar o início de trabalhos de retrofiting. Para a verificação da aplicabilidade e limitação de tais protocolos, foram desenvolvidos dois estudos de caso em edificações da Universidade de Brasília, a saber: o edifício sede do Parque Tecnológico (PCTec) e o bloco FE-5 da Faculdade de Educação.

Palavras-chaves: Retrofitting, instalações elétricas, atividades

Abstract

Electric power systems are inserted in a process of energy transition, with the incorporation of new paradigms of design, operation and maintenance of facilities, as well as modernization of processes, which are associated with various technological advances (computing, communications, among others). In this sense, the accelerated increase in demand for electricity worldwide, associated with the need to reduce the use of fossil fuels, have leveraged the search for renewable energy sources and the implementation of actions that promote energy efficiency and the rational use of energy.

In this context, the retrofiting of facilities is shown as an excellent alternative, in order to ensure the continuity of use of buildings, promote the preservation of architectural and historical heritage, enable the inclusion of new technologies and / or modernize the system. Thus, this Course Conclusion Work focused on the presentation of protocols to systematize the collection of information of electrical installations in a building, in order to subsidize the beginning of retrofiting works. To verify the applicability and limitation of such protocols, two case studies were developed in buildings of the University of Brasília, namely: the headquarters building of the Technological Park (PCTec) and the FE-5 block of the Faculty of Education.

Key-words: Retrofitting, electrical installations, activities

Lista de ilustrações

Figura 1 – Ciclo de vida de instalações elétricas. Fonte: Autoria própria	18
Figura 2 – Composição das instalações elétricas. Fonte: Autoria própria	22
Figura 3 – Fluxo de atividades para o retrofitting luminoso. Fonte: Autoria própria	26
Figura 4 – Fluxo de atividades para o retrofitting de cargas de uso geral e de uso específico. Fonte: Autoria própria	27
Figura 5 – Fluxo de atividades para o retrofitting de linhas elétricas. Fonte: Autoria própria	28
Figura 6 – Fluxo de atividades para o retrofitting de circuitos elétricos. Fonte: Autoria própria	29
Figura 7 – Fluxo de atividades para o retrofitting de quadros de distribuição. Fonte: Autoria própria	30
Figura 8 – Fluxo de atividades para o retrofitting de cabeamento estruturado. Fonte: Autoria própria	31
Figura 9 – Fluxo de atividades para o retrofitting de SPDA. Fonte: Autoria própria	32
Figura 10 – Fluxo de atividades para o retrofitting de SDAI. Fonte: Autoria própria	33
Figura 11 – Vista superior do prédio PCTec	34
Figura 12 – Fachada do prédio PCTec	34
Figura 13 – Vista superior do prédio FE5	35
Figura 14 – Fachada do prédio FE5	35
Figura 15 – Descrição da lâmpada	38
Figura 16 – Luminária dupla	38
Figura 17 – Luminária quádrupla	39
Figura 18 – Eletrocalha para linhas elétricas.	41
Figura 19 – Eletrocalha e eletrodutos para linhas elétricas.	42
Figura 20 – Eletroduto com interruptor.	42
Figura 21 – Interruptor.	43
Figura 22 – Eletroduto com tomada de uso geral.	43
Figura 23 – Tomada de uso geral.	44
Figura 24 – Quadro DS-GRH-103	50
Figura 25 – Quadro DS-GRH-106	51
Figura 26 – Quadro DS-GRH-097	51
Figura 27 – Quadro DS-GRH-101	52
Figura 28 – Quadro QDE-02	52
Figura 29 – Quadro DS-GRH-105	53
Figura 30 – Quadro QDF-01	53
Figura 31 – Quadro QDE-01	54

Figura 32 – Quadro DS-GRH-104	54
Figura 33 – Quadro QDE-05	55
Figura 34 – Eletrocalha para cabeamento estruturado	56
Figura 35 – Disposição dos cabos na eletrocalha	57
Figura 36 – Entrada da eletrocalha para o forro da edificação	57
Figura 37 – Descida do para-raio	58
Figura 38 – Descida do para-raio	59
Figura 39 – Descida do para-raio	59
Figura 40 – Descida do para-raio	60
Figura 41 – Captores do SPDA	60
Figura 42 – Captores do SPDA	61
Figura 43 – Detector de fumaça	62
Figura 44 – Detector de fumaça	62
Figura 45 – Lâmpada FE5	65
Figura 46 – Lâmpada FE5	65
Figura 47 – Lâmpada auditório FE5	66
Figura 48 – Lâmpada auditório FE5	66
Figura 49 – Lâmpada jardim FE5	67
Figura 50 – Disposição de lâmpadas sala de aula FE5	67
Figura 51 – Luminária da sala de aula FE5	68
Figura 52 – Eletrocalha FE5	71
Figura 53 – Eletrocalha FE5	71
Figura 54 – Eletroduto FE5	72
Figura 55 – Interruptor FE5	72
Figura 56 – Quadro do auditório	73
Figura 57 – Quadro 2 do auditório	74
Figura 58 – Porta do quadro 2 do auditório	74
Figura 59 – Quadro do corredor do banheiro	75
Figura 60 – Porta do quadro do corredor do banheiro	75
Figura 61 – Quadro do corredor do banheiro	76
Figura 62 – Porta do quadro do corredor do banheiro	76
Figura 63 – Eletrocalha	77
Figura 64 – Extintor de incêndio FE5	78
Figura 65 – Mangueira de incêndio tipo 1 FE5	78
Figura 66 – Modelo de interruptor	84
Figura 67 – Modelo de lâmpada	84
Figura 68 – Modelo de ar-condicionado	85
Figura 69 – Modelo de especificação do ar-condicionado	85
Figura 70 – Modelo de tomada	86

Figura 71 – Modelo de eletrocalha	87
Figura 72 – Modelo de eletoduto	87
Figura 73 – Modelo de quadro de distribuição	88
Figura 74 – Modelo de porta de quadro	89
Figura 75 – Modelo de captor	90
Figura 76 – Modelo de descida	90

Lista de tabelas

Tabela 1 – Tabela de Lâmpadas PCTec	37
Tabela 2 – Tabela de tomadas e cargas específicas PCTec	40
Tabela 3 – Quadro: DS-GRH-103 - Sala 02	44
Tabela 4 – Quadro: DS-GRH-106 - Sala 02	45
Tabela 5 – Quadro: DS-GRH-095 - Sala 06	45
Tabela 6 – Quadro: DS-GRH-101 - Sala 06	46
Tabela 7 – Quadro: QDE 02 - Sala 06	46
Tabela 8 – Quadro: DS-GRH-105 - Corredor sala 35	47
Tabela 9 – Quadro: QDF 01 - Corredor da sala 35	48
Tabela 10 – Quadro: QDE 01 - Corredor da sala 35	48
Tabela 11 – Quadro: DS-GRH-104 - Sala 32	49
Tabela 12 – Quadro: QDE 05 - Sala 32	49
Tabela 13 – Tabela de Lâmpadas FE5	64
Tabela 14 – Tabela de cargas específicas FE5	69
Tabela 15 – Tabela de tomadas FE5	70
Tabela 16 – Tabela resumo PCTec	79
Tabela 17 – Tabela resumo FE-5	79

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
SDAI	Sistema de Detecção de Alarme de Incêndio
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas
PCTec	Parque Científico e Tecnológico
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
NBR	Norma Técnica Brasileira
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
PE	Proteção Elétrica
NR	Norma Regulamentadora
ISO	Organização Internacional de Padronização
CIE	Comissão Internacional de Iluminação
W	Watts
V	Volts
UnB	Universidade de Brasília
RTQ-R	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais
RTQ-C	O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais
ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
TWh	Terawatt hora
MWh	Megawatt hora

Sumário

1	INTRODUÇÃO	16
	Introdução	16
1.1	Objetivo Geral	17
1.1.1	Objetivos Específicos	17
1.2	Organização do Trabalho	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	Ciclo de vida de instalações elétricas	18
2.1.1	Retrofitting de instalações	19
2.1.1.1	Retrofitting do sistema de iluminação	20
2.1.1.2	Retrofitting do sistema de condicionamento de ar	20
2.1.1.3	Retrofitting de infraestrutura	21
2.2	Composição de Projeto de instalações elétricas para edificações	21
2.3	Normas técnicas	23
3	METODOLOGIA	25
3.1	Métodos para levantamento de dados	25
3.2	Instalações de baixa tensão	26
3.2.1	Sistema de iluminação	26
3.2.2	Cargas elétricas	27
3.2.3	Linhas elétricas	28
3.2.4	Circuitos elétricos	28
3.2.5	Quadros de distribuição	28
3.3	Cabeamento estruturado	31
3.4	SPDA	31
3.5	SDAI	32
3.6	Descrição dos Estudos de Caso	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	Coleta de dados PCTec	36
4.1.1	Sistema de iluminação	36
4.1.2	Cargas elétricas	40
4.1.3	Linhas elétricas	41
4.1.4	Circuitos elétricos	44
4.1.5	Quadros de distribuição	50

4.1.6	Cabeamento estruturado	56
4.1.7	SPDA	58
4.1.8	SDAI	61
4.2	Coleta de dados FE5	63
4.2.1	Sistema de Iluminação	63
4.2.2	Cargas elétricas	68
4.2.3	Linhas elétricas	70
4.2.4	Circuitos elétricos	73
4.2.5	Quadros de distribuição	73
4.2.6	Cabeamento estruturado	77
4.2.7	SPDA	77
4.2.8	SDAI	77
4.3	Resumo das edificações	79
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
	REFERÊNCIAS	82
	APÊNDICE A – MANUAL DO RETROFITING	83
A.1	Parâmetros gerais	83
A.2	Sistema de iluminação	83
A.3	Cargas elétricas	85
A.4	Linhas elétricas	86
A.5	Circuitos elétricos	88
A.6	Quadros de distribuição	88
A.7	Cabeamento estruturado	89
A.8	SPDA	89
A.9	SDAI	91

1 Introdução

No decorrer da história, a humanidade vem utilizando os recursos energéticos naturais para aumentar sua produtividade, qualidade de vida e desenvolver suas civilizações. Dentre estes recursos, a eletricidade assumiu grande importância nos últimos séculos, culminando em um consumo de cerca de 25,5 mil TWh de energia em 2017, o que representa um aumento de 2,8% em relação ao ano anterior e ficando acima da média dos últimos dez anos. (British Petroleum, 2018).

Apesar de tais fatos, os sistemas de energia elétrica têm passado, nas últimas décadas, por grandes alterações em paradigmas de projeto, operação e manutenção de instalações, bem como modernização de processos, as quais estão associadas aos diversos avanços tecnológicos e preocupações com as mudanças climáticas, eficiência energética e sustentabilidade, segurança de suprimento, dentre outros aspectos. Nesse sentido, o aumento acelerado da demanda por energia elétrica em todo o mundo, associado à necessidade de diminuir a dependência por combustíveis fósseis, têm alavancado a busca por fontes de energia renováveis e a implementação de ações de eficiência energética.

O crescente aumento na demanda de energia elétrica traz a necessidade de investimentos na geração de energia e no desenvolvimento/implantação de novas fontes energéticas. Contudo, esta não é a única solução para atender ao crescimento da demanda. Estudos realizados pela Associação Brasileira de Empresas de Serviço de Conservação de Energia (ABESCO) apontam que é cerca de quatro vezes mais barato economizar 1 MWh do que realizar a geração desta mesma quantidade de energia. (ABESCO, 2017).

Assim, a área da Eficiência Energética ganha destaque como uma alternativa para reduzir a demanda mundial de energia. Ela pode ser definida como sendo a capacidade de realizar a mesma tarefa utilizando menos energia e é composta por um conjunto de medidas como, por exemplo, trocas de equipamentos por modelos mais eficientes, programas de etiquetagem e medidas de conscientização sobre o tema, dentre outros. (US National Policy Development Group, 2001).

Nesse cenário, constata-se que as edificações, de um modo geral, com o passar dos anos, tendem a se tornar obsoletas, seja pelos avanços tecnológicos atrelados a novas concepções de projeto, desenvolvimento de novos materiais e/ou equipamentos, bem como a perda de funcionalidade, decorrente de modificações de uso ou final de vida útil dos equipamentos. Nesse contexto, é de muita importância o estudo de técnicas para retrofitting ou reabilitação das edificações, sobremaneira as instalações elétricas, tendo em vista os impactos à saúde, segurança e meio ambiente que a má operação destes componentes podem ocasionar. (SANTOS, 2019)

Nesse contexto, este Trabalho de Conclusão de Curso possui enfoque na sistematização de atividades para levantamento de informações de instalações elétricas em uma edificação, por meio do estabelecimento de um fluxo de ações, a fim de ter uma referência para o início de trabalhos de retrofit. De forma a subsidiar os desenvolvimentos em pauta, realizou-se pesquisas bibliográficas para caracterizar os subprojetos que se inserem em um trabalho de retrofit de instalações elétricas, bem como definir as atividades necessárias e equipamentos para subsidiar o levantamento de informações com enfoque na revitalização de uma edificação. Por fim, para a verificação da aplicabilidade e limitação do protocolo de trabalho proposto, foram desenvolvidos dois estudos de caso em edificações da Universidade de Brasília, a saber: o edifício sede do Parque Tecnológico (PCTec) e o bloco FE-5 da Faculdade de Educação.

1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo sistematizar uma metodologia para levantamento de informações de instalações elétricas, de modo a subsidiar a elaboração de projetos de retrofit de edificações.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Compreender o ciclo de vida de uma edificação e, especificamente, das instalações elétricas;
- Caracterizar os subprojetos que compõem as instalações elétricas de uma edificação e sua relação com outros componentes/sistemas;
- Definir um fluxo de atividades para subsidiar o levantamento de informações de instalações elétricas de uma edificação;
- Desenvolver um estudo de caso em edificações reais, para avaliar a aplicabilidade e limitações do protocolo proposto.

1.2 Organização do Trabalho

Esse trabalho apresenta, no capítulo 2, a fundamentação teórica sobre o ciclo de vida das instalações, retrofit de instalações e normas técnicas. No capítulo 3, são apresentados os fluxogramas de atividades a serem desenvolvidos para a entrega de uma obra de retrofit de instalações elétricas. No capítulo 4, os resultados e discussão sobre a coleta de dados feita nesse período. E no capítulo 5, as considerações finais sobre o projeto.

2 Fundamentação Teórica

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica acerca dos estudos realizados neste trabalho de conclusão de curso. Nesse contexto, caracteriza-se o ciclo de vida das instalações elétricas, aspectos relacionados às instalações de instalações elétricas, bem como as normas técnicas que subsidiam o projeto, operação e manutenção de sistemas.

2.1 Ciclo de vida de instalações elétricas

De acordo com o (ANGARITA et al., 2020) as instalações elétricas devem seguir algumas diretrizes que serão tomadas como referência para o desenvolvimento de projetos elétricos. Tais critérios abrangem o ciclo de vida das instalações e se apresentam como elementos referencias para subsidiar a tomada de decisão e verificação de conformidade de produtos e serviços. A Figura 1 apresenta o fluxograma do ciclo de vida das instalações elétricas.

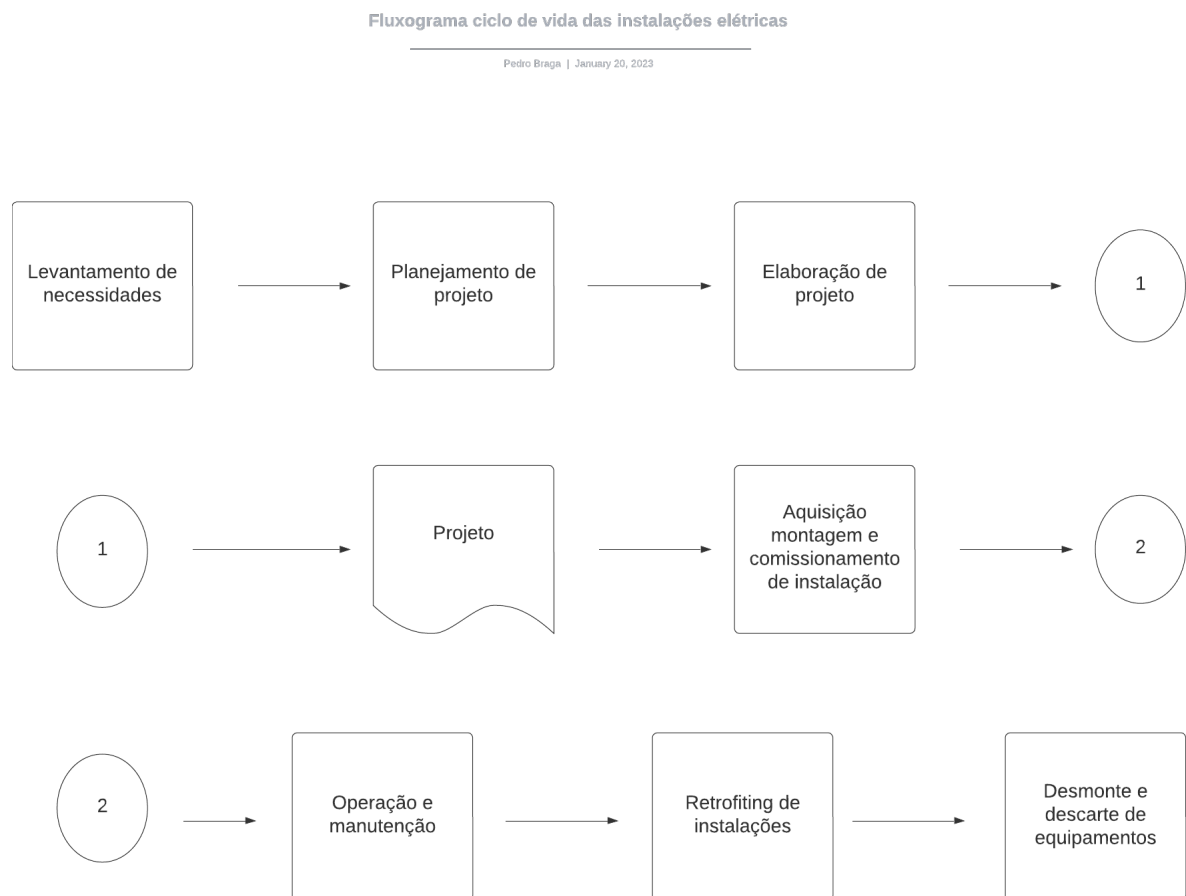


Figura 1 – Ciclo de vida de instalações elétricas. Fonte: Autoria própria

Nesse contexto, destacam-se as seguintes fases:

- Levantamento de necessidades e planejamento do projeto: Esta etapa deve ser norteada pela obtenção de requisitos e informações necessárias para subsidiar a execução das etapas subsequentes de projeto.
- Elaboração do projeto: Com base no levantamento de necessidades, procede-se à elaboração do projeto das instalações elétricas. Esta etapa se baseia na elaboração de cálculos e desenhos técnicos, bem como a adoção de soluções de engenharia, que garantam o funcionamento do sistema dentro dos requisitos mínimos de desempenho; não proporcionem riscos à saúde e segurança dos usuários; assegurem baixos impactos no ambiente; e flexibilizem a utilização, expansão e integração de novas tecnologias.
- Aquisição, montagem e comissionamento de instalações: com base no projeto executivo, procede-se às etapas subsequentes voltadas à aquisição e montagens de materiais/sistemas e realização de procedimentos para comissionamento de instalações, de forma a garantir que a execução do projeto foi realizada seguindo as melhores práticas de engenharia e que o início de operação se dará de forma segura.
- Operação e manutenção das instalações: em sequência, iniciam-se as etapas de operação e manutenção da instalação. Nesse sentido, as seguintes atividades podem integrar esta fase: garantir a operação dos equipamentos dentro das condições nominais; executar ações de manutenção corretiva e preventiva.
- Retrofitting de instalações: Ao longo da vida útil da instalação, pode ser necessária a realização de ações de retrofitting da instalação, de modo a garantir a continuidade de operação, viabilizar a inclusão de novas tecnologias e/ou modernizar o sistema.
- Desmonte e descarte de equipamentos: Ao longo do ciclo de vida da instalação, diversas ações de desmonte e descarte de equipamentos são necessárias, em função da montagem, operação e manutenção da instalação. Nesse sentido, esta fase deve levar em consideração o desmonte e descarte de equipamentos de acordo com as legislações ambientais e identificar a disponibilidade de planos de logística reversa de equipamentos (quando existentes) para descarte de materiais.

2.1.1 Retrofitting de instalações

O (ANGARITA et al., 2020) aponta que ao longo da vida útil do sistema elétrico podem ser feitas ações de retrofitting da instalação, visando a continuidade de operação e melhoria, incluindo novas tecnologias e modernizando o sistema.

O objetivo do retrofiting é a readequação e revitalização das instalações, substituição de equipamentos ao longo da vida útil do sistema e proporcionar a inclusão de novas tecnologias. Dentro desse âmbito, temos retrofiting de equipamentos, que engloba iluminação, condicionamento de ar e outras cargas, e o de infraestrutura, que prevê a substituição de cabos, eletrocalhas e eletrodutos, ampliação de quadros e afins.

2.1.1.1 Retrofitting do sistema de iluminação

O desenvolvimento de novos materiais e tecnologias tem possibilitado a obtenção de sistemas de iluminação com maior nível de eficiência, de forma a se fornecer um mesmo fluxo luminoso com um menor consumo energético. (ANGARITA et al., 2020)

A iluminação é atributo importante dos espaços internos e um dos aspectos essenciais ligados ao conforto do usuário, refletindo em questões de saúde e produtividade em espaços de trabalho e aprendizagem. Muitos são os fatores que influenciam na qualidade da iluminação, com o quais se deve lidar ao elaborar um projeto luminotécnico, tendo como objetivo também a eficiência energética.(ANGARITA et al., 2020) Alguns pontos levados em conta para o sistema de iluminação são:

- Luz
- Grandezas Luminotécnicas
- Comportamento Luminoso
- Fontes de Luz
- Conforto Luminoso
- Normas Técnicas

Para o atendimento desses parâmetros deve ser feito o levantamento de localização e tipologia de equipamentos de iluminação externa, interna e de emergência, avaliação luminotécnica dos ambientes, observação da necessidade de adoção de novas tecnologias, identificação de posição de dispositivos de acionamento e checagem da necessidade de ampliação e, ou, inclusão de novos dispositivos de acionamento.

2.1.1.2 Retrofitting do sistema de condicionamento de ar

As medidas de eficiência energética em sistemas de condicionamento ambiental visam reduzir a carga térmica que deve ser removida ou adicionada ao ambiente. Tais projetos podem ocorrer mitigando a carga térmica que deve ser removida ou adicionada ao ambiente (ANGARITA et al., 2020)

O (ANGARITA et al., 2020) diz que em relação à envoltória do edifício trata-se de um aspecto de difícil alteração no momento pós-obra, o que justifica a necessidade de um projeto elaborado com critérios técnicos. As normativas brasileiras definem parâmetros mínimos exigidos para o desempenho térmico das edificações em cada zona bioclimática do país, de acordo com a ABNT NBR 15.200.

Em termos de redução de carga térmica para fins de eficiência energética, a seleção dos equipamentos de consumo possui grandes impactos. Desde 1984, o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), contribui com o controle e racionalização do uso de energia no Brasil, informando os consumidores sobre as características de equipamentos e auxiliando na escolha por opções mais eficientes. Os equipamentos são classificados conforme um coeficiente de eficiência energética, mediante a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Desde 2001, a Lei n.º 10.295/2011, conhecida como Lei de Eficiência Energética, determina parâmetros mínimos que classificam os equipamentos em termos de consumo de energia, obtendo-se o selo PROCEL (ANGARITA et al., 2020).

Para o retrofiting deve ser feita a identificação dos equipamentos de condicionamento de ar existentes e a verificação da necessidade de modernização ou substituição dos mesmos por outros modelos.

2.1.1.3 Retrofitting de infraestrutura

Para a parte de infraestrutura devem ser observadas as cargas de uso geral e específico para a verificação de atendimento às necessidades do usuário. verifica-se também posicionamento de eletrodutos e eletrocalhas, dimensão das linhas elétricas, a facilidade de expansão e a necessidade de novos circuitos. Deve ser feita a avaliação de seção de condutores e compatibilidade com a carga, especificação de disjuntores, observada existência de condutor de proteção (PE), conformidades dos quadros de distribuição segundo a NR-10 e presença de dispositivos de proteção para que, caso haja não conformidade, os dispositivos possam ser substituídos e os circuitos, redimensionados para melhor atender o usuário.

2.2 Composição de Projeto de instalações elétricas para edificações

Via de regra, pode-se subdividir o projeto de instalações elétricas voltado para edificações em 6 subprojetos, os quais estão identificados na Figura 2.

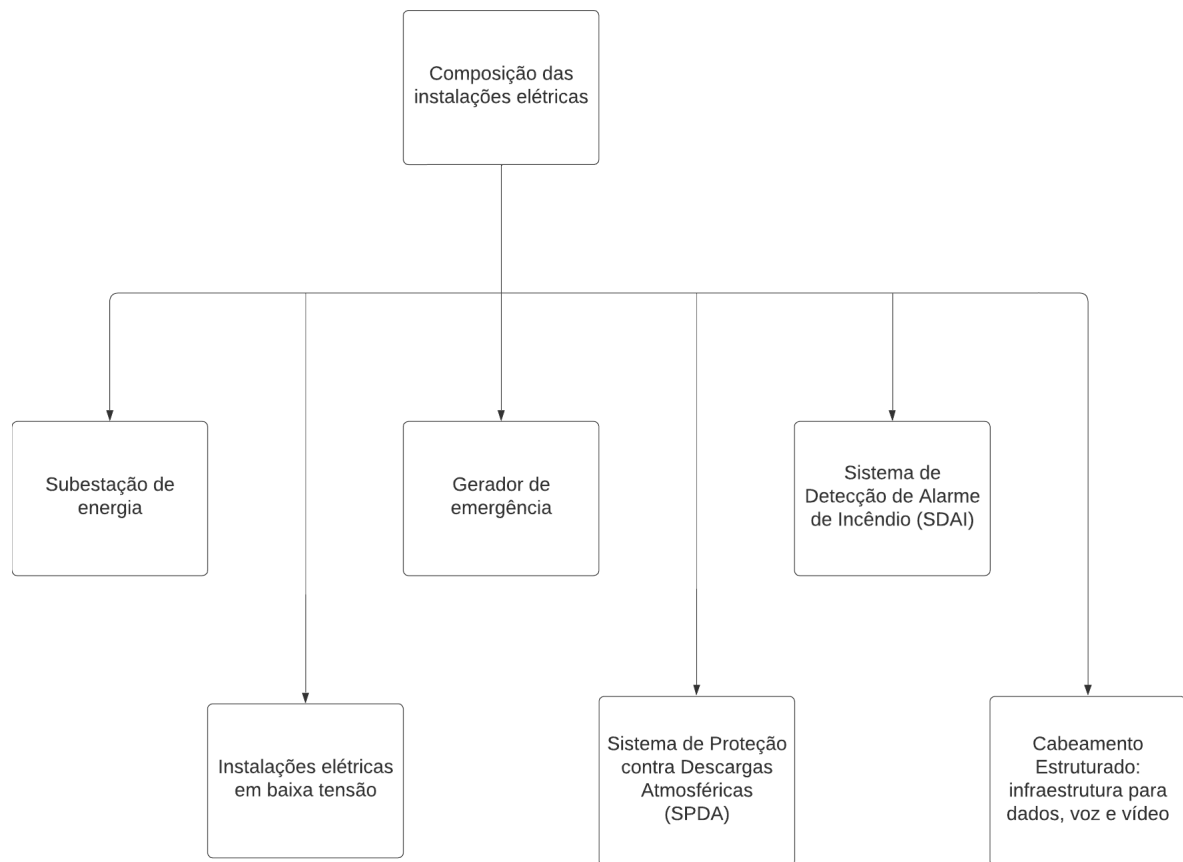


Figura 2 – Composição das instalações elétricas. Fonte: Autoria própria

A documentação básica que abrange o projeto de instalações elétricas contempla os seguintes itens:

- Memoriais de cálculo, abrangendo cada um dos subsistemas identificados anteriormente;
- Especificação técnica dos equipamentos utilizados na instalação;
- Entrada de energia, subestação e instalações elétricas em média tensão:

Pranchas referentes às instalações elétricas em média tensão da subestação de entrada, contemplando os seguintes itens: quadros, transformadores, seccionadoras, dispositivos de proteção, dentre outros componentes específicos da subestação. As pranchas conterão diagramas unifilares/trifilares dos quadros, bem como as características básicas de seus respectivos componentes;

- Instalações elétricas em baixa tensão:

Pranchas referentes às instalações elétricas de áreas internas das edificações (pavimentos térreo e superior) ou áreas externas, contemplando os seguintes itens:

iluminação, tomadas, acionamentos, quadros e outros componentes específicos, bem como o detalhamento de montagem e instalação de equipamentos;

As pranchas referentes às instalações elétricas conterão diagramas unifilares/trifilares, quadros de carga e demanda, e características técnicas de seus respectivos componentes dos quadros;

- Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA):

Pranchas de projeto de sistema de proteção contra descargas atmosféricas das edificações;

- Cabeamento estruturado Pranchas referentes nas instalações de cabeamento estruturado;
- Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio (SDAI):
Pranchas de projeto de sistema de proteção contra descargas atmosféricas das edificações.

2.3 Normas técnicas

Nesta seção podemos encontrar as normas técnicas que auxiliam e normalizam o retrofitting de instalações:

- ABNT NBR ISO/CIE 8995 - Datada de 2013, esse norma é oriunda de uma regulamentação internacional que determina as condições de iluminação adequadas em ambientes internos de trabalho ([ISO, 2018](#));
- ABNT NBR 15.575:2013 - Discorre sobre o desempenho de edificações habitacionais. Seu conteúdo versa basicamente sobre três grandes eixos: segurança, habitabilidade e sustentabilidade ([ABNT, 2021c](#));
- PBE Edifica - Existente desde 2010 para novas construções comerciais (RTQ-C) e residenciais (RTQ-R), o programa engloba critérios para avaliação de eficiência energética de edificações, envolvendo a fachada, envoltória, iluminação natural e artificial e condicionamento de ar;
- ABNT NBR 5410:2008 - Instalações elétricas em baixa tensão ([ABNT, 2004](#));
- ABNT NBR 5419:2015 - Proteção contra descargas atmosféricas ([ABNT, 2015](#));
- Norma Regulamentadora n.º 10 - Segurança em instalações e Serviços em eletricidade;

- ABNT NBR 14039:2005 – Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV ([ABNT, 2021a](#));
- ABNT NBR 17.240 - Regulamenta os critérios a serem observados na fase de projeto, instalação e manutenção dos SDAI ([ABNT, 2010](#));
- ABNT NBR 10898:2013 – Sistemas de iluminação de emergência ([ABNT, 2023](#));
- ABNT NBR 14565:2019 - Cabeamento estruturado para edifícios comerciais ([ABNT, 2019](#));
- ABNT NBR 13570 - Instalações elétricas em locais de afluência de público - Requisitos específicos ([ABNT, 2021b](#)).

3 Metodologia

Este capítulo apresenta aspectos metodológicos para o trabalho em pauta. Na sequência, apresenta-se a sistematização de um fluxo de atividades, o qual está separado por subprojeto, para levantamento de dados e obtenção de documentação técnica de instalações, a fim de subsidiar o retrofitting de uma edificação. Por fim, serão apresentadas informações sobre os estudos de caso.

3.1 Métodos para levantamento de dados

As principais ações que podem ser realizadas em uma instalação elétrica para levantamento de informações para subsidiar o retrofitting são:

1. Inspeção visual: é realizada no local da instalação elétrica e objetiva analisar a montagem dos componentes elétricos fixos e das medidas de proteção adotadas no projeto. Durante a inspeção visual, deve-se observar os seguintes itens:

- Conformidade: verificação da compatibilidade dos equipamentos elétricos com as indicações na documentação da instalação elétrica, que contém as normas específicas para construção.
- Integridade física: análise das condições físicas dos equipamentos elétricos utilizados na instalação elétrica, caso em que não devem estar danificados, faltando peças ou mal instalados.
- Acessibilidade: deve-se avaliar se as condições de montagem e localização dos equipamentos elétricos não restringem o acesso dos usuários durante operações ou manutenções.
- Medidas de proteção: deve-se verificar se as medidas de proteção contra choques elétricos e contra efeitos térmicos indicadas no projeto estão instaladas adequadamente
- Linhas elétricas: análise da instalação das linhas elétricas e condutores indicados na documentação da instalação elétrica. Além do mais, deve-se verificar a separação dos circuitos;

Além da inspeção visual, a instalação elétrica pode ser submetida a um conjunto de ensaios para complementar o levantamento de informações. Dentre as diversas possibilidades, destaca-se:

- Continuidade dos condutores: este ensaio visa determinar a continuidade dos condutores utilizados na instalação e identificação dos circuitos.

3.2 Instalações de baixa tensão

3.2.1 Sistema de iluminação

A Figura 3 apresenta o fluxo das atividades para levantamento de dados de sistema de iluminação da edificação.

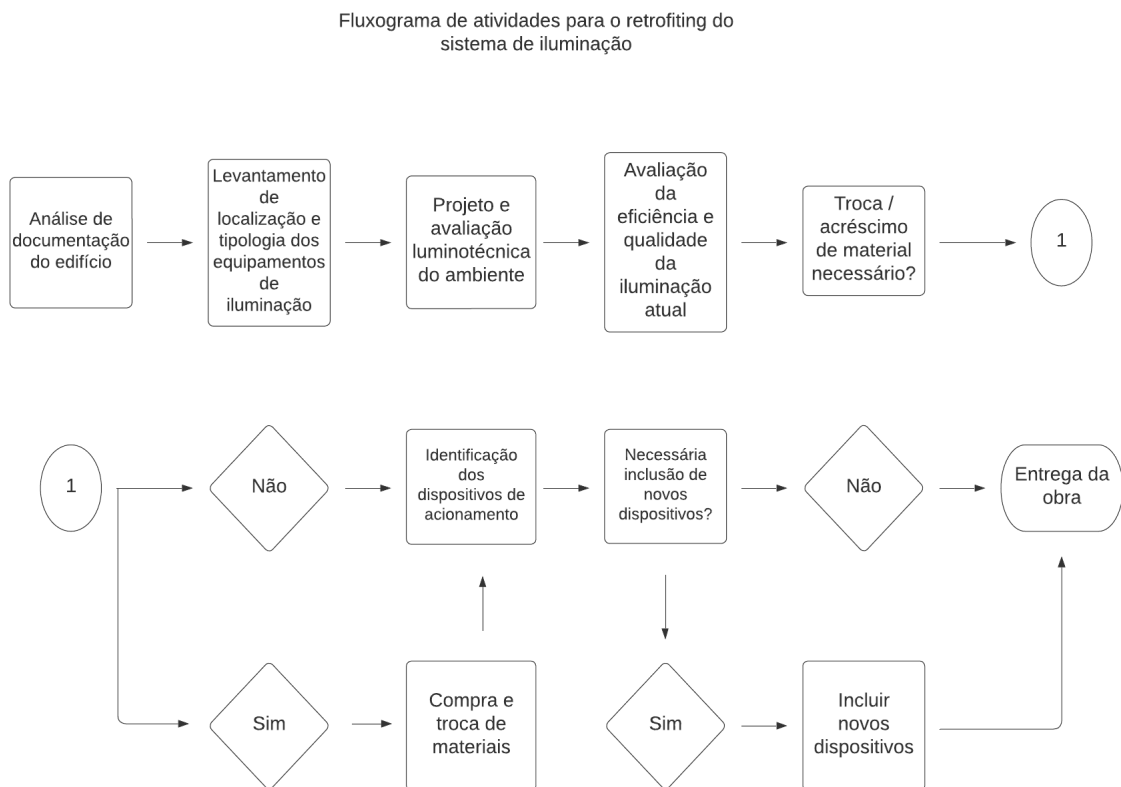


Figura 3 – Fluxo de atividades para o retrofiting luminoso. Fonte: Autoria própria

Para a etapa de projeto e avaliação luminotécnica podem ser utilizados um luxímetro ou pode ser feito um projeto luminotécnico com o programa de escolha do usuário.

3.2.2 Cargas elétricas

Após a verificação dos requisitos para o retrofiting do sistema de iluminação, será apresentado o fluxo de atividades para levantamento de dados referentes a cargas elétricas da edificação, como mostra a Figura 4.

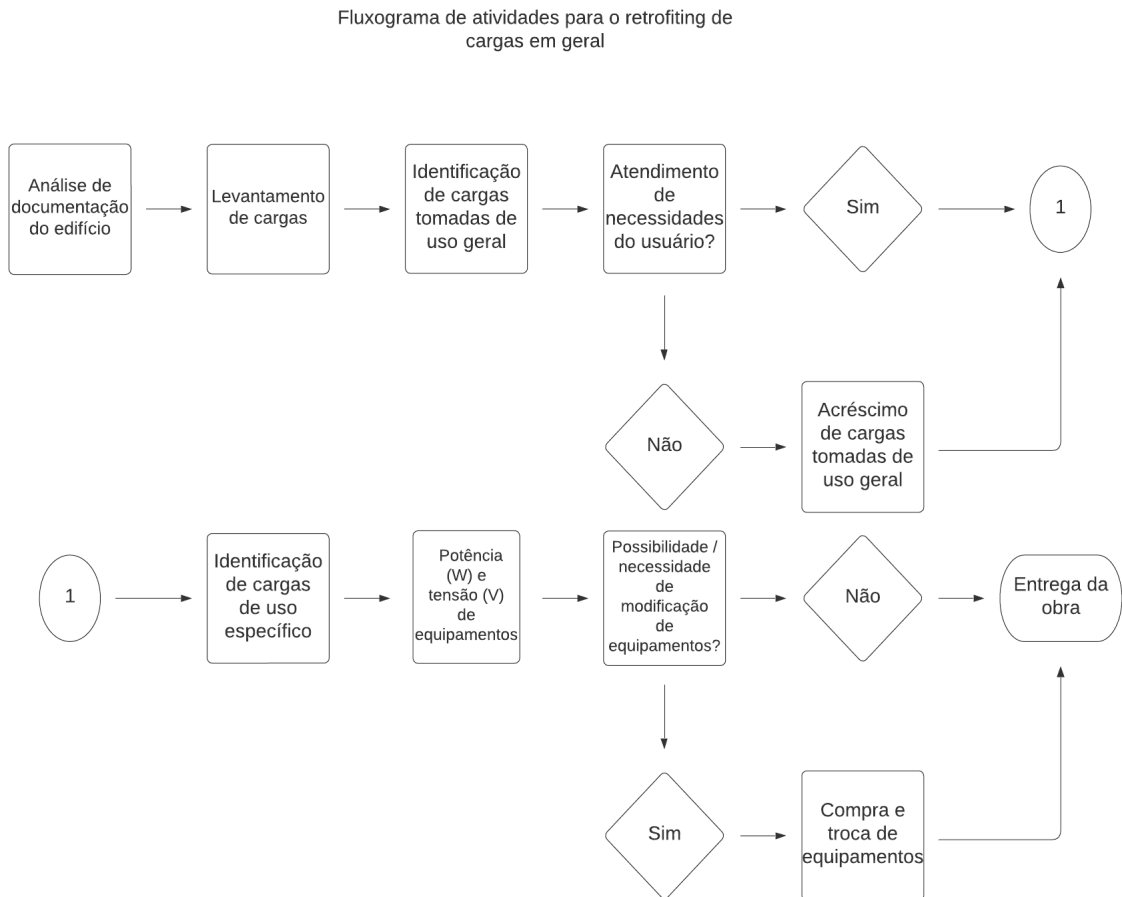


Figura 4 – Fluxo de atividades para o retrofiting de cargas de uso geral e de uso específico.
 Fonte: Autoria própria

3.2.3 Linhas elétricas

No que se refere às linhas elétricas, a Figura 5 apresenta o fluxo de atividades para obtenção das informações da edificação.

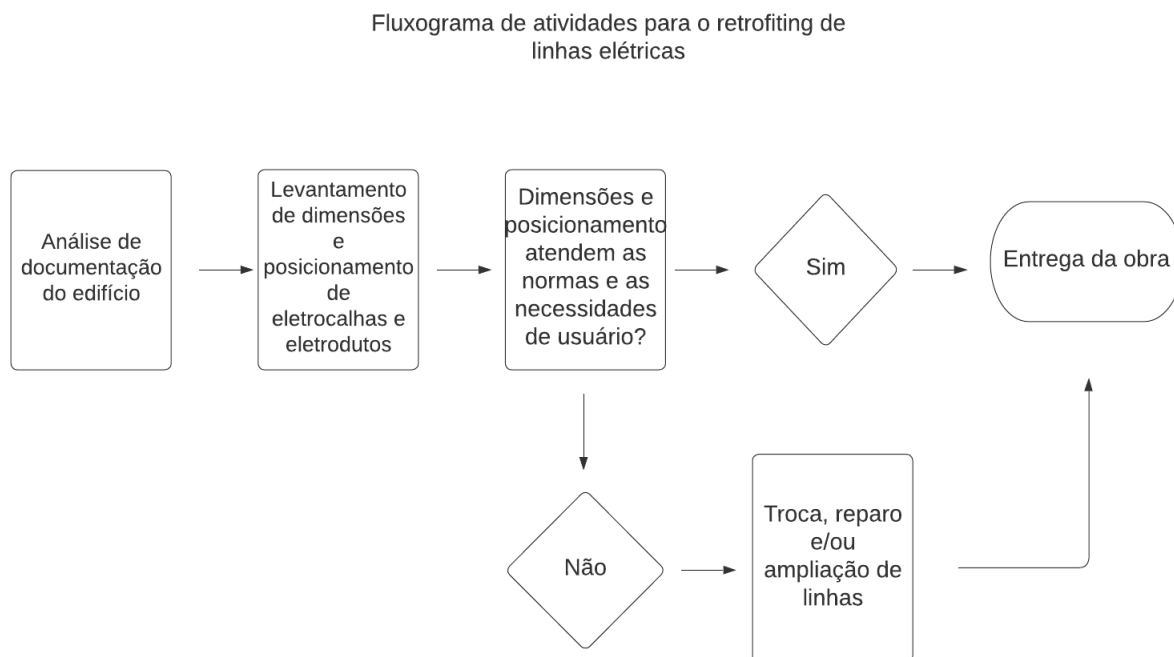


Figura 5 – Fluxo de atividades para o retrofitting de linhas elétricas. Fonte: Autoria própria

3.2.4 Circuitos elétricos

Os circuitos elétricos também devem ser analisados e, se necessário, reajustados. A Figura 6 apresenta o fluxo de atividades para obtenção de tais dados, sendo possível a utilização de um alicate amperímetro ou um multímetro.

3.2.5 Quadros de distribuição

Os quadros de distribuição também precisam ser observados e readequados de necessário, conforme mostra a Figura 7.

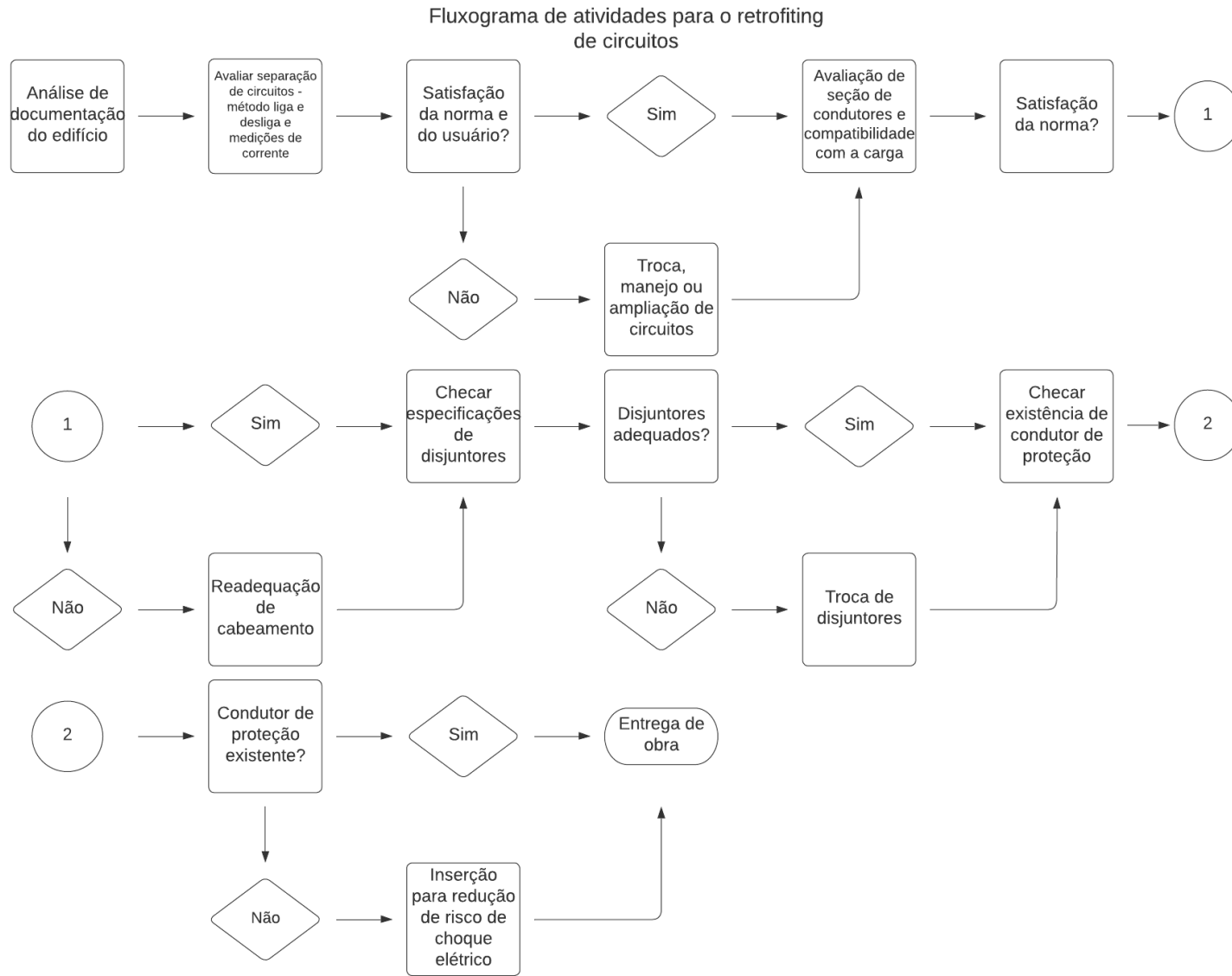


Figura 6 – Fluxo de atividades para o retrofitting de circuitos elétricos. Fonte: Autoria própria

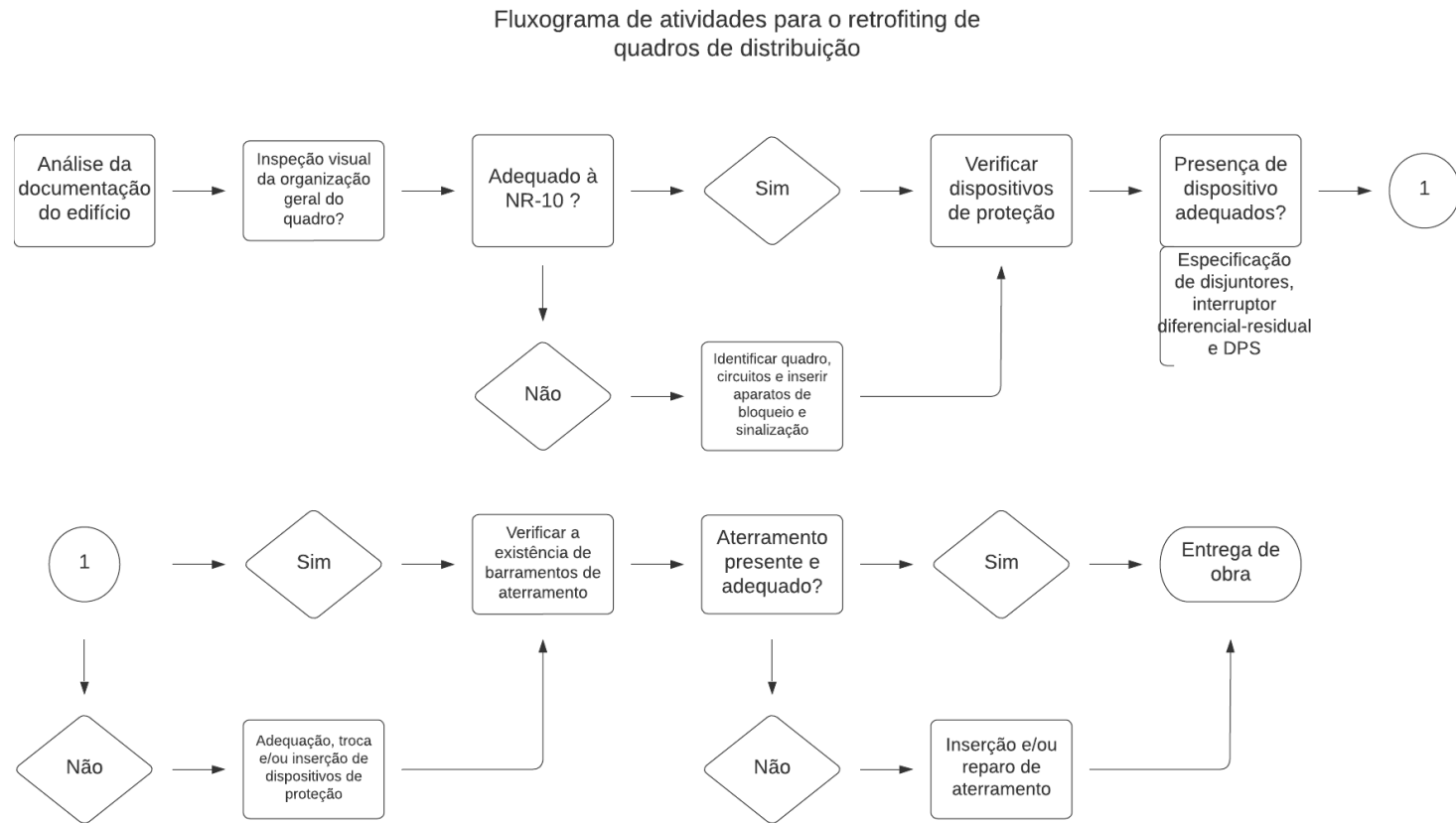


Figura 7 – Fluxo de atividades para o retrofiting de quadros de distribuição. Fonte: Autoria própria

3.3 Cabeamento estruturado

No que tange à infraestrutura de cabeamento estruturado, relacionado às necessidades de telefonia, áudio e vídeo do edifício, estes também precisam ser readequados se necessário, como mostra a Figura 8.

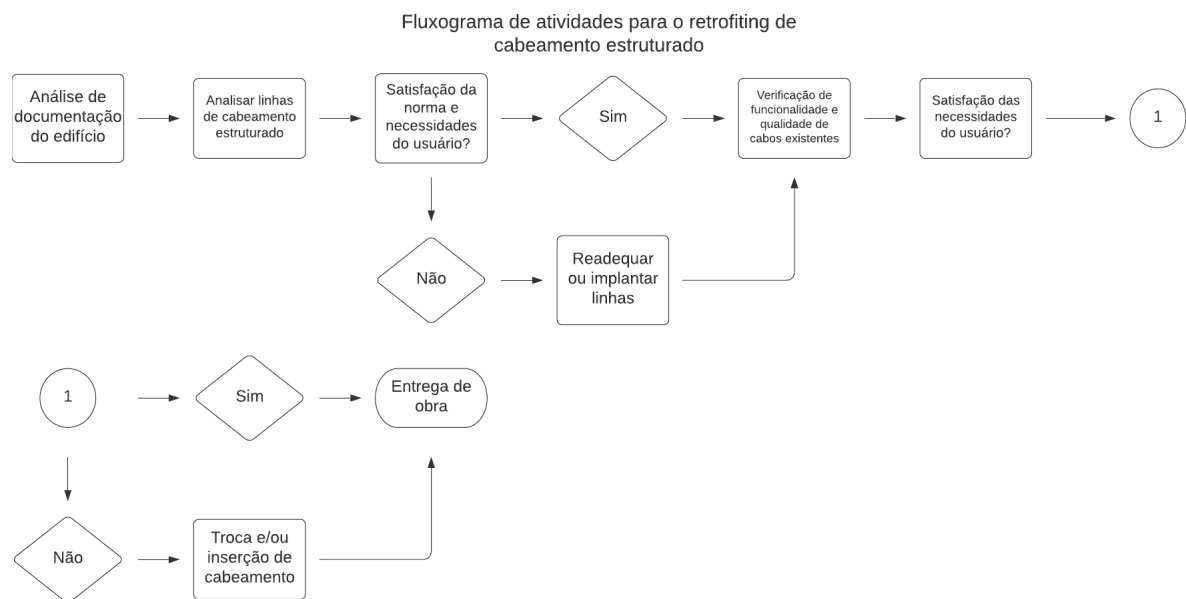


Figura 8 – Fluxo de atividades para o retrofiting de cabeamento estruturado. Fonte: Autoria própria

3.4 SPDA

A Figura 9 apresenta fluxo de trabalho para levantamento de informações de sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

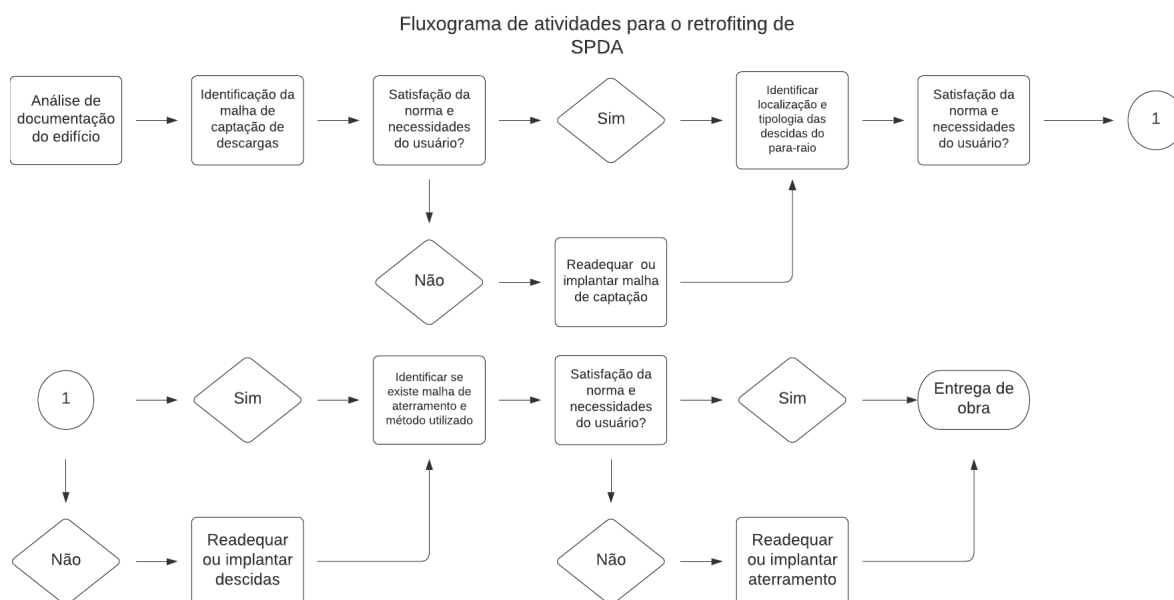


Figura 9 – Fluxo de atividades para o retrofiting de SPDA. Fonte: Autoria própria

3.5 SDAI

A Figura 10 apresenta fluxo de ações para levantamento de informações em sistema de detecção e alarme de incêndios.

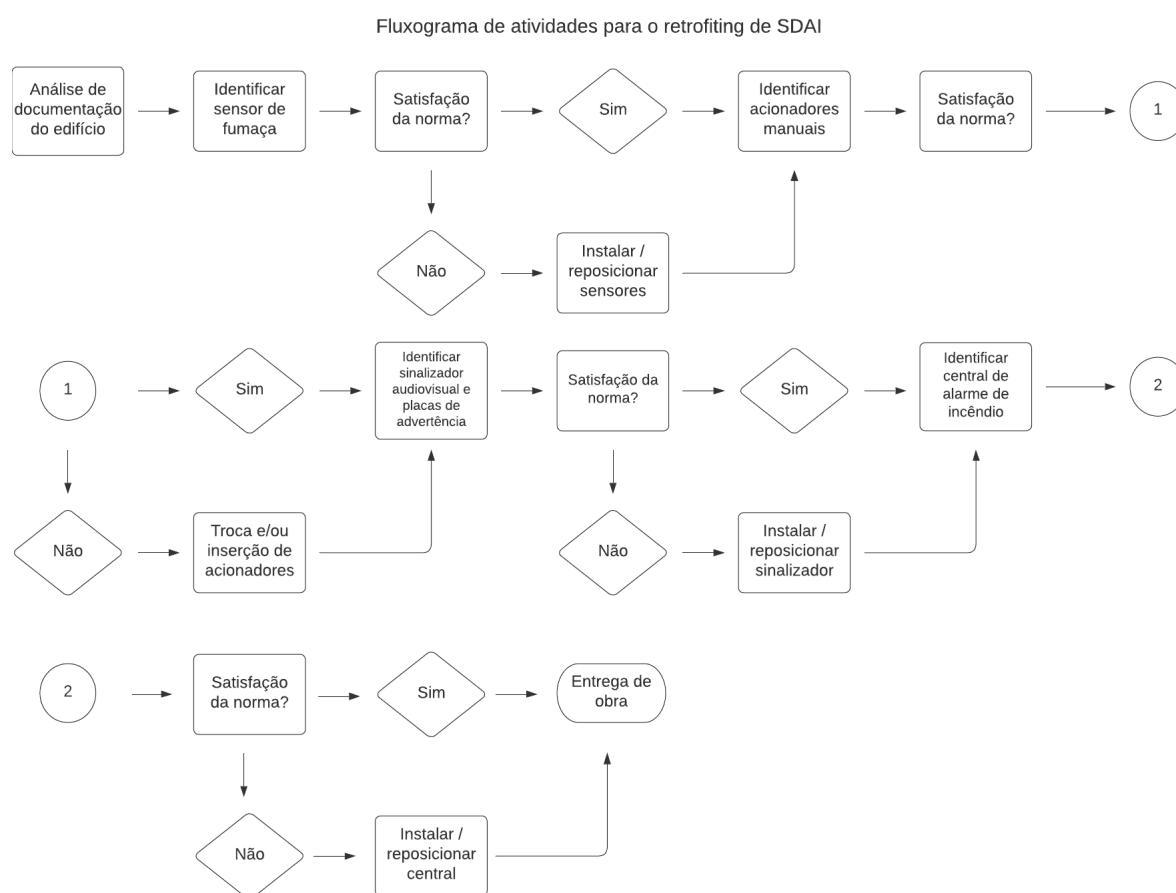


Figura 10 – Fluxo de atividades para o retrofiting de SDAI. Fonte: Autoria própria

3.6 Descrição dos Estudos de Caso

Tendo em vista a avaliação da aplicabilidade dos protocolos de levantamento de informações para retrofiting apresentados anteriormente, procedeu-se à realização de estudos de casos em edificações reais da Universidade de Brasília. Optou-se pela seleção de edificações com diferentes perfis de uso, facilidade de acesso e datas de construção, as quais utilizaram, em sua concepção, soluções de engenharia voltadas para cada perfil. Assim, optou-se pelas seguintes edificações:

- Edifício sede do Parque Tecnológico (PCTEC): órgão complementar da UnB com objetivo da promoção da inovação por meio de elos entre empresas e os pesquisadores da universidade. A edificação é composta por 54 salas e está localizada no Campus Darcy Ribeiro da UnB, conforme identificado nas Figuras 11 e 12.
- Bloco FE-5 da Faculdade de Educação: A FE ostenta um vínculo fundamental com a história da universidade, uma vez que ela ocupa os três primeiros prédios construídos no campus, a saber, FE-1, FE-3 e FE-5. Nestas edificações funcionaram os primeiros cursos da UnB, o auditório destinado às solenidades acadêmicas (Dois Candangos),

e a própria Reitoria. A edificação é composta por 31 salas e está localizada no Campus Darcy Ribeiro da UnB, conforme identificado nas Figuras 13 e 14.



Figura 11 – Vista superior do prédio PCTec



Figura 12 – Fachada do prédio PCTec



Figura 13 – Vista superior do prédio FE5



Figura 14 – Fachada do prédio FE5

4 Resultados e Discussão

4.1 Coleta de dados PCTec

Foi feita uma visita técnica ao prédio PCTec da Unb com a finalidade de se obter dados sobre as instalações elétricas ali presentes, fazendo a verificação das suas conformidades com a norma e necessidades de reforma a partir dos fluxogramas descritos na seção 3.1. A partir deles será realizada uma análise do que pode ser feito para o retrofit das instalações e também será abordada a funcionalidade e a praticidade de aplicação dos métodos de coleta de dados.

Ao início da visita foi constatado a falta da documentação da parte elétrica fiel do prédio, o que dificultou a análise das instalações. A documentação encontrada era antiga e o prédio teria passado por uma reforma sem que nenhuma mudança feita fosse documentada.

4.1.1 Sistema de iluminação

O sistema de iluminação apresentou um modelo de lâmpadas tubulares de 18W, com luminárias que comportavam 2 e 4 lâmpadas. As marcas se diferenciavam devido a alguma troca feita ao longo do tempo. As salas aparentavam estar bem iluminadas para as atividades desenvolvidas no local, mas não foi encontrada documentação referente aos estudos luminotécnicos do local. O modelo e a tipologia das lâmpadas podem ser observadas nas Figuras 15, 16, 17 e as quantidades de lâmpadas por sala pode ser observada pela Tabela 1.

Tabela 1 – Tabela de Lâmpadas PCTec

Sala	Lâmpadas
Pisac	12
Sala da escada	14
subsolo	15
Sala 5	6
Sala trancada	6
Sala Gurgel	4
Corredor	8
Entrada	13
WC masc serv	1
WC fem serv	1
copa	5
WC masc	2
WC fem	5
Coworking	41
Aquário	9
Mesanino	16
Corredor entrada	1
WC corredor	1
Sala de depósito de materiais	1
WC vassouras	1
Entrada	23
WC entrada	2
Reunião	8
Quadro energia	3
Copa reunião	1
Sala desconhecida	29
WC	3

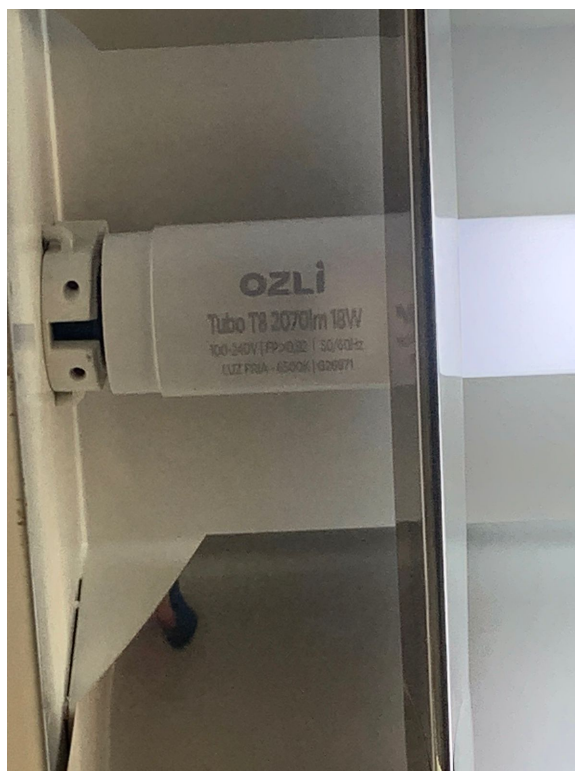


Figura 15 – Descrição da lâmpada



Figura 16 – Luminária dupla



Figura 17 – Luminária quádrupla

4.1.2 Cargas elétricas

O sistema de cargas foi encontrado com um grande número de tomadas de uso geral, que, pela disposição das pessoas no ambiente, não devem ser utilizadas em sua totalidade. Todavia, pela demanda de equipamentos utilizados e pelo número de pessoas por sala, são mais do que suficientes para atender as necessidades dos usuários. Algumas salas possuem ar-condicionado, sendo todos do tipo Sistema Split Piso/Teto Inverter, totalizando 4 em todo o prédio. A Tabela 2 apresenta as cargas de uso geral e específico por sala.

Tabela 2 – Tabela de tomadas e cargas específicas PCTec

Sala	Tomadas	Cargas específicas
Entrada	27	-
Sala de Reunião	8	-
Corredor da sala de Reunião	6	-
Sala de Estudos	51	1 ar-condicionado - 36.000 BTU
Corredor do Banheiro	1	-
WC	1	-
Entrada segundo bloco	18	-
Coworking	91	1 ar-condicionado - 36.000 BTU
WC masc	0	-
WC fem	0	-
Gestão de Projetos e Finanças	26	-
Coordenação de Ciência e Tecnologia	24	1 ar-condicionado - 60.000 BTU
Copa	25	-
Pisac	30	-
Banheiro	1	-
Sala 008-A	25	1 ar-condicionado - 60.000 BTU
Sala do Gerador	1	-

4.1.3 Linhas elétricas

Observa-se que as linhas são feitas através de eletrocalhas que passam por cima do forro do prédio, como pode ser observado nas Figuras 18 e 19. Os eletrodutos são visíveis para que cheguem até as tomadas e interruptores utilizados pelos usuários que estão representadas pelas Figuras 20, 21, 22 e 23. Em alguns pontos notou-se a existência de linhas que não chegavam a lugar algum quando da sua saída dos quadros de distribuição. Ainda conclui-se que algumas tomadas existiam, mas não era possível identificar os quadros cujas tomadas pertenciam. A falta da documentação adequada contribuiu para a não identificação das linhas.



Figura 18 – Eletrocalha para linhas elétricas.



Figura 19 – Eletrocalha e eletrodutos para linhas elétricas.



Figura 20 – Eletroduto com interruptor.



Figura 21 – Interruptor.



Figura 22 – Eletroduto com tomada de uso geral.



Figura 23 – Tomada de uso geral.

4.1.4 Circuitos elétricos

Devido à divisão mal feita entre os disjuntores dos prédios PCTeC e UnBTV, não foram encontrados todos os circuitos e nem realizada a conferência da seção de condutores, devido à falta de informação sobre a carga de cada circuito e a falta de tempo e condições de inspeção para serem feitas as análises. A seguir serão apresentadas as Tabelas 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12 com as identificações dos disjuntores e seus respectivos circuitos encontrados.

Tabela 3 – Quadro: DS-GRH-103 - Sala 02

Disjuntor	Status	Local
1	Ligado	Não encontrado
2	Ligado	Não encontrado
3	Ligado	Não encontrado
4	Ligado	Sala 02
5	Ligado	Subsolo
6	Ligado	Não encontrado
7	Ligado	Não encontrado
8	Ligado	Não encontrado
9	Ligado	Sala 02
10	Ligado	Não encontrado

Tabela 4 – Quadro: DS-GRH-106 - Sala 02

Disjuntor	Status	Local
1	Ligado	Não encontrado
2	Ligado	Não encontrado
3	Ligado	Chuveiro WC feminino (depósito de limpeza)
4	Ligado	Não encontrado
5	Ligado	Não encontrado
6	Ligado	Não encontrado
7	Ligado	Ar condicionado - Direção (sala 11)
8	Ligado	Ar condicionado - Coordenação (sala 6)
9	Ligado	Não encontrado
10	Ligado	Sala do servidor (não verificado)
11	Ligado	Sala do servidor (não verificado)
12	Ligado	Não encontrado
13	Ligado	Não encontrado
14	Ligado	Não encontrado

Tabela 5 – Quadro: DS-GRH-095 - Sala 06

Disjuntor	Status	Local
1	Ligado	Não encontrado
2	Ligado	Não encontrado
3	Ligado	Não encontrado
4	Ligado	Não encontrado
5	Ligado	Não encontrado
6	Ligado	Não encontrado
7	Ligado	Não encontrado
8	Ligado	Não encontrado
9	Ligado	Não encontrado
10	Ligado	UnBTV
11	Ligado	Não encontrado
12	Ligado	Não encontrado
13	Ligado	Não encontrado
14	Ligado	Não encontrado
15	Ligado	Não encontrado
16	Ligado	Não encontrado
17	Ligado	Não encontrado

Tabela 6 – Quadro: DS-GRH-101 - Sala 06

Disjuntor	Status	Local
1	Ligado	Não encontrado
2	Ligado	Não encontrado
3	Ligado	Corredor da entrada
4	Ligado	Iluminação (direção e sala 05)
5	Ligado	Iluminação banheiros principais
6	Ligado	Não encontrado
7	Ligado	Não encontrado
8	Ligado	Não encontrado
9	Ligado	Não encontrado
10	Ligado	Não encontrado
11	Ligado	Não encontrado
12	Ligado	Não encontrado
13	Ligado	Não encontrado
14	Ligado	Não encontrado
15	Ligado	Não encontrado
16	Ligado	Não encontrado
17	Ligado	Não encontrado
18	Ligado	Não encontrado
19	Ligado	Não encontrado
20	Ligado	Não encontrado

Tabela 7 – Quadro: QDE 02 - Sala 06

Disjuntor	Status	Local
1	Ligado	Não encontrado
2	Ligado	Não encontrado
3	Ligado	Não encontrado
4	Ligado	Não encontrado
5	Ligado	Não encontrado
6	Ligado	Não encontrado
7	Ligado	Não encontrado
8	Ligado	Não encontrado
9	Ligado	Não encontrado
10	Ligado	Não encontrado
11	Ligado	Não encontrado
12	Ligado	Não encontrado
13	Ligado	Não encontrado
14	Ligado	Não encontrado
15	Ligado	Não encontrado
16	Ligado	Não encontrado
17	Ligado	Não encontrado
18	Ligado	Não encontrado
19	Ligado	Não encontrado
20	Ligado	Não encontrado

Tabela 8 – Quadro: DS-GRH-105 - Corredor sala 35

Disjuntor	Status	Local
1	Desligado	Não encontrado
2	Desligado	Não encontrado
3	Desligado	Corredor da entrada
4	Desligado	Iluminação (direção e sala 05)
5	Desligado	Iluminação banheiros principais
6	Desligado	Não encontrado
7	Desligado	Não encontrado
8	Desligado	Não encontrado
9	Ligado	Não encontrado
10	Ligado	Não encontrado
11	Ligado	Não encontrado
12	Desligado	Não encontrado
13	Desligado	Não encontrado
14	Desligado	Não encontrado
15	Desligado	Não encontrado
16	Desligado	Não encontrado
17	Desligado	Não encontrado
18	Desligado	Não encontrado
19	Desligado	Não encontrado
20	Desligado	Não encontrado

Tabela 9 – Quadro: QDF 01 - Corredor da sala 35

Disjuntor	Status	Local
1	Desligado	Não encontrado
2	Desligado	Não encontrado
3	Desligado	Não encontrado
4	Desligado	Não encontrado
5	Desligado	Não encontrado
6	Desligado	Não encontrado
7	Desligado	Não encontrado
8	Desligado	Não encontrado
9	Desligado	Não encontrado
10	Desligado	Não encontrado
11	Desligado	Não encontrado
12	Ligado	Não encontrado
13	Ligado	Não encontrado
14	Ligado	Corredor quadro/tomadas: reunião, sala 2: part. 132/emergência
15	Ligado	Tomadas sala 2: part 4
16	Ligado	Sala 2 (sem banheiro)
17	Ligado	Não encontrado (refletor)
18	Ligado	Não encontrado
19	Ligado	Copa/banheiro sala 2: part 1
20	Ligado	Reunião, Entrada, corredor, limpeza (geral)
21	Ligado	Iluminação (quadro e entrada reunião)
22	Ligado	Portão parte de trás

Tabela 10 – Quadro: QDE 01 - Corredor da sala 35

Disjuntor	Status	Local
1	Desligado	Não encontrado
2	Desligado	Não encontrado
3	Desligado	Não encontrado
4	Desligado	Não encontrado
5	Desligado	Não encontrado
6	Desligado	Não encontrado
7	Desligado	Não encontrado
8	Desligado	Não encontrado
9	Desligado	Não encontrado
10	Ligado	Não encontrado (possivelmente UnBTV)
11	Ligado	Não encontrado (possivelmente UnBTV)
12	Ligado	Não encontrado (possivelmente UnBTV)
13	Ligado	Não encontrado (possivelmente UnBTV)
14	Ligado	Não encontrado (possivelmente UnBTV)
15	Ligado	Não encontrado (possivelmente UnBTV)
16	Ligado	Não encontrado (possivelmente UnBTV)
17	Ligado	Não encontrado (possivelmente UnBTV)
18	Ligado	Não encontrado (possivelmente UnBTV)

Tabela 11 – Quadro: DS-GRH-104 - Sala 32

Disjuntor	Status	Local
1	Ligado	Não encontrado
2	Ligado	Não encontrado
3	Ligado	Iluminação limpeza
4	Ligado	Tomada limpeza
5	Ligado	Portão
6	Ligado	Não encontrado
7	Ligado	Não encontrado
8	Ligado	Não encontrado
9	Ligado	Não encontrado
10	Ligado	Não encontrado
11	Ligado	Guarita: Iluminação e tomada

Tabela 12 – Quadro: QDE 05 - Sala 32

Disjuntor	Status	Local
1	Ligado	Não foi possível identificar
2	Ligado	Não foi possível identificar
3	Ligado	Não foi possível identificar
4	Ligado	Não foi possível identificar
5	Ligado	Não foi possível identificar
6	Ligado	Não foi possível identificar
7	Ligado	Não foi possível identificar
8	Ligado	Não foi possível identificar
9	Ligado	Não foi possível identificar
10	Ligado	Não foi possível identificar
11	Ligado	Não foi possível identificar
12	Ligado	Não foi possível identificar
13	Ligado	Não foi possível identificar
14	Ligado	Não foi possível identificar

4.1.5 Quadros de distribuição

No prédio foram encontrados 10 quadros de distribuição. Neles, apresentavam-se os equipamentos de proteção necessários, como condutor de proteção e DPS. Os quadros possuíam, também, uma descrição para os disjuntores, mas tal descrição não se adequava à realidade na maioria dos casos. Os equipamentos apresentavam também barramentos de aterramento em todos eles. Os quadros podem ser observados nas Figuras 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33. A descrição de disjuntores encontrada no prédio não será apresentada devido a falta de correspondência com a realidade. De todo modo, o que foi possível identificar quanto a disjuntores e circuitos foi apresentado na seção 4.1.4 deste trabalho.

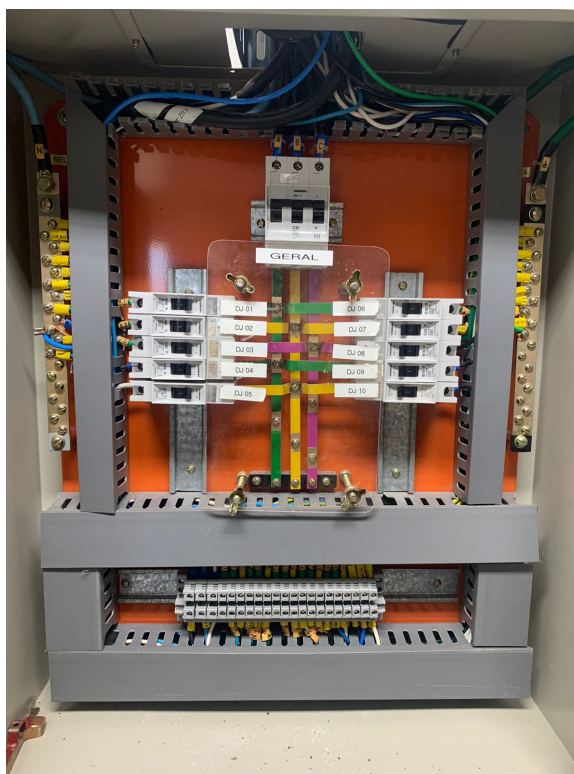


Figura 24 – Quadro DS-GRH-103



Figura 25 – Quadro DS-GRH-106

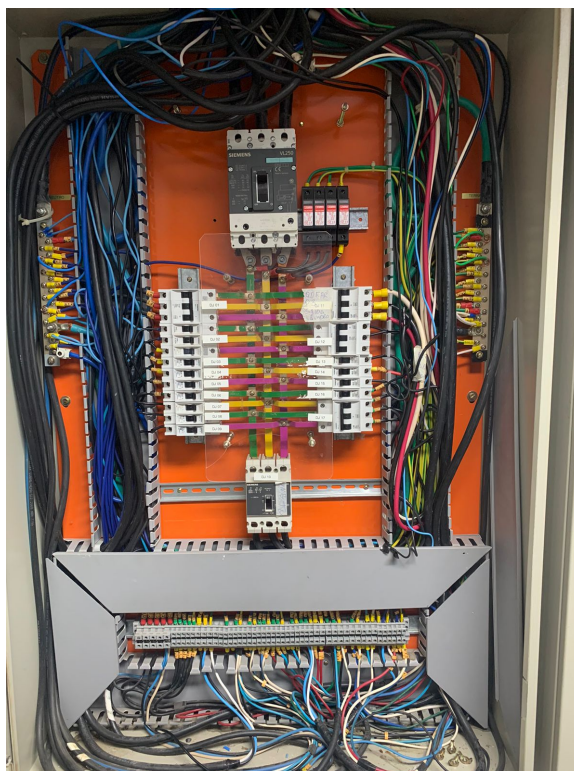


Figura 26 – Quadro DS-GRH-097

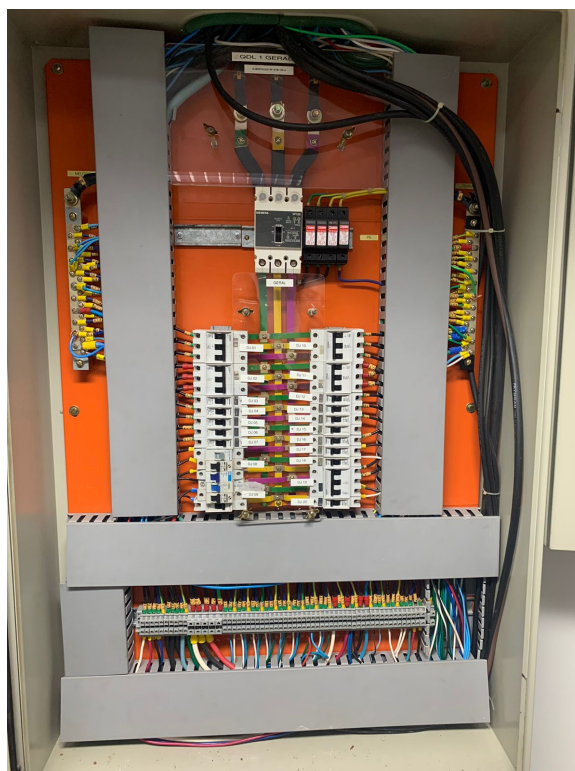


Figura 27 – QuadroDS-GRH-101

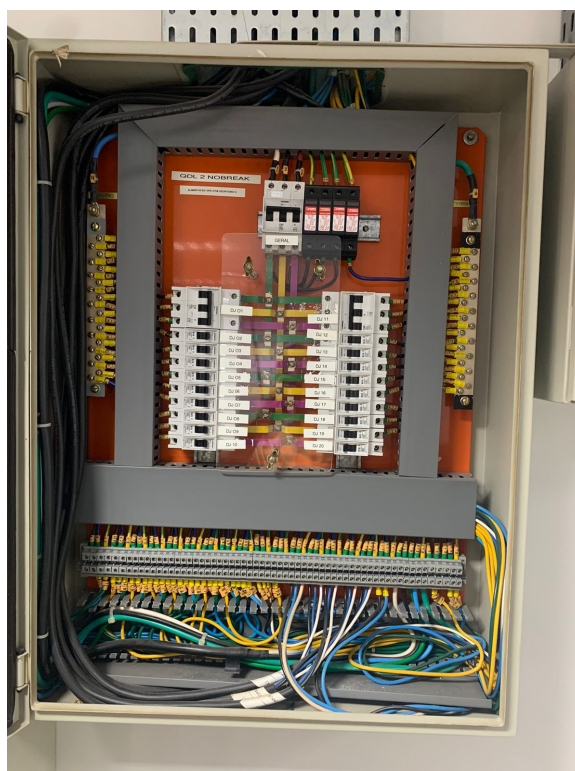


Figura 28 – Quadro QDE-02

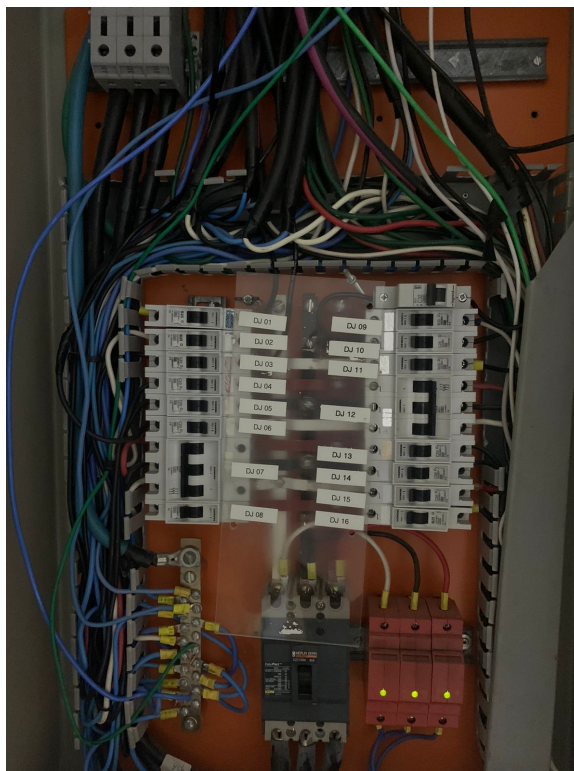


Figura 29 – Quadro DS-GRH-105

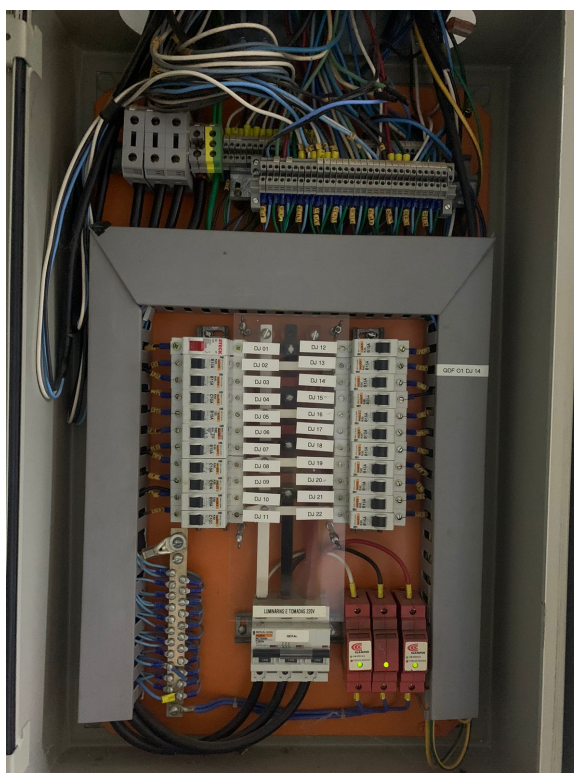


Figura 30 – Quadro QDF-01

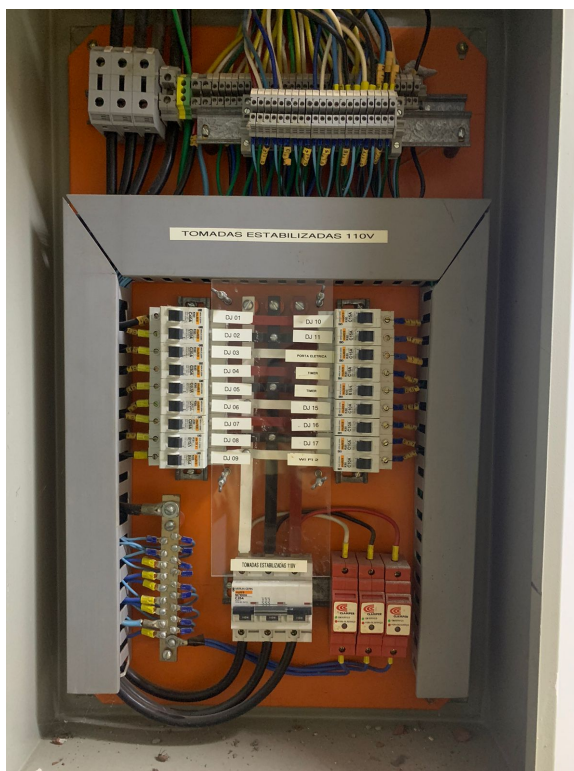


Figura 31 – Quadro QDE-01

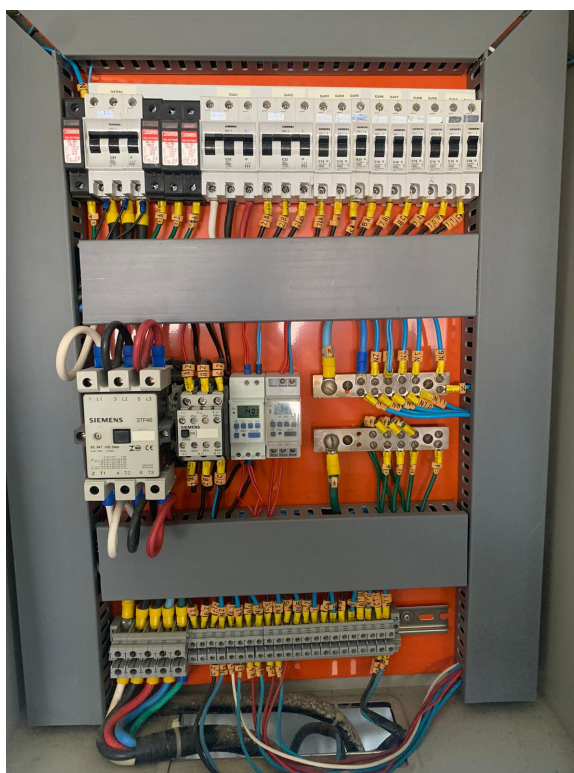


Figura 32 – Quadro DS-GRH-104



Figura 33 – Quadro QDE-05

4.1.6 Cabeamento estruturado

Apesar da falta de documentação sobre o cabeamento estruturado, foram identificadas eletrocalhas e eletrodutos específicos para o cabeamento estruturado e todas as salas com computadores, projetores e afins possuem eletrodutos para satisfazer as necessidades do usuário. A seguir são apresentadas as Figuras 34, 35 e 36 das eletrocalhas que saem da sala do servidor de internet. Através do teto direcionam os cabos às salas.



Figura 34 – Eletrocalha para cabeamento estruturado



Figura 35 – Disposição dos cabos na eletrocalha

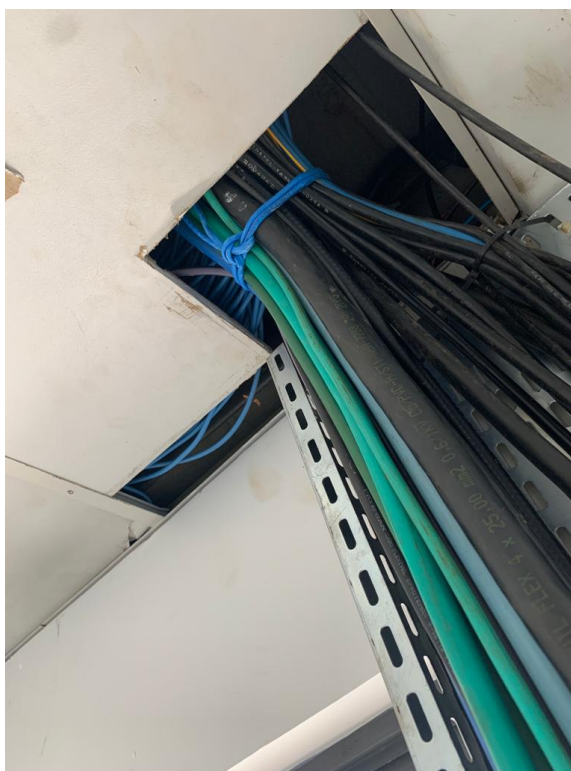


Figura 36 – Entrada da eletrocalha para o forro da edificação

4.1.7 SPDA

Em que pese a falta de documentação disponível referente ao sistema de SPDA, foram encontradas descidas de para-raios, que podem ser observadas nas Figuras 37, 38, 39 e 40. Também foram identificados capttores presentes na parte superior do prédio, os quais se apresentam nas Figuras 41 e 42, Todavia, as caixas do para-raio não foram avistadas nas proximidades.



Figura 37 – Descida do para-raio



Figura 38 – Descida do para-raio



Figura 39 – Descida do para-raio

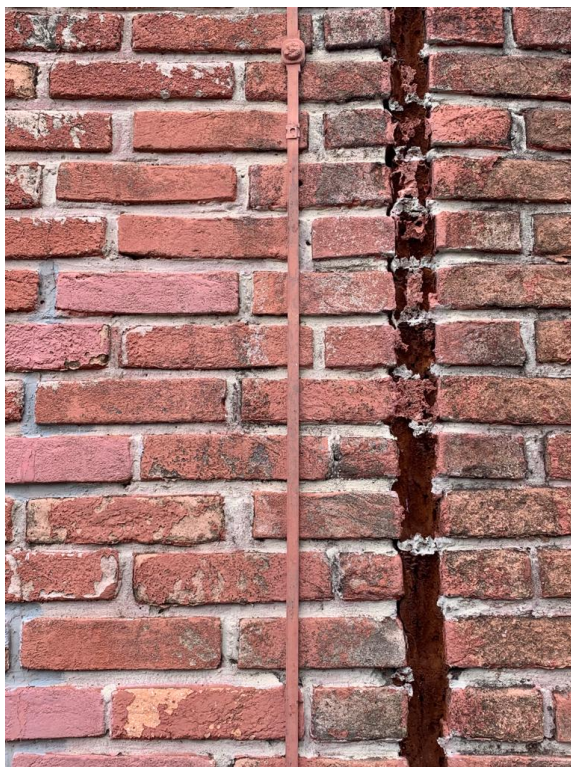


Figura 40 – Descida do para-raio



Figura 41 – Captores do SPDA



Figura 42 – Captores do SPDA

4.1.8 SDAI

Não foi encontrada documentação sobre o SDAI. O prédio não possui central de alarme de incêndio e nem acionadores manuais, existindo apenas 1 extintor de incêndio e sensores detectores de fumaça nas salas, os quais podem ser observados nas Figuras 43 e 44.



Figura 43 – Detector de fumaça



Figura 44 – Detector de fumaça

4.2 Coleta de dados FE5

Também foi realizada uma visita técnica ao prédio FE5 da UnB a fim de obter mais dados sobre as instalações, de modo que se confirme ou não a eficácia do fluxo de atividades feito na seção 3.1 deste trabalho.

A visita foi feita sem o auxílio de nenhuma documentação da parte elétrica do prédio, o que dificultou as análises e a aplicação de algumas atividades citadas nos fluxogramas.

4.2.1 Sistema de Iluminação

O sistema de iluminação da FE5 pode ser descrito pela Tabela 13 apresentada abaixo, em que serão apresentados os tipos de lâmpadas, modelos e quantidades por sala. Apesar de não terem sido encontrados estudos luminotécnicos do prédio, as Figuras 45, 46, 47, 48, 49, 50 e 51 apresentarão as lâmpadas avistadas no local.

Tabela 13 – Tabela de Lâmpadas FE5

Sala	Lâmpadas		
	Luminária	Lâmpadas em cada luminária	Total
SALA DE AMAMENTAÇÃO	1	2	2
AT38/1	4	2	8
ENTRADA	16	2	32
ENTRADA	2	4+2	12
ENTRADA	2	2	4
SALA DE AMAMENTAÇÃO	3	2	6
AT 34 12	Indisponível		
CORREDOR	8	2	16
LAB CIÊNCIAS	8	2	16
FE SALA 3	8	2	16
FE SALA 4	8	2	16
FE SALA 5	8	2	16
FE SALA 06	12	2	24
PASSAGEM	-	5	5
CANTINA XEROX	12	2	24
BT 20/13	4	8+8+4+4	24
BT 16/13	4	8+8+4+4	24
BT 09/13	4	12	48
BT 08/15	4	14	48
BT 08/15	-	-	-
CORREDOR MENOR	2	2	4
HALL BANHEIRO	4	4	16
corredor maior	-	-	0
BT 32/10 BANHEIRO	3	2	6
BT 38/10 BANHEIRO	3	2	6
corredor	8	2	16
BT 39/13	4+4	4+8	16+32 (48)
BT 47/13	4+4	4+8	16+32 (48)
BT 55/13	4+4	4+8	16+32 (48)
BT 62/13	4	12	48
BT 70/15	4	12	48
Jardim	6	1	6



Figura 45 – Lâmpada FE5



Figura 46 – Lâmpada FE5



Figura 47 – Lâmpada auditório FE5



Figura 48 – Lâmpada auditório FE5



Figura 49 – Lâmpada jardim FE5



Figura 50 – Disposição de lâmpadas sala de aula FE5



Figura 51 – Luminária da sala de aula FE5

4.2.2 Cargas elétricas

O sistema de cargas da FE5 é composto principalmente por lâmpadas e ar-condicionados e foram os únicos itens levados em consideração neste levantamento. Tais objetos podem ser observados nas Tabelas [14](#) e [15](#).

Tabela 14 – Tabela de cargas específicas FE5

Sala	Ar-condicionado		
	Tipo	Marca	Capacidade (BTU)
AMAMENTAÇÃO	-	-	-
AT38/1	-	-	-
ENTRADA	-	-	-
ENTRADA	-	-	-
ENTRADA	-	-	-
AMAMENTAÇÃO	-	-	-
AT 34 12	-	-	-
CORREDOR	-	-	-
LAB CIÊNCIAS	-	-	-
FE SALA 3	-	-	-
FE SALA 4	-	-	-
FE SALA 5	SPLIT PISO TETO	ELGIN	60K BTU
FE SALA 06	SPLIT PISO TETO	ELGIN	60K BTU
PASSAGEM	-	-	-
CANTINA XEROX	-	-	-
BT 20/13	FUJITSU R22	-	-
BT 16/13	AR SPLIT	ELGIN ECOINVERTER	18K BTU
BT 09/13	SPLIT	KOMECO	24K BTU
BT 08/15	JANELA	CONSUL	10K
BT 08/15	PISO TETO	-	ELGIN 60K BTU
CORREDOR MENOR	-	-	-
HALL BANHEIRO	-	-	-
corredor maior	-	-	-
BT 32/10 BANHEIRO	-	-	-
BT 38/10 BANHEIRO	-	-	-
Corredor	-	-	-
BT 39/13	SPLT PISO TETO	ELGIN	48K BTU
BT 47/13	SPLT PISO TETO	ELGIN	48K BTU
BT 55/13	SPLT PISO TETO	ELGIN	48K BTU
BT 62/13	SPLT PISO TETO	ELGIN	48K BTU
BT 70/15	SPLT PISO TETO	ELGIN	48K BTU
Jardim	-	-	-

Tabela 15 – Tabela de tomadas FE5

Sala	Tomadas
AMAMENTAÇÃO	6
AT38/1	7
ENTRADA	6
ENTRADA	-
ENTRADA	-
AMAMENTAÇÃO	4
AT 34 12	-
CORREDOR	2
LAB CIÊNCIAS	5
FE SALA 3	5
FE SALA 4	5
FE SALA 5	5
FE SALA 06	8
PASSAGEM	-
CANTINA XEROX	-
BT 20/13	14
BT 16/13	14
BT 09/13	17
BT 08/15	21
BT 08/15	4
CORREDOR MENOR	-
HALL BANHEIRO	-
corredor maior	-
BT 32/10 BANHEIRO	-
BT 38/10 BANHEIRO	-
Corredor	13
BT 39/13	4
BT 47/13	4
BT 55/13	4
BT 62/13	3
BT 70/15	4
Jardim	3

4.2.3 Linhas elétricas

O cabos elétricos são passados através de eletrocalhas visíveis para cada sala e, para chegarem aos interruptores e tomadas foram usados eletrodutos visíveis ou internos às paredes como pode ser visto nas Figuras 52, 53, 54, 55.



Figura 52 – Eletrocalha FE5



Figura 53 – Eletrocalha FE5



Figura 54 – Eletroduto FE5



Figura 55 – Interruptor FE5

4.2.4 Circuitos elétricos

Devido ao tempo e condições de trabalho, não foram verificados os circuitos da FE5.

4.2.5 Quadros de distribuição

O edifício possui 5 quadros elétricos que não possuem a sinalização adequada, bem como não possuem a descrição dos disjuntores. Não foi permitido o acesso a um dos quadros por questões de segurança. Os outros podem ser observados nas Figuras 56, 57, 58, 59, 60, 61 e 62.

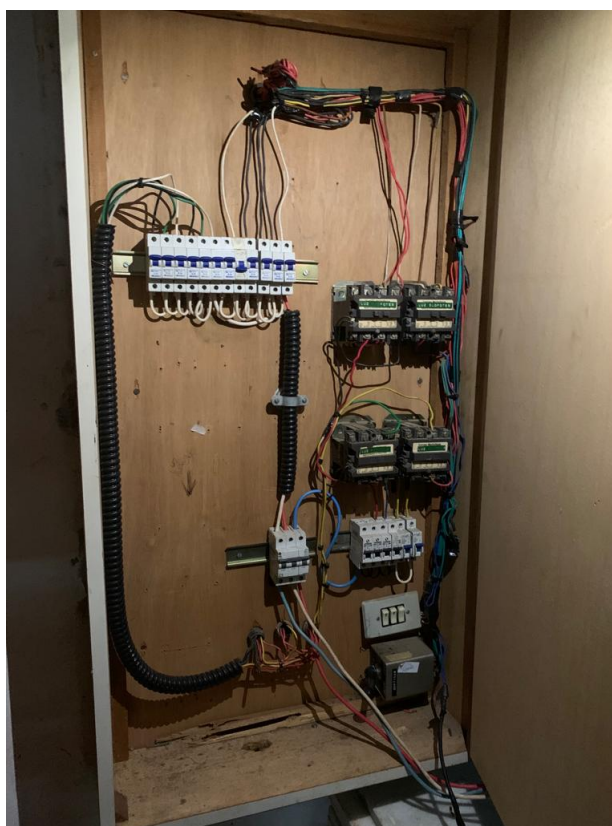


Figura 56 – Quadro do auditório



Figura 57 – Quadro 2 do auditório



Figura 58 – Porta do quadro 2 do auditório



Figura 59 – Quadro do corredor do banheiro



Figura 60 – Porta do quadro do corredor do banheiro



Figura 61 – Quadro do corredor do banheiro



Figura 62 – Porta do quadro do corredor do banheiro

4.2.6 Cabeamento estruturado

As linhas de cabeamento estruturado são feitas através de eletrocalhas visíveis e abastecem todas as salas. Elas passam próximas ao teto da edificação, como pode ser visto na Figura 63.



Figura 63 – Eletrocalha

4.2.7 SPDA

A FE5 não possui sistema de proteção contra descargas atmosféricas, apresentando apenas um para-raio no poste do disjuntor geral. Este sistema deve ser estudado e implementado ao edifício.

4.2.8 SDAI

Não foi implementado um sistema de detecção de alarme de incêndio no edifício. Como medida anti-incêndio, existe apenas um extintor de incêndio, Figura 64, e um mangotinho, Figura 65, mas não foram encontrados dispositivos de acionamento manual, sensores detectores de fumaça, e nem a central de alarme de incêndio.



Figura 64 – Extintor de incêndio FE5



Figura 65 – Mangueira de incêndio tipo 1 FE5

4.3 Resumo das edificações

Para uma visão geral do que foi encontrado nas edificações, serão apresentadas as Tabelas 16 e 17 que demonstraram o resumo dos dados encontrados em cada edificação.

Tabela 16 – Tabela resumo PCTec

	Presente	Quantidade	Documentação	Equipamentos
Salas	Sim	54	Sim	-
Sistema de iluminação	Sim	231	Não	Lâmpadas tubulares 18 W
Quadros de distribuição	Sim	10	Não	Disjuntores, DPS e Condutor PE e Sinalização
SPDA	Sim	-	Não	Malha de captação e descidas de para-raio
SDAI	Não	-	Não	Extintor e detectores de fumaça
Circuitos elétricos	Sim	-	Não	-
Linhas elétricas	Sim	-	Não	Eletrocalhas e eletrodutos visíveis
Cabeamento estruturado	Sim	-	Não	Eletrocalhas e eletrodutos visíveis

Tabela 17 – Tabela resumo FE-5

	Presente	Quantidade	Documentação	Equipamentos
Salas	Sim	31	Sim	-
Sistema de iluminação	Sim	659	Não	Lâmpadas tubulares 18 e 20 W, refletores 50 W
Quadros de distribuição	Sim	5	Não	Disjuntores, Condutor PE e Falta de sinalização
SPDA	Não	-	Não	-
SDAI	Não	-	Não	Extintor e Mangueira de incêndio
Circuitos elétricos	Sim	-	Não	-
Linhas elétricas	Sim	-	Não	Eletrocalhas visíveis e eletrodutos internos e externos a parede
Cabeamento estruturado	Sim	-	Não	Eletrocalhas e eletrodutos visíveis

5 Considerações finais

Os sistemas de energia elétrica estão inseridos em um processo de transição energética, com a incorporação de novos paradigmas de projeto, operação e manutenção de instalações, bem como com a modernização de processos, as quais estão associadas aos diversos avanços tecnológicos (computação, comunicações, dentre outros). Nesse sentido, o aumento acelerado da demanda por energia elétrica em todo o mundo, associado à necessidade de reduzir a utilização de combustíveis fósseis, tem alavancado a busca por fontes de energia renováveis e a implantação de ações que promovam a eficiência energética e o uso racional de energia.

Nesse contexto, o retrofitting de instalações se mostra como uma excelente alternativa, de modo a garantir a continuidade de uso de edificações, promover a preservação do patrimônio arquitetônico e histórico, viabilizar a inclusão de novas tecnologias e/ou modernizar o sistema. Assim, este Trabalho de Conclusão de Curso teve enfoque na apresentação de protocolos para sistematizar o levantamento de informações de instalações elétricas em uma edificação, de forma a subsidiar o início de trabalhos de retrofitting. Para a verificação da aplicabilidade e limitação de tais protocolos, foram desenvolvidos dois estudos de caso em edificações da Universidade de Brasília, a saber: o edifício sede do Parque Tecnológico (PCTec) e o bloco FE-5 da Faculdade de Educação.

O edifício PCTec apresentou deficiência quanto à documentação das instalações elétricas, de disjuntores, de estudos luminotécnicos, de SPDA e SDAI. Por ser um prédio mais recente, apresentava todo o modelo de eletrodutos visíveis ao usuário e quadros de distribuição em perfeito estado de funcionamento, apesar da falta de veracidade dos circuitos descritos com a realidade. Todas as documentações faltantes devem ser elaboradas e sistemas não implementados com o de SDAI devem ser inseridos e documentados.

O bloco FE-5 também apresentou deficiência quanto à documentação das instalações elétricas, de disjuntores, de estudos luminotécnicos, de SPDA e SDAI. Por ser um prédio mais antigo, algumas de suas linhas elétricas eram feitas por dentro das paredes do edifício e apresentavam quadros de distribuição sem organização, sinalização, documentação adequada e equipamentos de proteção. Para esse prédio devem ser elaboradas todas as documentações pendentes e a inserção e documentação do SPDA e SDAI.

De forma pontual, conclui-se que os fluxos de trabalho apresentados neste trabalho se mostraram úteis para nortear o levantamento de dados, sobremaneira em locais que apresentam pouca documentação técnica das instalações ou que foram submetidas a uma expansão não documentada. Nesse sentido, ao final da execução da etapa de levantamento de dados, consubstanciam-se as condições para tomada de decisão em relação a quais

elementos de instalações podem ser mantidos e/ou substituídos. Ressalta-se, por fim, que a etapa de coleta de dados, via de regra, demanda elevado tempo de execução, tendo em vista a necessidade de diversas visitas técnicas, identificação de elementos, dentre outros aspectos.

Trabalhos futuros podem se valer dos dados contidos neste trabalho para o desenvolvimento dos projetos de retrofiting, levando-se em consideração a infraestrutura existente e as necessidades de usuários identificadas ao longo da coleta de dados. Através desta metodologia também pode ser desenvolvido um software a fim de facilitar o armazenamento de dados coletados em instalações e criar um banco de dados das documentações de edificações da Universidade.

Referências

- ANGARITA, J. A. C. et al. *Acções de Eficiência Energética Associadas à Geração Distribuída: Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília*. Brasília: Casa 73, 2020. Citado 4 vezes nas páginas 18, 19, 20 e 21.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão*. [S.l.], 2004. Citado na página 23.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 17240: Sistemas de detecção de alarme de incêndio*. [S.l.], 2010. Citado na página 24.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5419: Proteção contra descargas atmosféricas*. [S.l.], 2015. Citado na página 23.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14565: Cabeamento estruturado para edifícios comerciais*. [S.l.], 2019. Citado na página 24.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão*. [S.l.], 2021. Citado na página 24.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14565: Instalações elétricas em locais de afluência de público - requisitos específicos*. [S.l.], 2021. Citado na página 24.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15575-1: Edificações habitacionais*. [S.l.], 2021. Citado na página 23.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10898: Sistema de iluminação de emergência*. [S.l.], 2023. Citado na página 24.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *NBR 8995-3: Lighting of work places*. [S.l.], 2018. Citado na página 23.
- SANTOS, L. de S. *RETROFIT DE EDIFICAÇÕES: UMA VISÃO DA GESTÃO DA QUALIDADE, DOS PRAZOS E DOS CUSTOS*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019. Citado na página 16.

APÊNDICE A – Manual do retrofiting

A.1 Parâmetros gerais

O retrofiting de instalações elétricas começa com a checagem de presença da documentação da edificação de trabalho que, caso não exista, deve ser elaborada ao fim da obra e deve apresentar:

- Plantas gerais da edificação;
- Localização de iluminação, tomadas, acionamentos, quadros, dentre outros componentes;
- Características básicas de elementos de instalação;
- Detalhes de montagem;
- Diagramas unifilares e trifilares, quadros de carga e de demanda;
- Especificação de equipamentos (catálogos).

A.2 Sistema de iluminação

Para o sistema de iluminação deve ser realizado o levantamento de localização e tipologia dos equipamentos de iluminação interno, externo e de emergência. Observar, caso já exista, ou elaborar o projeto luminotécnico do ambiente e, se necessário, fazer a inserção de novas tecnologias. Observação dos dispositivos de acionamento e a necessidade de alteração destes.

Deve-se documentar o que foi encontrado com fotos dos equipamentos como as mostradas nas Figuras 66 e 67.



Figura 66 – Modelo de interruptor

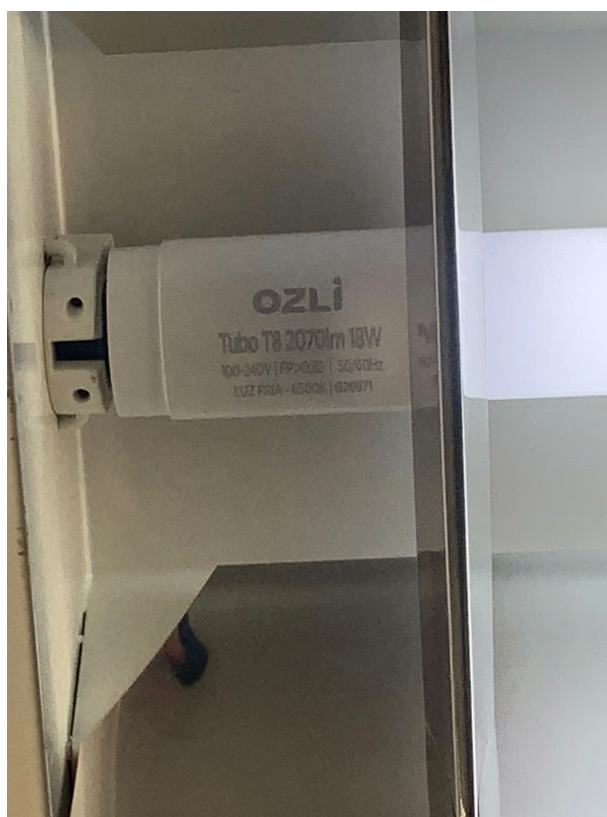


Figura 67 – Modelo de lâmpada

A.3 Cargas elétricas

Para o sistema de cargas deve ser elaborado o levantamento de carga das tomadas de uso geral e cargas específicas, coletando dados de potência e tensão. Observar se tais cargas estão satisfazendo o usuário e as normas vigentes. Caso necessário ou conveniente, proceder-se-á à troca dos equipamentos específicos por outros mais modernos. Os modelos de tomadas e equipamentos encontrados devem ser identificados por foto juntamente com as suas especificações, como mostram as Figuras 68, 69 e 70



Figura 68 – Modelo de ar-condicionado

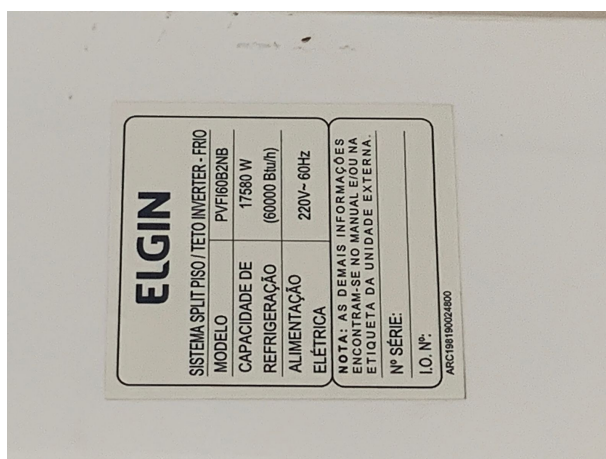


Figura 69 – Modelo de especificação do ar-condicionado



Figura 70 – Modelo de tomada

A.4 Linhas elétricas

Para as linhas elétricas, deve ser observado o posicionamento de eletrocalhas e eletrodutos e suas dimensões, para que atendam às normas e contemplem toda a parte elétrica da edificação. Observar a facilidade de expansão, caso seja necessário expandir, e apresentar imagens para que seja registrado como mostram as Figuras 71 e 72.



Figura 71 – Modelo de eletrocalha

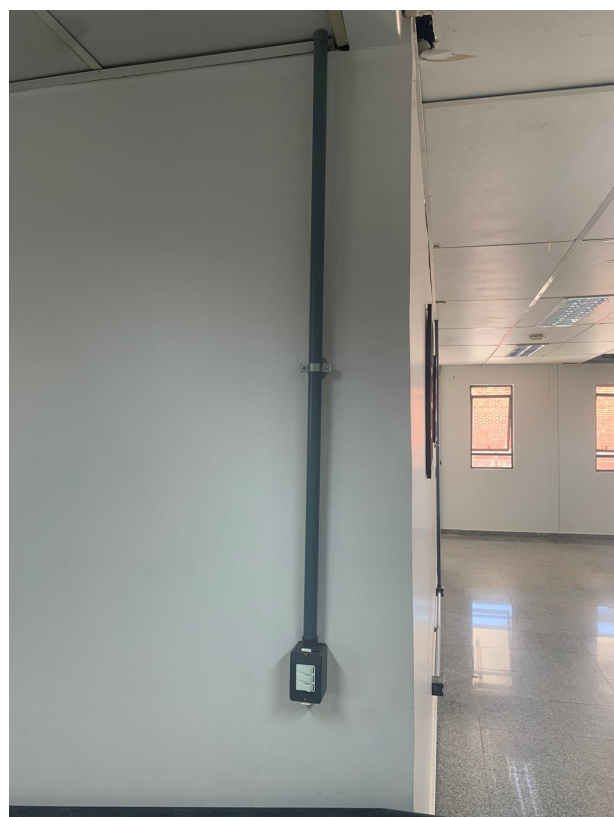


Figura 72 – Modelo de eletoduto

A.5 Circuitos elétricos

Na parte de circuitos elétricos, deve ser realizada a avaliação de cada circuito com ensaios como método liga e desliga e medições de corrente, avaliar seção de condutores e compatibilidade com a carga, checar especificação de disjuntores e existência de condutor de proteção. Caso necessário, deve-se readequar circuitos, trocar disjuntores e suas especificações e adicionar o condutor de proteção. Todos estes dados devem ser documentados.

A.6 Quadros de distribuição

No que se refere a quadros de distribuição, devem ser observadas as identificações do quadro e circuitos, aparatos de bloqueio e sinalização, dispositivos de proteção como interruptor diferencial-residual, DPS e barramento de aterramento. As condições encontradas devem ser documentadas e registradas como mostram as figuras 73 e 74.

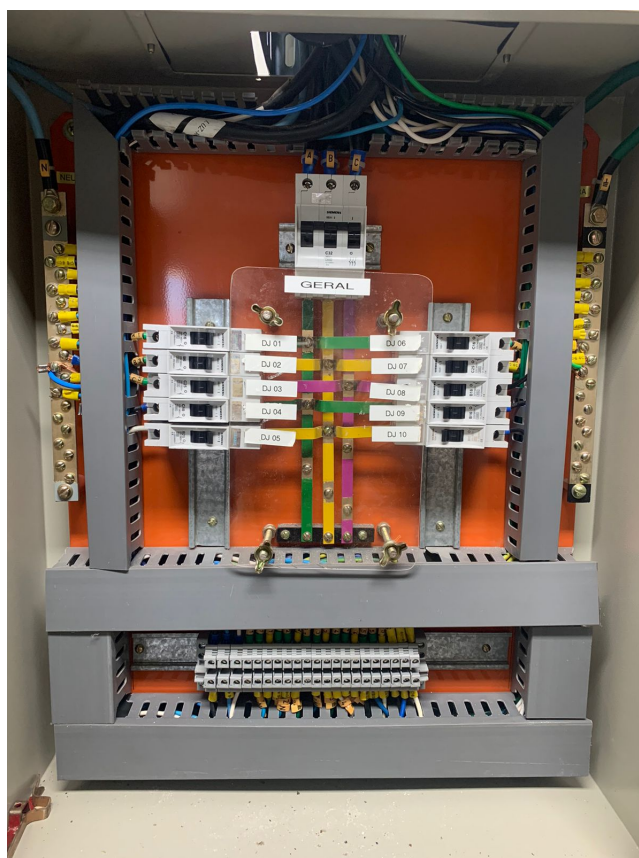


Figura 73 – Modelo de quadro de distribuição



Figura 74 – Modelo de porta de quadro

A.7 Cabeamento estruturado

O cabeamento estruturado deve ser conduzido por eletrocalhas e eletrodutos exclusivos até todas as salas que possuem necessidade de áudio, voz, vídeo e internet. Deve ser realizada a conferência da qualidade dos cabos e é preciso verificar se as necessidades dos usuários estão sendo supridas pelas linhas existentes. Caso necessário, deve ser feita a inserção de mais linhas e troca de cabos.

A.8 SPDA

Para o SPDA deve ser observada primeiramente, a existência desse sistema e se existe documentação atual. Logo após, realizar a conferência dos captores, das descidas do para-raio e seus respectivos tipo e modelos e, ainda identificar a malha de aterramento para que, se necessário, seja feita a implementação desse sistema ou a troca de algum desses equipamentos citados a cima. Captadores, descidas e caixa do para-raio devem ser registrados por fotos como mostram as figuras 75 e 76.



Figura 75 – Modelo de captor



Figura 76 – Modelo de descida

A.9 SDAI

Em muitas edificações, existem apenas partes do SDAI e, muitas das vezes, não existem documentação sobre eles. Para segurança de todos, o sistema deve ser implantado com todos os equipamentos, como central de alarme de incêndio, acionadores manuais, sinalizações adequadas, extintores, mangueiras e detectores de fumaça, a fim de assegurar a integridade do público do local.