

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Thales Ramsés Viegas de Oliveira

**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM LOCAIS DE AFLUÊNCIA DE
PÚBLICO:**

Análise das Instalações Elétricas do Museu Porto Alegre Joaquim Felizardo com
base na NBR 13570:2021

Porto Alegre
2023

Thales Ramsés Viegas de Oliveira

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM LOCAIS DE AFLUÊNCIA DE PÚBLICO:

Análise das Instalações Elétricas do Museu Porto Alegre Joaquim Felizardo com
base na NBR 13570:2021

Projeto de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Igor Pasa Wiltuschnig

Porto Alegre
1. Semestre
2023

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Carlos André Bulhões Mendes (Reitor)

Patricia Pranke (Vice-Reitora)

ESCOLA DE ENGENHARIA

Carla Schwengber ten Caten (Diretora)

Afonso Reguly (Vice-Diretor)

Thales Ramsés Viegas de Oliveira

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM LOCAIS DE AFLUÊNCIA DE PÚBLICO:
Análise das Instalações Elétricas do Museu Porto Alegre Joaquim Felizardo com base na
NBR 13570:2021

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica, obtendo conceito __.

Porto Alegre, 14 de setembro de 2023.

Prof. Ivan Müller, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Igor Pasa Wiltuschnig, Dr.
Orientador
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Sérgio Luiz Cardoso da Silva, Esp.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Roberto Petry Homrich, Dr.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo fazer a análise da norma NBR 13570:2021 (Instalações elétricas em locais de afluência de público - Requisitos específicos) aplicada ao Museu Porto Alegre Joaquim Felizardo. Inicialmente, na fundamentação teórica, é apresentada a norma NBR 13570:2021 e sua relação com instalações elétricas. Na segunda parte do trabalho, na metodologia, é explicada como acontece a análise dos requisitos específicos da NBR 13570:2021 aplicada ao Museu Porto Alegre Joaquim Felizardo. Após esta etapa é feita a análise das causas de incêndio de 2 locais de afluência de público. O primeiro é o Museu Nacional (UFRJ), situado no parque da Quinta da Boa Vista, na capital do Rio de Janeiro, local visitado pelo estudante em janeiro de 2023 e que em 2018 sofreu um incêndio que destruiu grande parte do acervo do museu. No segundo estudo de caso, o estudante faz uma análise de uma situação de incêndio ocorrida na cozinha do EEEM Almirante Barroso, no bairro Arquipélago, no município de Porto Alegre. Como estagiário da 1ª CROP, acompanhando a engenheira responsável, fez perícia a esta escola administrada pelo estado do RS. Por fim, são analisados tópicos da ABNT NBR 13570:2021 no Museu Porto Alegre Joaquim Felizardo, com o objetivo de construir um panorama da situação das instalações elétricas do museu para o momento em que se for fazer um projeto de reforma e adequação do local às normas vigentes.

Palavras-chave: afluência de público; incêndio; instalações elétricas; manutenção preventiva; museu; patrimônio cultural; segurança.

ABSTRACT

The aim of this work is to analyze the standard NBR 13570:2021 (Electrical installations in public places - Specific requirements) applied to the Porto Alegre Joaquim Felizardo Museum. Initially, in the theoretical foundation, the NBR 13570:2021 standard and its relationship with electrical installations are presented. In the second part of the work, in the methodology, it is explained how the analysis of the specific requirements of NBR 13570:2021 applied to the Porto Alegre Joaquim Felizardo Museum takes place. After this stage, an analysis of the causes of fire in 2 public places is carried out. The first is the National Museum (UFRJ), located in the Quinta da Boa Vista park, in the capital of Rio de Janeiro, a place visited by the student in January 2023 and which in 2018 suffered a fire that destroyed a large part of the museum's collection. In the second case study, the student analyzes a fire situation that occurred in the kitchen of EEEM Almirante Barroso, in the Arquipélago neighborhood, in the municipality of Porto Alegre. As an intern at the 1st CROP, accompanying the responsible engineer, he carried out an examination at this school administered by the state of RS. Finally, topics from ABNT NBR 13570:2021 at the Porto Alegre Joaquim Felizardo Museum are analyzed, with the aim of building an overview of the situation of the museum's electrical installations for the moment when a renovation project and adaptation of the site to the current standards.

Keywords: cultural heritage; electrical installations; fire; museum; preventive maintenance; public influence; security.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 – Esquema de Aterramento TN-S.	16
Ilustração 2 – Quadro de distribuição dos circuitos de instalações elétricas do pavimento térreo da EEEM Almirante Barroso.	29
Ilustração 3 – Ligação entre condensadora e evaporada do condicionador de ar incendiado.	31
Ilustração 4 – Uso de cabo paralelo na energização do condicionador de ar.	32
Ilustração 5 – Placa de balizamento derretida após incêndio.	33
Ilustração 6 – Caixa de passagem e cabos de força após ação do incêndio.	34
Ilustração 7 – Caixa de passagem e cabos de força após ação do incêndio.	35
Ilustração 8 – Ação do incêndio nas linhas de alimentação do aparelho.	36
Ilustração 9 – Placa de especificações técnicas do condicionador de ar.	37
Ilustração 10 – Aproximação da placa de especificações técnicas do condicionador de ar.	37
Ilustração 11 – Contato com a administração do Museu Nacional.	39
Ilustração 12 – Resposta da administração do Museu Nacional.	40
Ilustração 13 – Foto aérea do Museu Nacional após o incêndio.	41
Ilustração 14 – Tomada de Uso Geral do MPOAJF.	44
Ilustração 15 – Interruptores do MPOAJF.	44
Ilustração 16 – Tomada de dois postos de padrão atual.	45
Ilustração 17 – Tomada da sala de exposições do MPOAJF.	46
Ilustração 18 – cabos paralelos de alimentação de ponto de iluminação.	46
Ilustração 19 – Quadro de cargas da área de exposições e administrativa do MPOAJF.	47
Ilustração 20 – Pontos de iluminação do MPOAJF.	48
Ilustração 21 – Pontos de iluminação do MPOAJF.	48
Ilustração 22 – Descrição do quadro de cargas do centro de distribuição do pavimento superior do museu.	50
Ilustração 23 – Quadro de disjuntores do pavimento superior do museu.	51
Ilustração 24 – quadro de disjuntores do pavimento superior do museu.	52
Ilustração 25 – Recorte do selo de planta elétrica do Solar Lopo Gonçalves.	53
Ilustração 26 – Recorte de planta elétrica do Solar Lopo Gonçalves.	53
Ilustração 27 – Recorte de planta elétrica do Solar Lopo Gonçalves.	54

Ilustração 28 – Quadro de disjuntores do pavimento superior	55
Ilustração 29 – Quadro de disjuntores do pavimento superior	56
Ilustração 30 – Quadro de disjuntores do pavimento superior	57
Ilustração 31 – Recorte de Planta Elétrica do MPOAJF	58
Ilustração 32 – Quadro de disjuntores do pavimento superior	58
Ilustração 33 – Quadro de disjuntores do pavimento superior	59
Ilustração 34 – Quadro de disjuntores do pavimento superior	59
Ilustração 35 –Recorte de planta de iluminação externa do MPOAJF	60
Ilustração 36 – Recorte de planta de iluminação externa do MPOAJF	60
Ilustração 37 – Recorte de planta de iluminação externa do MPOAJF.....	61
Ilustração 38 – Condutores de alimentação trifásica do pavimento superior do Solar Lopo Gonçalves	62
Ilustração 39 – Disjuntores de circuitos de iluminação do pavimento superior do Solar Lopo Gonçalves	63
Ilustração 40 – Quadro de distribuição do pavimento superior do Solar Lopo Gonçalves	64

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Condições de fuga das pessoas em emergências	25
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BA5	Pessoas advertidas em locais de serviço elétrico
BA5	Pessoas qualificadas em locais de serviço elétrico fechados
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica – RS
CH2	Não halogenado e com baixa emissão de fumaça
CP4	Resistente à propagação de chama
CROP	Coordenadoria Regional de Obras Públicas
DPS	Dispositivo de proteção contra surtos (DPS)
EEEM	Escola Estadual de Ensino Médio
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
MARGS	Museu de Artes do Rio Grande do Sul
MPOAJF	Museu Porto Alegre Joaquim Felizardo
PD1	Projeto de Diplomação 1
PPCI	Plano de Prevenção Contra Incêndio
RIC	Regulamento de Instalações Consumidoras
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1 Objetivo Geral	12
1.1.2 Objetivos Específicos	12
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-PRÁTICA	13
2.1 NBR 13570:2021	13
2.2 NBR 5410:2008	14
2.3 SISTEMAS DE ATERRAMENTO	15
2.4 SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO PARA MUSEUS	16
2.5 ELEMENTOS DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO	17
2.6 TOMADAS DE USO GERAL E ESPECÍFICO	18
2.7 CABOS LIVRES DE HALOGÊNIO RESISTENTES AO FOGO	19
3 METODOLOGIA	22
3.1 SELEÇÃO E INSTALAÇÃO DAS LINHAS ELÉTRICAS	22
3.2 ILUMINAÇÃO	22
3.3 SPDA/MPS (DPS)	23
3.4 QUADRO GERAL DE DISTRIBUIÇÃO	24
3.5 SISTEMA DE ATERRAMENTO	24
3.6 PROTEÇÃO DOS CABOS ELÉTRICOS – HALOGÊNIO.....	24
3.7 ROTAS DE FUGA	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1 INCÊNDIO NA COZINHA DA EEEM ALMIRANTE BARROSO	27
4.2 MUSEU NACIONAL	38
4.3 MUSEU PORTO ALEGRE JOAQUIM FELIZARDO	42
4.3.1 Seleção e Instalação das Linhas Elétricas	43
4.3.2 Iluminação	47

4.3.3 SPDA/MPS (DPS).....	49
4.3.4 Quadro de Distribuição.....	49
4.3.5 Sistema de Aterramento	55
4.3.6 IDR 30 mA/300 mA.....	63
4.3.7 Dificuldade de Evacuação/Rotas de Fuga.....	65
5 CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
APÊNDICE A – ENTREVISTA PARA DOCUMENTÁRIO DA TV APARECIDA...70	
ANEXO A – PLANTA ELÉTRICA DA COZINHA DA EEEM ALMIRANTE	
BARROSO.....	72

1 INTRODUÇÃO

De acordo com dados fornecidos pela Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (Ministério Minas Energia, 2015), cerca de 1220 acidentes de diversos tipos, como choques elétricos, sobretensões, sobrecorrentes, descargas atmosféricas e incêndios causados por origem elétrica registraram 590 mortes (Lima Júnior, 2019).

Na fundamentação teórica é possível encontrar conceitos trazidos na norma NBR 13570:2021 que são pertinentes à discussão do assunto de instalações elétricas em locais de afluência de público. Conceitos de linhas elétricas livres de halogênio, sistemas de aterramento, composição do quadro de distribuição de disjuntores, dimensionamento dos circuitos, presença de dispositivos de proteção serão encontrados nesta primeira parte da monografia.

Na segunda parte da monografia, na metodologia, é explicado como se deu sua pesquisa para trazer para a prática as discussões que são abordadas nas normas ABNT NBR 13570:2021 e ABNT NBR 5410:2008.

Na seção de resultados e discussões são apresentados três estudos de caso associados à segurança em instalações elétricas. Os dois primeiros estudos de caso são situações de incêndio ocorridas por problemas na segurança das instalações elétricas dos locais. Estes dois locais são a EEEM Almirante Barroso e o Museu Nacional (UFRJ). Estes dois estudos de caso são analisados de forma a trazer soluções para analisar a situação de segurança das instalações elétricas do museu Porto Alegre Joaquim Felizardo.

Esta monografia não tem como objetivo fazer um projeto de redimensionamento das instalações elétricas do museu. Esta monografia tem como objetivo analisar a situação atual do museu para quando se for fazer um projeto de readequação das instalações elétricas do local já saber quais cuidados devem ser tomados em relação aos assuntos trazidos pela ABNT NBR 13570:2021.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é fazer uma análise das instalações elétricas em locais de afluência de público para embasar um projeto de reforma para o museu Porto Alegre Joaquim Felizardo.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- a) Analisar as causas e consequências do incêndio ocorrido no Museu Nacional (UFRJ);
- b) Analisar as causas e consequências do incêndio ocorrido na EEEM Almirante Barroso;
- c) Fazer análise das instalações elétricas em local de afluência de público para o Museu Porto Alegre Joaquim Felizardo;
- d) Sugestão de medidas corretivas para problemas encontrados nas instalações elétricas dos locais estudados.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 NBR 13570:2021

A *ABNT NBR Instalações elétricas em locais de afluência de público — Requisitos específicos* é uma norma criada a partir da ABNT NBR 5410:2008 – Instalações elétricas de baixa tensão. Diferente da 5410:2008, que contém, em sua última atualização (2008), 217 páginas, a NBR 13570:2021, com apenas 16 páginas versa sobre requisitos específicos da NBR 5410:2008 que devem ser seguidos para manter um determinado local seguro, em relação as suas instalações elétricas (ABNT, 2021). Esta norma foi composta por um grupo de profissionais de engenharia que em conjunto decidiram quais pontos da NBR 5410:2008 são mais importantes para a segurança de um local com afluência de público. O Anexo A da norma 13570:2021 traz a classificação de locais de afluência de público. Estes locais são classificados de acordo com a sua característica/finalidade e de acordo com sua capacidade mínima (nº de pessoas) (ABNT, 2021). Alguns exemplos de locais de afluência de público são auditórios, salas de conferências/reuniões, cinemas, hotéis, motéis, pensões, hospedaria, centros de religião, agências bancárias, teatros, casas de espetáculos, bibliotecas, arquivos públicos, museus, casas noturnas, boates, danceterias, entre outros.

Os requisitos gerais da norma (ABNT, 2021) estão dispostos nas seguintes seções:

- 4.1 Limitação da utilização de tensões superiores a 380 V;
- 4.2 Seleção e instalação das linhas elétricas;
- 4.3 Ligação de equipamentos móveis ou estacionários;
- 4.4 Dispositivos de comando e sinalização;
- 4.5 Esquemas de aterramento;
- 4.6 Equipamentos contendo líquidos inflamáveis;
- 4.7 Comando de emergência;
- 4.8 Quadros de distribuição e quadros de distribuição terminais;
- 4.9 Divisão das instalações elétricas;
- 4.10 Tomadas de corrente e extensões elétricas;
- 4.11 Iluminação.

Os requisitos específicos da norma (ABNT, 2021) estão dispostos nas seguintes seções:

- 5.1 Classificação das influências externas;
- 5.2 Pistas eletrificadas;
- 5.3 Proteção contra choques elétricos;
- 5.4 Proteção contra sobrecorrentes;

O anexo B contém uma tabela informando a classificação das influências externas (ABNT, 2021).

O anexo C informa a “Classificação dos condutores elétricos quanto à resistência à propagação de chama e à emissão de halogênios e fumaça”, conforme ABNT NBR NM-IEC 60332 (seções 1, 3-25, 3-24, 3-23, 3-22) e à ABNT NBR 13248 (ABNT, 2021).

2.2 NBR 5410:2008

A NBR 5410:2008 é uma norma brasileira que trata das instalações elétricas de baixa tensão em edificações (ABNT, 2008). Ela estabelece os requisitos e condições que essas instalações devem atender para garantir a segurança das pessoas, animais e bens, bem como o funcionamento adequado dos equipamentos elétricos. Essa norma abrange diversos aspectos das instalações elétricas, incluindo:

- Dimensionamento de condutores elétricos;
- Proteção contra choques elétricos;
- Proteção contra sobrecorrentes (fusíveis, disjuntores, etc.);
- Aterramento;
- Proteção contra sobretensões;
- Dispositivos de proteção diferencial-residual (DR);
- Instalações em locais com riscos específicos (banheiros, cozinhas, piscinas, etc.);
- Sistemas de iluminação;
- Tomadas e interruptores.

As irregularidades encontradas atualmente em circuitos de instalações elétricas trazem sérios riscos de acidentes com choques elétricos e/ou danos materiais por má instalação dos circuitos. A consequência da falta de qualificação de quem executa os serviços, faz com que se tenham vários relatos e notícias em que o corpo de

bombeiros e a perícia afirmem que a causa do acidente tem origem elétrica (Isami; Bis, 2020).

Essa norma é fundamental para garantir que as instalações elétricas sejam realizadas de forma segura e de acordo com padrões técnicos adequados, minimizando riscos de acidentes, curtos-circuitos e outros problemas elétricos. A versão mais recente da NBR 5410:2008 foi publicada no ano de 2004, com correção em 2008 (ABNT, 2008).

2.3 SISTEMAS DE ATERRAMENTO

Os sistemas de aterramento Terra-Terra (TT) e Terra-Neutro (TN) são diferentes configurações de sistemas de aterramento utilizados em instalações elétricas para garantir a segurança dos usuários e equipamentos, especialmente em relação à proteção contra choques elétricos.

- Sistema de Aterramento TN:

No sistema de aterramento TN, o condutor neutro e o condutor de proteção (terra) são conectados juntos na origem da instalação elétrica. O sistema TN é subdividido em diferentes configurações, dependendo de como o aterramento é implementado:

- TN-S: Separação entre o condutor neutro e o condutor de proteção desde a origem até o ponto de utilização. O condutor de proteção (terra) e o condutor neutro são separados.

impactos ou outras solicitações mecânicas (ABNT, 2021). A norma também traz informações sobre iluminação de segurança.

4.11.1 As lâmpadas instaladas em locais acessíveis ao público, situadas a uma altura inferior a 2,50 m do piso acabado, devem ser dotadas de proteção específica contra impactos ou outras solicitações mecânicas.

NOTA Este requisito tem como objetivo evitar a quebra da lâmpada ou a ocorrência de acidentes de outra natureza que possam colocar em risco a segurança das pessoas ou do patrimônio. Este requisito pode ser atendido, por exemplo, com medida de proteção que assegure grau de proteção mínimo IPXXA, conforme a ABNT NBR IEC 60529.

4.11.3 Nos ambientes acessíveis e não acessíveis ao público, deve ser considerada a necessidade ou não da utilização de iluminação de segurança, conforme a legislação local vigente. Caso necessário, o projeto e a instalação devem atender às ABNT NBR 5410 e ABNT NBR 10898, e as luminárias e os blocos de iluminação devem atender à ABNT NBR IEC 60598-2-22 (ABNT, 2021, p. 5).

A iluminação de segurança é comumente instalada em corredores, escadas, saídas de emergência, áreas de trabalho críticas e outras áreas onde é necessário garantir a visibilidade durante uma evacuação ou emergência.

A iluminação de segurança desempenha um papel crucial no resguardo dos ocupantes de edifícios e é uma parte importante dos planos de evacuação e segurança contra incêndios. Portanto, é importante seguir os regulamentos locais e garantir que os sistemas estejam em bom funcionamento para garantir a segurança em emergências.

2.5 ELEMENTOS DO QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO

O Quadro de Distribuição, também conhecido como Quadro de Distribuição Principal ou Quadro de Distribuição Geral, é um componente essencial em um sistema elétrico de uma edificação. Ele é responsável por receber a energia proveniente da rede elétrica externa (companhia fornecedora de energia) e distribuí-la para os circuitos internos da edificação, alimentando assim os diversos dispositivos elétricos e equipamentos.

Segundo NBR 5410:2008:

3.1.2 quadro de distribuição principal: Primeiro quadro de distribuição após a entrada da linha elétrica na edificação. Naturalmente, o termo se aplica a todo quadro de distribuição que seja o único de uma edificação (ABNT, 2008, p. 7).

Na NBR 13570:2021 daremos foco às seguintes definições:

4.8.2 Os quadros de distribuição e os quadros de distribuição terminais devem possuir invólucro com grau de proteção mínimo IP2X, conforme a ABNT NBR IEC 60529.

4.8.3 Os quadros de distribuição devem ser instalados, preferencialmente, em ambiente não acessível ao público e devem possuir meios que permitam a realização de manobras apenas por pessoal BA4 ou BA5, conforme a ABNT NBR 5410, por exemplo, com acesso por meio de chave ou ferramenta. Caso sejam instalados em ambientes acessíveis ao público, devem possuir as seguintes características:

- a) ter invólucro metálico, ou
- b) ter invólucro não metálico que satisfaça o ensaio de fio incandescente especificado na ABNT NBR IEC 60695-2-11, sendo a temperatura do fio incandescente de 750 °C. Se o quadro for instalado em parede oca (dry wall, divisórias e similares), a temperatura do fio incandescente deve ser de 850 °C.

4.8.4 Os quadros de distribuição terminais devem ser constituídos de modo que impeçam o acesso às partes vivas de pessoas que não sejam BA4 ou BA5, conforme a ABNT NBR 5410. Este acesso às partes vivas só deve ser possível por meio de ferramenta apropriada.

4.8.5 Caso os quadros de distribuição terminais sejam instalados em ambientes acessíveis ao público, eles devem possuir as seguintes características:

- a) ter invólucro metálico, ou
- b) ter invólucro não metálico que satisfaça o ensaio de fio incandescente especificado na ABNT NBR IEC 60695-2-11, sendo a temperatura do fio incandescente de 750 °C. Se o quadro for instalado em parede oca (dry wall, divisórias e similares), a temperatura do fio incandescente deve ser de 850 °C.

4.8.6 Quando da manutenção de quadros de distribuição instalados em locais acessíveis ao público, pode ser conveniente analisar a energia incidente proveniente de eventuais correntes de curto-circuito e, se necessário, adotar medidas preventivas adequadas (ABNT, 2021, p. 4-5).

2.6 TOMADAS DE USO GERAL E ESPECÍFICO

As tomadas de uso geral são dispositivos elétricos instalados em edificações para fornecer energia elétrica a equipamentos e aparelhos diversos, como eletrodomésticos, eletrônicos, carregadores de dispositivos móveis, ferramentas elétricas, entre outros. Elas fazem parte da infraestrutura elétrica das edificações e são essenciais para o funcionamento dos dispositivos elétricos utilizados no dia a dia. Sobre tomadas de corrente e extensões elétricas, na NBR 13570:2021, temos as seguintes subseções:

4.10.1 As tomadas de corrente e os plugues com corrente nominal superior a 20 A, utilizados para extensões, devem ser escolhidos e instalados de modo a prevenir danos ou a separação involuntária entre eles, que possa presumivelmente ocorrer nas condições do ambiente e de utilização. NOTA Este requisito é atendido por tomadas de corrente e plugues, conforme a ABNT NBR IEC 60309-1.

4.10.2 Somente é permitida a utilização de extensões elétricas em ligações temporárias de equipamentos, as quais devem ser retiradas do local após o término do uso (ABNT, 2021, p. 5).

As tomadas de uso específico são dispositivos elétricos projetados para alimentar equipamentos ou aparelhos específicos que possuem necessidades particulares de energia. Ao contrário das tomadas de uso geral, que são projetadas para uma variedade de dispositivos, as tomadas de uso específico são dedicadas a um tipo particular de equipamento ou função. Aqui estão alguns exemplos de tomadas de uso específico: tomadas para condicionador de ar, tomadas para fornos e fogões, tomadas para equipamentos industriais, tomadas para equipamentos de informática, tomadas para equipamentos médicos, tomadas para equipamentos audiovisuais.

Na NBR 13570:2021, conforme seção 4.9.2: Nos ambientes acessíveis ao público, para equipamentos com corrente nominal superior a 16 A, devem ser previstos circuitos terminais independentes (ABNT, 2021).

2.7 CABOS LIVRES DE HALOGÊNIO RESISTENTES AO FOGO

Cabos elétricos livres de halogênio são tipos de cabos que são fabricados sem a utilização de materiais halogenados em sua composição. Os materiais halogenados incluem elementos como cloro, flúor, bromo e iodo, que podem estar presentes em isolamentos e revestimentos de cabos convencionais. Quando esses materiais são expostos ao calor ou ao fogo, eles podem emitir gases tóxicos e corrosivos, além de gerar fumaça densa e prejudicial.

Os cabos elétricos livres de halogênio são preferidos em locais onde a segurança contra incêndios e a emissão de gases tóxicos são considerações críticas. Aqui estão algumas das características e benefícios desses cabos:

- **Baixa Emissão de Gases Tóxicos:** Os cabos livres de halogênio são projetados para emitir quantidades significativamente menores de gases tóxicos e corrosivos em caso de incêndio. Isso ajuda a melhorar a segurança dos ocupantes da edificação durante uma emergência.

- **Redução da Emissão de Fumaça:** Esses cabos também tendem a gerar menos fumaça durante um incêndio, o que pode facilitar a evacuação e o trabalho dos bombeiros.

- Menor Corrosividade: Os gases emitidos por materiais halogenados podem ser corrosivos para equipamentos eletrônicos e estruturas metálicas. Cabos livres de halogênio ajudam a reduzir esse risco.

- Conformidade com Normas de Segurança: Em muitas situações, a utilização de cabos livres de halogênio é recomendada ou até exigida por normas de segurança em edificações como hospitais, escolas, aeroportos e instalações industriais.

- Resistência à Chama: Esses cabos também são projetados para ter maior resistência à propagação de chamas, o que pode ajudar a controlar a disseminação de um incêndio.

- Sensibilidade ao Preço: Cabos livres de halogênio costumam ser mais caros do que os cabos convencionais, devido aos materiais e processos de fabricação envolvidos.

- Aplicações Específicas: Esses cabos são frequentemente utilizados em locais onde a segurança é crítica, como em hospitais, túneis, instalações industriais e edificações públicas.

É importante observar que a designação "livre de halogênio" não é uma característica intrínseca de todos os cabos elétricos, mas sim uma especificação de fabricação. Ao escolher cabos elétricos livres de halogênio, é importante garantir que eles atendam às normas relevantes de segurança e conformidade.

Na NBR 13570:2021, o assunto sobre cabos não halogenados é mencionado nas seções:

4.2.3 As linhas elétricas aparentes devem atender a uma das seguintes condições:

b) no caso de linhas constituídas por cabos em condutos abertos, estas linhas devem estar situadas de forma a não serem acessíveis, nas situações previstas de utilização do local, a pessoas não advertidas ou não qualificadas. Os condutos devem ser resistentes à chama, sob condições simuladas de incêndio, não halogenados e com baixa emissão de fumaça, e os cabos devem ser conforme, no mínimo, as categorias CH2 e CP4 (ver Anexo C);

c) no caso de linhas constituídas por cabos em condutos fechados metálicos, os cabos devem ser conforme, no mínimo, as categorias CP4 (ver Anexo C) e os condutos devem ser resistentes à chama, sob condições simuladas de incêndio, não halogenados e com baixa emissão de fumaça;

d) no caso de linhas constituídas por cabos em condutos fechados não metálicos, os cabos devem ser conforme, no mínimo, as categorias CH2 e CP4 (ver Anexo C) e os condutos devem ser resistentes à chama, sob condições simuladas de incêndio, não halogenados e com baixa emissão de fumaça (ABNT, 2021, p. 3).

A classificação dos condutores elétricos quanto à resistência à propagação de chamas e à emissão de halogênios e fumaça pode ser encontrada no Anexo C da NBR 13570:2021. Na seção C.1 temos a classificação dos cabos unipolares e multipolares quanto à resistência à propagação de chama e na seção C.2 temos a classificação dos cabos unipolares e multipolares quanto à resistência à emissão de halogênio e fumaça.

O anexo C é a principal diferença entre a versão de 2021 da NBR 13570 para a versão de 1996. Este anexo apresenta os conceitos de resistência a propagação de chama, presença ou ausência de halogênios na isolação de cabos e característica de emissão de fumaça dos cabos. As normas que caracterizam a resistência à propagação de um cabo são as variações da ABNT NBR NM-IEC 60332. Já a NBR 13248 explica quais os requisitos de desempenho necessários para a produção de cabos de potência e condutores isolados sem cobertura, não halogenados e com baixa emissão de fumaça, para tensões até 1 kV. O anexo C da NBR 13570:2021 está descrito a seguir:

C.1 Os cabos unipolares e multipolares e os condutores isolados são classificados quanto à resistência à propagação de chama como a seguir:

- a) CP1 – Não é exigido requisito algum quanto à propagação de chama;
- b) CP2 – Resistente à propagação de chama conforme a ABNT NBR NM-IEC 60332-1;
- c) CP3 – Resistente à propagação de chama conforme a ABNT NBR NM-IEC 60332-3-25 (categoria D de queima);
- d) CP4 – Resistente à propagação de chama conforme a ABNT NBR NM-IEC 60332-3-24 (categoria C de queima);
- e) CP5 – Resistente à propagação de chama conforme a ABNT NBR NM-IEC 60332-3-23 (categoria B de queima);
- f) CP6 – Resistente à propagação de chama conforme a ABNT NBR NM-IEC 60332-3-22 (categoria A de queima).

NOTA As classificações mais elevadas englobam as anteriores (por exemplo, um cabo ou condutor CP3 também é CP2 e assim por diante).

C.2 Os cabos unipolares e multipolares e os condutores isolados são classificados quanto à emissão de halogênios e fumaça como:

- a) CH1 – Halogenado e com emissão de fumaça;
- b) CH2 – Não halogenado e com baixa emissão de fumaça, conforme a ABNT NBR 13248.

3 METODOLOGIA

3.1 SELEÇÃO E INSTALAÇÃO DAS LINHAS ELÉTRICAS

Muitas questões envolvem a seleção correta de uma linha elétrica em uma instalação, como, por exemplo, seção mínima do cabo, capacidade de corrente do condutor, corrente de projeto, corrente corrigida, curto-circuito, fatores de correção (temperatura e agrupamento), uso de marcas de cabo autorizadas pelo Inmetro. Os destaques que a NBR 13570:2021 são outros. Estes estão descritos a seguir no item 4.2 da norma, chamado “seleção e instalação das linhas elétricas” (ABNT, 2021).

No item 4.2.1 pode-se entender que em ambientes acessíveis e não acessíveis ao público mencionados pela tabela do Anexo A da norma NBR 13570:2021, somente é permitida a utilização de condutores nus, condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares de cobre. Ou seja, é permitido somente o uso de condutores e cabos de cobre (ABNT, 2021).

No item 4.2.2 pode-se entender que as linhas elétricas embutidas devem estar envolvidas por material incombustível. Esta parte é muito importante pois traz o conceito dos materiais livres de halogênio (ABNT, 2021).

O item 4.2.3 traz luz ao cuidado da acessibilidade do público em geral aos cabos e aos condutos. Esta seção faz referência à classificação dos cabos quanto a emissão de fumaça e a propagação de chama (ABNT, 2021).

O item 4.2.4 versa sobre a proibição da instalação de cabos diretamente embutidos em alvenaria (ABNT, 2021).

Por meio de visitas técnicas e registros fotográficos, foram sendo construídos registros da situação dos cabos elétricos e dos condutos do museu Porto Alegre Joaquim Felizardo para diagnosticar a necessidade de projeto de reforma, ou não, segundo o que é orientado pela NBR 13570:2021.

3.2 ILUMINAÇÃO

A NBR 13570:2021 trata da iluminação do local das seguintes formas:

- Subseção 4.9.1 - Nos ambientes com área superior a 100 m², acessíveis ao público, devem ser previstos no mínimo dois circuitos terminais de iluminação (ABNT, 2021).

- Seção 4.11 - Indicação de apoio das normas ABNT NBR 5410:2008, ABNT NBR 10898 para necessidade ou não da utilização de iluminação de segurança. Para os casos de blocos de iluminação verificar a ABNT NBR IEC 60598-2-22 (ABNT, 2021).

Na seção 5.3 - proteção contra choques elétricos - a norma indica que:

Nos locais indicados no item 16 da Tabela A.1, qualquer que seja o esquema de aterramento, todos os tipos de circuitos (por exemplo, pontos de iluminação, de tomadas de corrente, de ligação direta) que alimentam ambientes acessíveis ao público, devem ser protegidos por dispositivos a corrente diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal igual ou inferior a 30 mA.

NOTA 1 Este requisito não se aplica aos pontos de tomada destinados aos circuitos de alimentação de aparelhos de refrigeração (por exemplo, geladeiras, freezers, máquinas de refrigeração de alimentos). NOTA 2 No que se refere às tomadas de corrente, o requisito de proteção adicional por DR de alta sensibilidade se aplica às tomadas com corrente nominal de até 32 A (ABNT, 2021, p. 6).

Por meio de visita técnica ao museu buscou-se entender como está configurado o sistema de iluminação do local. Tanto a iluminação para a exposição, quanto para circulação de pessoas e para segurança¹ foram investigados.

3.3 SPDA/MPS (DPS)

Segundo RIC da CEEE podemos classificar o DPS – dispositivo de proteção de surto – como um elemento utilizado para limitar as sobretensões transitórias e escoar os surtos de corrente originários de descargas atmosféricas em redes de energia (CEEE, 2017). Medidas de proteção contra surtos (MPS) protegem os elementos eletroeletrônicos de possíveis danos causados às suas estruturas.

Segundo dados compilados pela MetSul Meteorologia a partir do sensor *Geostationary Lightning Mapper* (GLM) do satélite meteorológico GOES-16, da NOAA e NASA, o Rio Grande do Sul, no dia 03.09.2023, registrou 377.948 descargas entre 0h do domingo e 0h da segunda-feira (Domingo [...], 2023).

A versão do RIC da CEEE utilizada para trazer os conceitos desta seção já está desativada, porém as informações expostas aqui trazidas do documento seguem

¹ Aqui, observaram-se as disposições quanto à Iluminação de Balizamento da NBR 10898, de 1998, que versa sobre Sistema de iluminação de emergência, bem como o que consta na NBR IEC 60598-2-22, cujo objeto são luminárias, mais especificamente sua parte 2-22 – “Requisitos particulares – Luminárias para iluminação de emergência”

válidas. Os sistemas de proteção contra descargas elétricas (SPDA) são regidos pela NBR 5419:2015.

3.4 QUADRO GERAL DE DISTRIBUIÇÃO

Por meio de inspeções visuais, registros fotográficos e pesquisa às plantas elétricas do museu, presentes em forma física no Arquivo Histórico de Porto Alegre Moysés Vellinho, o orientando buscou entender como está composto o quadro de distribuição terminal da área de exposições do museu estudado. O orientando procurou classificar a acessibilidade do quadro de distribuição a pessoas habilitadas ou não, a distribuição dos circuitos terminais, a previsão de circuito exclusivo para cargas acima de 16 A, etc.

Em um dos estudos de caso da monografia, analisando o incêndio ocorrido na EEEM Almirante Barroso, o orientando faz análises acerca do quadro de distribuição do pavimento térreo da escola.

3.5 SISTEMA DE ATERRAMENTO

Por meio de inspeções visuais, registros fotográficos e pesquisa às plantas elétricas do museu, a configuração do sistema de aterramento do MPOAJF foi pesquisada a fim de constatar se a mesma está em conformidade com as configurações TN e TT - sugeridas pela NBR 13570:2021.

3.6 PROTEÇÃO DOS CABOS ELÉTRICOS – HALOGÊNIO

Em uma de suas visitas técnicas ao Museu Porto Alegre Joaquim Felizardo o orientando inspecionou caixas de passagem, condutos, quadros de distribuição, áreas administrativas, de acervo e pontos de exposição para classificar os cabos elétricos usados no museu de acordo com o Anexo C da ABNT NBR 13570:2021.

3.7 ROTAS DE FUGA

A NBR 13570:2021 não faz menções a rotas de fuga (ABNT, 2021) porém é pertinente tocar neste assunto quando se fala da segurança de um local de afluência de público.

A NBR 5410:2008, na seção 4.2.6.2.4, traz informações sobre as condições de fuga das pessoas em emergências (ABNT, 2008). As classificações da tabela 21 da norma são as seguintes:

Quadro 1 – Condições de fuga das pessoas em emergências

Código	Classificação	Características	Aplicações e exemplos ¹⁾
BD1	Normal	Baixa densidade de ocupação Percurso de fuga breve	Edificações residenciais com altura inferior a 50 m e edificações não-residenciais com baixa densidade de ocupação e altura inferior a 28 m
BD2	Longa	Baixa densidade de ocupação Percurso de fuga longo	Edificações residenciais com altura superior a 50 m e edificações não-residenciais com baixa densidade de ocupação e altura superior a 28 m
BD3	Tumultuada	Alta densidade de ocupação Percurso de fuga breve	Locais de afluência de público (teatros, cinemas, lojas de departamentos, escolas, etc.); edificações não-residenciais com alta densidade de ocupação e altura inferior a 28 m
BD4	Longa e tumultuada	Alta densidade de ocupação Percurso de fuga longo	Locais de afluência de público de maior porte (shopping centers, grandes hotéis e hospitais, estabelecimento de ensino ocupando diversos pavimentos de uma edificação, etc.); edificações não-residenciais com alta densidade de ocupação e altura superior a 28 m
<p>NOTA As aplicações e exemplos destinam-se apenas a subsidiar a avaliação de situações reais, fornecendo elementos mais qualitativos do que quantitativos. Os códigos locais de segurança contra incêndio e pânico podem conter parâmetros mais estritos. Ver também ABNT NBR 13570.</p>			

Fonte: ABNT (2008).

O museu Porto Alegre Joaquim Felizardo classifica-se em BD3.

Estes foram os tópicos escolhidos pelo orientando a serem analisados nos 3 estudos de caso que serão apresentados no próximo capítulo. Em cada local estudado

o orientando buscou entender se as normas NBR 13570:2021 e NBR 5410:2008 estavam sendo corretamente aplicadas. O objetivo das análises foi entender o que causou os acidentes que serão mostrados a seguir e se estas causas têm relação com o não seguimento das normas estudadas nesta monografia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 INCÊNDIO NA COZINHA DA EEEM ALMIRANTE BARROSO

O 1º estudo de caso desta monografia é a visita técnica feita à EEEM Almirante Barroso. O período de estágio na 1ª Coordenadoria Regional de Obras Públicas do Rio Grande do Sul foi um processo importante para a construção deste projeto. Ao longo de 3 meses de estágio, por meio de visitas técnicas, foram coletadas informações que mostraram a real situação das instalações elétricas das inúmeras construções públicas geridas pelo governo do estado do Rio Grande do Sul. No período de 3 meses de trabalho na 1ª CROP, foi possível entender que este setor tem como objetivo fiscalizar obras do estado que estão sendo executadas por empresas vencedoras de licitações. A finalidade da 1ª CROP é garantir a qualidade das obras públicas. Também, este setor, ocorrência relacionada às atribuições de Engenharia Civil e de Engenharia Elétrica, tem como função fazer perícias, laudos técnicos e orçamentos para que empresas privadas, mediante licitação, realizem serviços de manutenção ou correção de problemas ocorridos em edificações pertencentes à esfera estadual. O primeiro estudo de caso deste projeto foi feito por meio de visita técnica realizada pela Engenheira Luiza Lontra e o, a época, estagiário da 1ª CROP, Thales Ramsés. A Escola Estadual de Ensino Médio Almirante Barroso teve uma ocorrência de incêndio na cozinha devido ao superaquecimento de cabos paralelos de seção 1 mm² ou 1,5 mm² que alimentavam o circuito do condicionador de ar do local. É recorrente que incêndios aconteçam por problemas de dimensionamento dos cabos associados a disjuntores que não desarmam. O uso de cabos paralelos expostos em vez do uso de cabos PP também são motivos de superaquecimento de cabos e se tornam fatores de risco de incêndio. A NBR 13570:2021 alerta na seção 4.2.3 que:

b) no caso de linhas constituídas por cabos em condutos abertos, estas linhas devem estar situadas de forma a não serem acessíveis, nas situações previstas de utilização do local, a pessoas não advertidas ou não qualificadas. Os condutos devem ser resistentes à chama, sob condições simuladas de incêndio, não halogenados e com baixa emissão de fumaça, e os cabos devem ser conforme, no mínimo, as categorias CH2 e CP4 (ver Anexo C) (ABNT, 2021, p. 3).

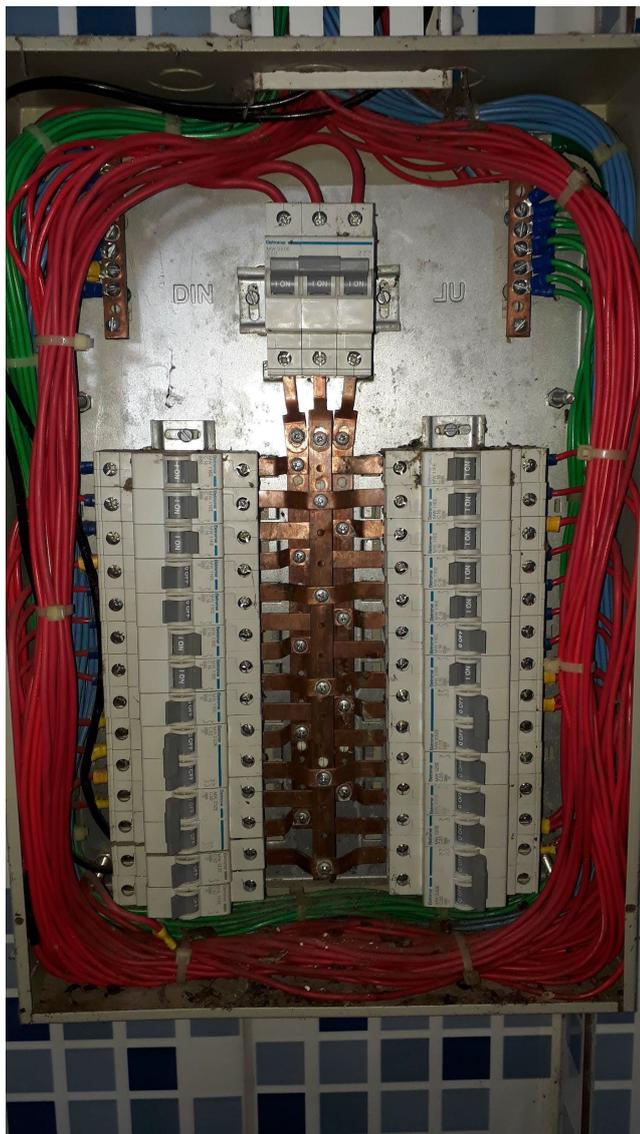
Diferente do que é exigido no item b) da seção 4.2.3 da ABNT NBR 13570:2021, os cabos do circuito que alimentava o condicionador de ar da cozinha da EEEM

Almirante Barroso, esta linha elétrica estava acessível a qualquer pessoa que passasse, os condutos não eram resistentes a chama, não eram livres de halogenados e não tinham baixa emissão de fumaça.

C.2 Os cabos unipolares e multipolares e os condutores isolados são classificados quanto à emissão de halogênios e fumaça como: a) CH1 – Halogenado e com emissão de fumaça; b) CH2 – Não halogenado e com baixa emissão de fumaça, conforme a ABNT NBR 13248 (ABNT, 2021, p. 11).

O dimensionamento dos eletrodutos embutidos ou aparentes, respeitando a NBR 5410:2008 e também o fator de agrupamento dos cabos respeitando a quantidade de cabos que podemos colocar na seção de um eletroduto, é muito importante para garantir a segurança das instalações elétricas. Felizmente, pelas características construtivas da cozinha, em forma de uma caixa de concreto fechada, o fogo não se alastrou para outras partes da escola. Todavia, o incêndio destruiu praticamente todos os eletrodomésticos e eletroeletrônicos presentes no local.

Ilustração 2 – Quadro de distribuição dos circuitos de instalações elétricas do pavimento térreo da EEEM Almirante Barroso.



Fonte: acervo do autor.

De acordo com o item e) da subseção 5.1.3.2.2 (Casos em que o uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade como proteção adicional é obrigatório) da NBR 5410:2008 verificamos que:

Além dos casos especificados na seção 9, e qualquer que seja o esquema de aterramento, devem ser objeto de proteção adicional por dispositivos a corrente diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal I_n igual ou inferior a 30 mA:

[...]

e) os circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens (ABNT, 2008, p. 49).

Na ilustração 2, pode-se observar que o centro de distribuição não possui um dispositivo diferencial-residual para proteção das pessoas e dos equipamentos eletroeletrônicos da cozinha.

Analisando o quadro podemos ver que os cabos elétricos estão bem organizados, os disjuntores estão dimensionados de acordo com a seção dos cabos de cobre, há barramento de neutro e barramento de terra (proteção), há disjuntor geral tripolar 3x50 A conectados por 3 cabos 10 mm² para cada fase. Os cabos estão com terminal de conexão para ligação nos disjuntores. Em suma, o quadro de disjuntores se mostra montado de forma parcialmente bem dimensionada e organizada, porém a instalação de um dispositivo DR é necessária, uma vez que o quadro alimenta a cozinha da escola.

Analisando a parede externa da cozinha, é possível verificar que a alimentação elétrica do condicionador de ar não atende aos requisitos de segurança da NBR 5410:2008. Na foto a seguir pode-se observar que o condicionador de ar é energizado por cabos paralelos de 1 mm² ou 1,5 mm² (não foi possível definir qual das duas seções foi a empregada), situação que demonstra erro de dimensionamento do circuito de energização do condicionador de ar. Segundo a tabela 47 da NBR 5410:2008, a seção mínima para ser utilizada em circuitos de tomadas de uso específico é de 2,5 mm² para condutores de cobre (ABNT, 2008). O uso de cabos menores do que a seção mínima recomendada pela norma facilita o superaquecimento dos condutores, e, conseqüentemente, o risco de incêndio no aparelho alimentado e no local de uso. Apesar de, por relatos dos funcionários da escola, não se ter certeza de como o incêndio iniciou, esta situação de erro de dimensionamento do cabo de alimentação ao aparelho é a mais provável causa do incêndio no local. As ilustrações a seguir mostram parte da linha de conexão entre condensadora e evaporadora do condicionador de ar pós incêndio, além de demonstrar como foi feita a ligação elétrica do aparelho.

Ilustração 3 – Ligação entre condensadora e evaporada do condicionador de ar incendiado.



Fonte: acervo do autor.

Ilustração 4 – Uso de cabo paralelo na energização do condicionador de ar.



Fonte: acervo do autor.

O outro erro cometido na instalação relacionado ao dimensionamento do cabo é o uso de cabos paralelos em vez de cabos monoplares envoltos em eletrodutos corretamente dimensionados. Também, na falta de um eletroduto, é comum utilizar cabo PP nas instalações elétricas, pois este tipo de condutor provê 2 camadas de proteção ao condutor de cobre. Alguns gases utilizados em sistemas de refrigeração são altamente inflamáveis. O cabo paralelo estava fixado próximo à linha de cobre que executa o aquecimento e a refrigeração do aparelho. Este é mais um fator de risco de incêndio uma vez que um curto-circuito dos cabos paralelos, próximos a um possível vazamento de gás inflamável da linha de refrigeração podem causar risco de explosão.

O resultado dos estragos dos incêndios pode ser visto nas fotos a seguir:

Ilustração 5 – Placa de balizamento derretida após incêndio



Fonte: acervo do autor.

Ilustração 6 – Caixa de passagem e cabos de força após ação do incêndio



Fonte: acervo do autor.

Ilustração 7 – Caixa de passagem e cabos de força após ação do incêndio



Fonte: acervo do autor.

Ilustração 8 – Ação do incêndio nas linhas de alimentação do aparelho



Fonte: acervo do autor.

A corrente suportada pelo cabo de $1,0 \text{ mm}^2$ é de 11 A e a corrente suportada pelo cabo de $1,5 \text{ mm}^2$ é de 17,5 A. Como pode ser visto na imagem a seguir, na especificação técnica do aparelho contida nesta placa, a potência real do aparelho era de 1080 W e a corrente máxima do aparelho era de 5,6 A. Os cabos de $1,5 \text{ mm}^2$ e $1,0 \text{ mm}^2$, *a priori*, a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ e com 1 circuito presente no eletroduto, suportam a corrente

máxima de 5,6 A consumida pela carga, porém a seção mínima utilizada para aparelhos de uso específico é de 2,5 mm².

Ilustração 9 – Placa de especificações técnicas do condicionador de ar



Fonte: acervo do autor.

Ilustração 10 – Aproximação da placa de especificações técnicas do condicionador de ar

Esta imagem é uma aproximação da placa de especificações técnicas mostrada na Ilustração 9, permitindo uma leitura mais clara dos dados.

Consul		CAPACIDADE DE REFRIGERACAO	2,64 kW 9000 BTU/h
		CAPACIDADE DE AQUECIMENTO	2,64 kW 9000 BTU/h
MODELO	CBZ09888NA	CLASSE CLIMATICA	TI PRESSAO ALTA 1800 kPa
SERIE	ME1458642	CLASSE DE ISOLACAO	PRESSAO BAIXA 650 kPa
VERSAO	10	FREQUENCIA	60 Hz
POTENCIA MAX.	1080 W	TENSAO	220 V
CORRENTE MAX.	5,6 A	DISJUNTOR	10 A
		POTENCIA NOMINAL	821 W
		LRA COMP.	22,2 A
		CORRENTE NOMINAL	3,9 A
RECIRCULACAO DE AR	-	TIPO DE GAS REFRIGERANTE	R22
INDICE DE PROTECAO	IP X 4	MASSA DE GAS REFRIGERANTE	890 g
Produzido por Whirlpool Eletrodomestios AM S.A. CNPJ - 83.699.899/0001 - 80 INDUSTRIA BRASILEIRA Estrada Torqueto Lapaos, 7600 - Colonia Terra Nova - CEP - 69048 - 660 - Manaus - AM			

Fonte: acervo do autor.

Após a visita ao local, foi feito um projeto de reforma das instalações elétricas da cozinha da escola, posteriormente orçado pela Engenheira Luiza Lontra. No projeto foram dimensionadas tomadas de uso geral, tomadas de uso específico (forno industrial, condicionador de ar, refrigerador) e circuitos de iluminação. A planta elétrica da reforma projetada pela 1ª CROP encontra-se no Anexo A.

4.2 MUSEU NACIONAL

Em 2 de setembro de 2018, um grande incêndio destruiu grande parte do acervo do Museu Nacional. Na sala de entrada do museu encontra-se uma exposição de pedras semipreciosas doadas pela Vale, uma das empresas que está financiando a reforma do museu, avaliada em aproximadamente R\$ 400.000.000,00 (quatrocentos milhões de reais), segundo informação dada pela mediadora da exposição. Os outros dois financiadores são Bradesco e BNDES. Não é possível entrar no museu, apenas é possível ver de fora uma sala central onde está acontecendo a exposição das pedras semipreciosas. Nesta sala é possível enxergar um extintor de incêndio em um canto da sala e 2 ou 3 caixas de passagem onde ficavam pontos de tomada. As tomadas que antigamente estavam instaladas para alimentar algum equipamento elétrico não estão mais lá, porém os cabos de cobre que energizavam/alimentavam estes circuitos de tomada seguem passando pelos eletrodutos internos à parede e estão expostos nessa caixa de passagem. A fiação antiga foi mantida neste local a fim de mostrar os resquícios do incêndio. A sala está coberta de fuligem da fumaça por todas as paredes. O teto foi reformado e é a única parte da sala que demonstra traços da reforma.

O orientando teve a oportunidade de conversar com um dos funcionários do parque da Quinta da Boa Vista que disse que viu o incêndio se iniciar. Ele relatou que estava trabalhando no local quando viu as chamas começando e aumentando, em um estágio que ainda era possível controlar. Ele relatou que em uma conversa com um colega viu que era possível apagar o fogo jogando areia ou terra com água. Seu colega o aconselhou a não se envolver no assunto porque ele poderia ter problemas com a administração do museu, uma vez que poderia estragar alguma obra sendo acusado de vandalismo ou inclusive de ter iniciado o incêndio. Por medo de ser acusado de algum crime, o funcionário desperdiçou a chance de intervir no trágico desfecho do incêndio que levou embora uma grande porção da cultura mundial. Perdeu-se 46% do acervo do local, 35% das coleções estão sendo resgatadas e 19% não foram perdidos (Mendes, 2020).

Informações sobre a situação da obra não foram divulgadas pela empresa executora. Uma funcionária da empreiteira alegou que a reforma estava sendo feita por empresas privadas e ela não tinha a obrigação de ceder informações. Perguntada

se o Museu Nacional é um bem público, a funcionária rebateu, dizendo que a reforma é privada, sem necessidade de cooperação a pessoas externas à reforma. O funcionário que contou a história do início do incêndio disse que para ele, o museu nacional não é uma instituição da população brasileira, o sentimento dele é que ela é comandada por poucos e que a população não tem acesso a ela. O funcionário disse que, na sua visão, a única coisa que pertence a ele é a casa dele. A administração do Museu Nacional demonstrou falta de apoio e empatia com a coleta de informações para este trabalho. Em e-mail enviado para a administração do museu, não foram obtidas informações que auxiliaram na obtenção de dados para esta pesquisa.

Ilustração 11 – Contato com a administração do Museu Nacional



Thales Ramsés <thalesramsés@gmail.com>
para museu@mn.ufrj.br, falecomdiretor, imprensa, agendamento.nap ▾

qui., 5 de jan., 19:11 ☆ ↶ ⋮

Boa tarde,

Me chamo Thales Ramsés Viegas de Oliveira e estou em meu penúltimo semestre da faculdade de Engenharia Elétrica, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Neste semestre de 2022/2 iniciei a redação do meu projeto de diplomação. Meu projeto de diplomação tem como objetivo fazer a análise de Instalações Elétricas com risco de incêndio. Estou entrando em contato com as administrações de prédios e casas que trabalham com educação e cultura e que tiveram algum episódio de incêndio em sua linha do tempo. Meu projeto tem como intenção mapear a conformidade dos prédios que estou estudando com as normas de segurança de Instalações Elétricas.

Sou morador de Porto Alegre e estarei na cidade do Rio de Janeiro entre os dias 19 e 23 de janeiro. Venho por meio desta mensagem demonstrar interesse em conversar presencialmente com a administração do Museu Nacional do Rio de Janeiro com o objetivo de colher dados que possam enriquecer meu projeto. Vocês tem agenda para conversarmos na quinta à tarde, dia 19 de janeiro (ou em algum outro dia deste fim de semana)? Gostaria de saber, também, se existem registros das causas do incêndio, laudos técnicos e documentos fotográficos que possam ajudar na composição do meu trabalho. Se sim, onde posso acessá-los?

Desde já, agradeço a atenção,

Abraços,

Thales Ramsés

Fonte: acervo do autor.

Ilustração 12 – Resposta da administração do Museu Nacional

Assessoria de Imprensa - Museu Nacional/UFRJ <imprensa@mn.ufrj.br>
para mim, museu@mn.ufrj.br, falecomdiretor, agendamento.nap ▼

seg., 9 de jan., 10:53

Prezado Thales,

Agradecemos seu contato e interesse no Museu Nacional/UFRJ, mas, neste momento, não será possível colaborar com a sua pesquisa. Desejamos sucesso em sua trajetória acadêmica.

Atenciosamente,

Assessoria de Comunicação & Imprensa
Museu Nacional/UFRJ



Website www.museunacional.ufrj.br

Facebook www.facebook.com/MuseuNacionalUFRJ

Twitter @MuseuNacional

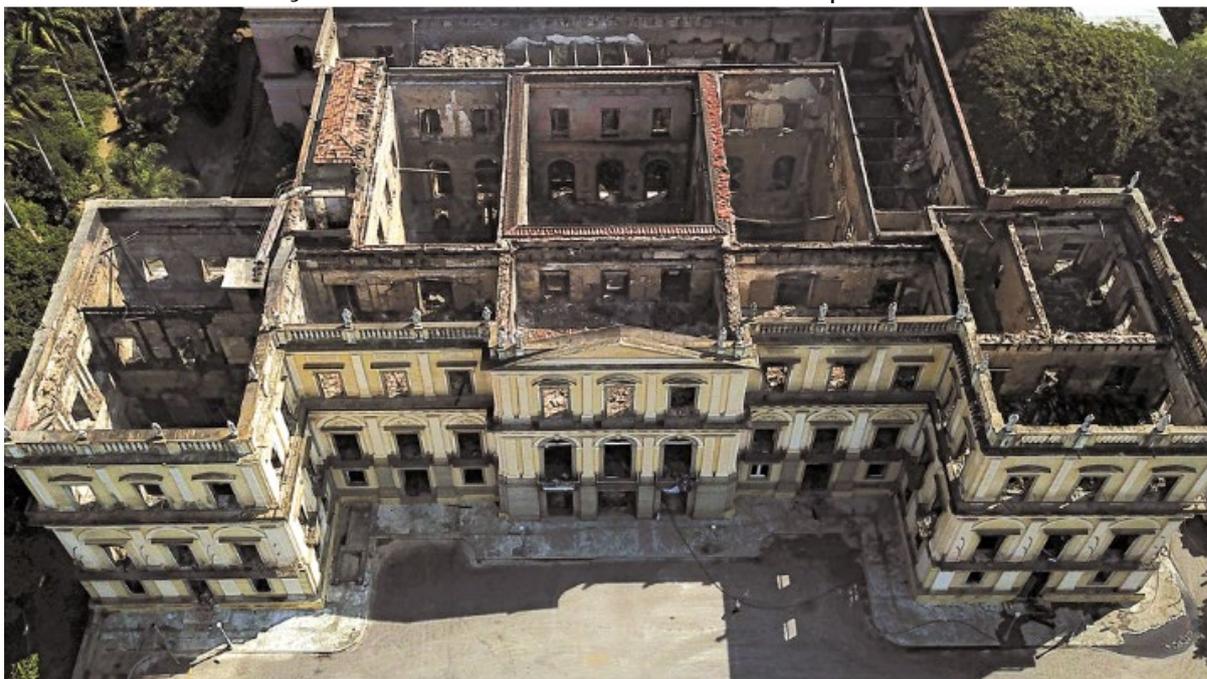
Instagram @museunacional1818

YouTube: <https://www.youtube.com/MuseuNacionalUFRJoficial>

Fonte: acervo do autor.

Por outro lado, o orientando teve a grata surpresa de ter sido entrevistado pela TV Aparecida, no programa Arquivo A. O intuito do programa foi mostrar em que etapa está a reforma do Museu Nacional e de contar um pouco da história das pessoas que passaram por ali. Durante 1 minuto e meio, o orientando conta como estava seu projeto, na etapa do PD1.

Ilustração 13 – Foto aérea do Museu Nacional após o incêndio



Fonte: TCU FARÁ [...] (2018).

Machado, Elias Palminor (2014, p. 31):

A edificação histórica, portanto, é símbolo de uma identidade e parte da herança cultural de uma determinada sociedade (FEILDEN, 1994). Sua preservação está sempre vinculada no sentido de selecionar os exemplares mais expressivos, preciosos e representativos (IPHAN, 2003).

Nesse contexto, esforços têm que ser realizados com intuito de combater os diversos agentes que podem contribuir para a degradação destes bens culturais. A perda de um bem histórico e cultural acarretará, conseqüentemente, impactos em uma comunidade atingida, sejam eles econômicos ou emocionais (ONO, 2004). A autora indica os seguintes fatores, dentre outros, como as principais ameaças externas ao patrimônio histórico cultural:

Incêndios, considerados um dos piores tipos de agressão ao patrimônio cultural. Os bens atingidos pelo fogo, sejam eles um bem edificado ou um acervo musealizado, têm em sua restauração um processo muito complicado e custoso. Pode ser ocasionado por várias maneiras, como problemas ou sobrecarga na fiação elétrica interna ou externa, usuários ou funcionários, descargas elétricas (raios), entre outros.

No dia 02 de setembro de 2023, o incêndio ao Museu Nacional completou 5 anos. Neste mesmo dia, o diretor Alexander Kellner anunciou que o museu será reaberto em abril de 2026 (Museu [...], 2023). O orçamento de reforma do museu, segundo reportagem do Diário do Poder, é de 445 milhões de reais. Deste total, já foram captados R\$ 265,3 milhões, o que equivale a 60% da meta. Cerca de 16 milhões de itens do Museu Nacional foram afetados pelo incêndio.

A atividade de memória do Museu Nacional /UFRJ está representada no seu acervo sob diversas formas:

- Acervo Bibliográfico formado de livros, folhetos, periódicos, multimeios, infólios, obras raras, mapas, teses e dissertações pertencentes à Biblioteca do Museu Nacional e da Biblioteca Francisca Keller, do Programa de Pós-Graduação em Antropologia Social (PPGAS);
- Acervo Científico composto por exemplares representativos da biodiversidade, fósseis, objetos etnográficos e arqueológicos, pertencentes aos Departamentos de Antropologia, de Botânica, de Entomologia, de Geologia e Paleontologia, de Invertebrados e de Vertebrados;
- Acervo Documental constituído de material arquivístico, custodiado pela Seção de Memória e Arquivo (SEMEAR) e pelo Centro de Documentação em Línguas Indígenas (CELIN) (Acervo, [2023]).

A administração do Museu Nacional, antes do incêndio, já reivindicava manutenções e restaurações em suas infraestruturas, porém não obteve ações concretas. A perícia técnica-criminal confirmou que o fogo começou no Auditório Roquette Pinto, que fica no 1º andar, próximo à entrada principal do Museu Nacional. O local provável do início do incêndio foi um dos aparelhos de condicionador de ar que fica no auditório (PF conclui [...], 2020).

Em reportagem da Agência Brasil, do dia 06.07.2020:

Antes do incêndio, houve ainda uma tentativa da UFRJ e da diretoria do Museu Nacional de revitalizar o prédio. Eles chegaram a iniciar tratativas com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), para adequar o antigo edifício, que já foi residência do imperador Dom Pedro II, para adequação ao Código de Segurança contra Incêndio e Pânico.

O contrato foi assinado em junho de 2018, mas o valor não chegou a ser desembolsado antes do incêndio, que ocorreria três meses depois. Por isso, o inquérito concluiu que os gestores da instituição não foram omissos (Abdala, 2020).

Uma sucessão de erros ocasionou o desastre ao Museu. Para além dos problemas elétricos presentes no circuito que alimentava o condicionador de ar do auditório, o local não estava com seus sistemas de prevenção de incêndio em conformidade com as normas de segurança. O hidrante do local não funcionou, logo não foi possível alimentar as mangueiras para combater as chamas iniciais. Com a ausência de água do sistema de hidrantes, foi necessário buscar água dos lagos da Quinta da Boa Vista para apagar o incêndio. Este tempo foi crucial para espalhar as chamas para praticamente 80% do acervo do museu.

4.3 MUSEU PORTO ALEGRE JOAQUIM FELIZARDO

Tendo em vista os 2 primeiros estudos de caso, e que estes locais podem ser classificados como locais de afluência de público, o orientando escolheu um

patrimônio cultural do município de Porto Alegre para projetar tópicos relacionados à NBR 13570:2021. A NBR 13570:2021 nada mais é do que uma derivação da NBR 5410:2008 buscando focar nos requisitos específicos para instalações elétricas em locais de afluência de público, a fim de garantir o seu funcionamento adequado, a segurança de pessoas e de animais domésticos e a conservação dos bens (ABNT, 2021). Primeiramente o orientando entrou em contato com a administração do museu demonstrando interesse em analisar as instalações elétricas do local. Após autorização da administração do museu para estudar o local o orientando começou a coletar informações sobre a história do museu, como está a disposição do museu atualmente e onde ficam registrados os documentos referentes às suas instalações elétricas. O orientando fez a busca das plantas elétricas do MPOAJF chegando a conclusão de que elas existem somente na forma física, em folhas de dimensão A1, armazenadas no Arquivo Histórico de Porto Alegre Moysés Vellinho, situado na Avenida Bento Gonçalves, 1129. Ademais, o orientando procurou entender como está o plano de prevenção contra incêndio da parte edificada do terreno. Por fim, por meio de inspeções visuais, registros fotográficos, análise de pontos de tomadas, pontos de iluminação e do quadro de disjuntores o orientando chegou às conclusões da situação das instalações elétricas do museu. A análise dos dados coletados sobre o museu está dividida conforme os tópicos já apresentados na metodologia desta monografia.

4.3.1 Seleção e Instalação das Linhas Elétricas

Os condutos utilizados no museu para fazer a ligação entre o quadro de distribuição e os pontos de tomada são eletrodutos de PVC $\frac{3}{4}$ ". Este tipo de conduto está de acordo com a norma estudada pois o PVC é produto inerte, atóxico e seguro, ou seja, se adequa na função de proteger as linhas elétricas.

Ilustração 14 – Tomada de Uso Geral do MPOAJF



Fonte: acervo do autor.

Ilustração 15 – Interruptores do MPOAJF



Fonte: acervo do autor.

De acordo com a seção 4.2.3 a) da ABNT NBR 13570:2021:

a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, estas devem estar situadas de forma a não serem acessíveis, nas situações previstas de utilização do local, a pessoas não advertidas ou não qualificadas, respeitando-se a altura mínima de 2,50 m do piso acabado, e os cabos devem ser conforme, no mínimo, as categorias CH2 e CP4 (ver Anexo C); (ABNT, 2021, p. 3).

Por outro lado, quando verificamos certas linhas elétricas que alimentam determinados pontos de tomada e pontos de iluminação específicos, nota-se a presença de cabos paralelos. Este tipo de cabo evidencia a falta de sistema de aterramento no circuito, uma vez que são usadas apenas duas linhas para alimentar uma tomada ou ponto de iluminação.

É possível identificar que as tomadas são de padrão desatualizado. Tanto nas salas de exposições quanto nas salas administrativas as tomadas ainda são de padrão antigo, evidenciando a necessidade de adequação destes pontos. É possível identificar no local o uso de extensões em régua, o uso de adaptadores “T” ou benjamins para tornar possível a conexão de flechas de 3 pinos de padrão novo com estas tomadas de padrão antigo. Não é recomendável seguir este tipo de solução para conexão dos aparelhos eletroeletrônicos pois a circulação de correntes mais altas em extensões em régua e adaptadores pode causar superaquecimento e derretimento destes materiais. A solução mais segura é a instalação de mais pontos de tomada em conformidade com o padrão novo, conforme a seguir:

Ilustração 16 – Tomada dupla de três pinos de padrão atual



Fonte: acervo do autor.

A seguir é possível encontrar cabos paralelos instalados pela área de exposições do museu de forma incorreta. Os cabos não possuem condutor de proteção tampouco conduto para proteção da linha.

Ilustração 17 – Tomada da sala de exposições do MPOAJF



Fonte: acervo do autor.

Ilustração 18 – cabos paralelos de alimentação de ponto de iluminação



Fonte: acervo do autor.

4.3.2 Iluminação

A divisão dos circuitos de iluminação está seguindo a recomendação da norma NBR 13570:2021, que no item 4.9.1 diz que para ambientes com área superior a 100 m², acessíveis ao público, devem ser previstos no mínimo dois circuitos terminais de iluminação (ABNT, 2021). O quadro de distribuição do pavimento superior do museu tem 6 circuitos de iluminação.

Ilustração 19 – Quadro de cargas da área de exposições e administrativa do MPOAJF

MUSEU DE PORTO ALEGRE	
SOLAR LOPO GONÇALVES	
QUADRO DE CARGAS - PAVIMENTO SUPERIOR	
CIRCUITO	DESCRIÇÃO
01	ILUMINAÇÃO SALA 2
02	ILUMINAÇÃO SALAS 3 - 4 - 5
03	ILUMINAÇÃO SALAS 6B - 1
04	ILUMINAÇÃO SALA 6C
05	ILUMINAÇÃO SALA 6A
06	ILUMINAÇÃO SALA 7
07	TOMADAS P/LÓGICA - SALA 5
08	DESUMIDIFICADOR
09	RESERVA
10	TOMADAS SALAS 2 - 4 - 5
11	TOMADAS SALA 7
12	TOMADAS SALAS 6A - 6B - 6C

Fonte: acervo do autor.

Por outro lado, não foram encontradas luminárias de segurança, luminárias de balizamento e também placas de balizamento indicando locais de saída em qualquer local do museu.

A NBR 13570:2021 adverte que luminárias instaladas acima de 2,5 m de altura devem prever sistema de segurança contra solicitações mecânicas. Uma solução viável para esta recomendação é a instalação de cabo de aço de segurança para cada luminárias que se encaixar nesta restrição. Na ilustração 21 é possível encontrar luminárias *spot* instaladas em trilhos eletrificados. A queda de uma luminária deste

porte ou uma outra luminária mais pesada pode causar um acidente a uma obra de arte, ao patrimônio ou alguma pessoa presente na área de exposições.

Ilustração 20 – Pontos de iluminação do MPOAJF



Fonte: acervo do autor.

Ilustração 21 – Pontos de iluminação do MPOAJF



Fonte: acervo do autor.

4.3.3 SPDA/MPS (DPS)

Tendo em vista que o estado do Rio Grande do Sul tem uma grande incidência de descargas atmosféricas em seu território o orientando entende que é pertinente a instalação de um sistema de DPS em qualquer quadro de distribuição do território do estado, uma vez que a atuação do DPS, evita prejuízos de sobretensões nas instalações elétricas que este dispositivo está protegendo.

A NBR 13570:2021 não fala sobre instalação de dispositivos de proteção contra surtos (ABNT, 2021), porém o orientando achou pertinente citar a instalação deste dispositivo no quadro de distribuição terminal da área de exposições do museu MPOAJF tanto quanto em outros quadros de distribuição do museu. Ou se se decidir instalar apenas um sistema de DPS, deve-se instalá-lo no quadro de entrada do terreno do museu, ao lado do medidor de consumo da concessionária.

4.3.4 Quadro de Distribuição

O quadro de distribuição da imagem abaixo compreende a alimentação dos circuitos da área de exposições e da área administrativa do pavimento superior do museu. O quadro contém um disjuntor geral modelo NEMA de 50 A. Este disjuntor geral alimenta os circuitos de iluminação, os de tomadas de uso geral, um circuito para aparelho desumidificador e um circuito de reserva. O quadro de disjuntores não possui dispositivo diferencial-residual e não possui dispositivo de proteção de surto. Não se pode ter certeza se os cabos são antichamas e/ou livre de halogênios. A parte plástica dos cabos antichamas e livres de halogênio tem a característica de ter uma coloração mais opaca do que os cabos que não são antichamas ou livres de halogênio. Pelas fotos tiradas pelo orientando foi possível identificar que alguns cabos presentes no quadro não são antichamas e/ou livre de halogênio, porém não se pode ter certeza acerca de todas as linhas elétricas do museu.

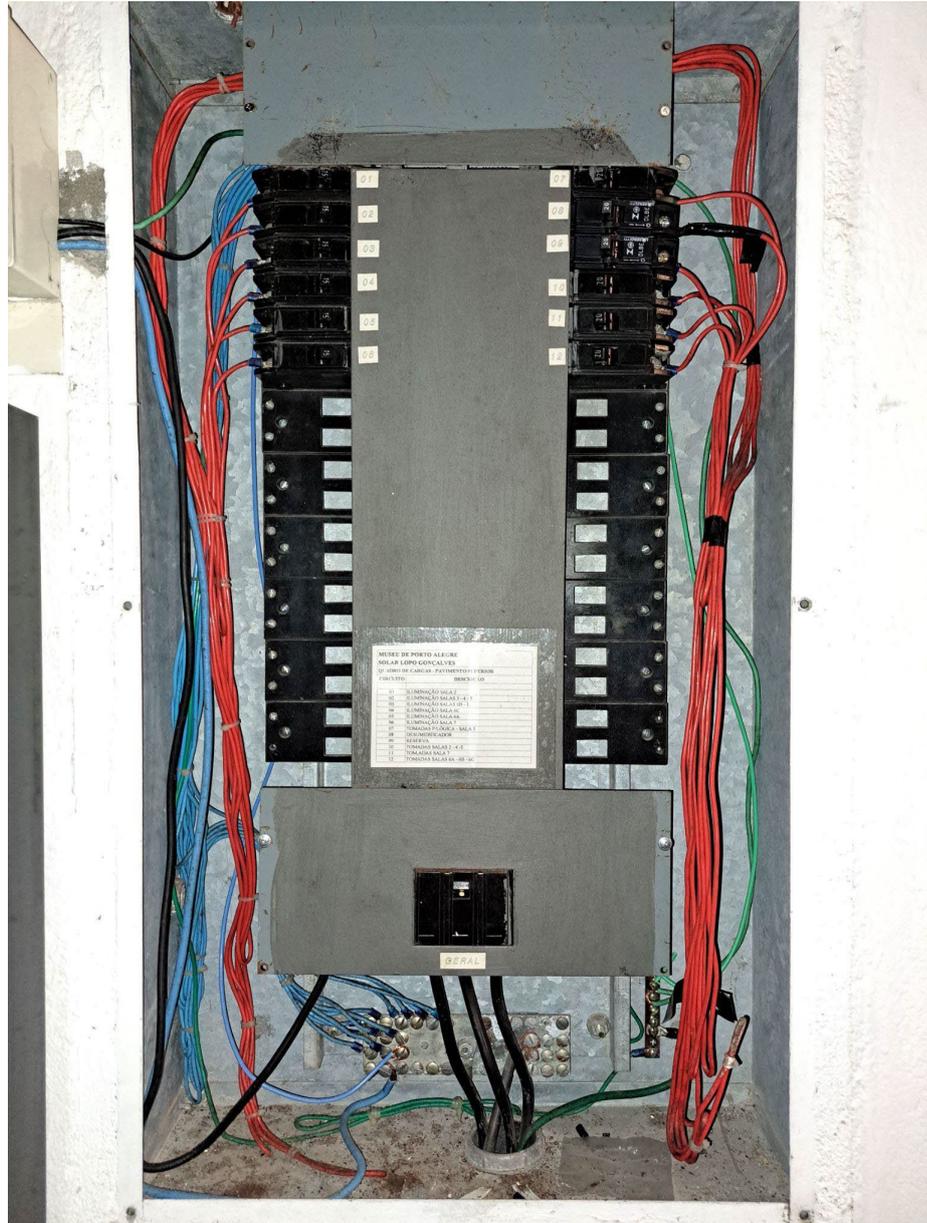
A sugestão de melhoria que se faz em relação ao quadro de distribuição é a troca dos disjuntores NEMA pela tecnologia DIN. Os disjuntores DIN tem maior sensibilidade que o NEMA, sendo mais precisos no desarme tanto por curto-circuito quanto por sobrecarga. A planta elétrica do museu, que só se encontra no Arquivo Histórico de Porto Alegre, deve estar presente no local que se refere, o MPOAJF e deve ter fácil acesso.

Ilustração 22 – Descrição do quadro de cargas do centro de distribuição do pavimento superior do museu

MUSEU DE PORTO ALEGRE	
SOLAR LOPO GONÇALVES	
QUADRO DE CARGAS - PAVIMENTO SUPERIOR	
CIRCUITO	DESCRIÇÃO
01	ILUMINAÇÃO SALA 2
02	ILUMINAÇÃO SALAS 3 - 4 - 5
03	ILUMINAÇÃO SALAS 6B - 1
04	ILUMINAÇÃO SALA 6C
05	ILUMINAÇÃO SALA 6A
06	ILUMINAÇÃO SALA 7
07	TOMADAS P/LÓGICA - SALA 5
08	DESUMIDIFICADOR
09	RESERVA
10	TOMADAS SALAS 2 - 4 - 5
11	TOMADAS SALA 7
12	TOMADAS SALAS 6A - 6B - 6C

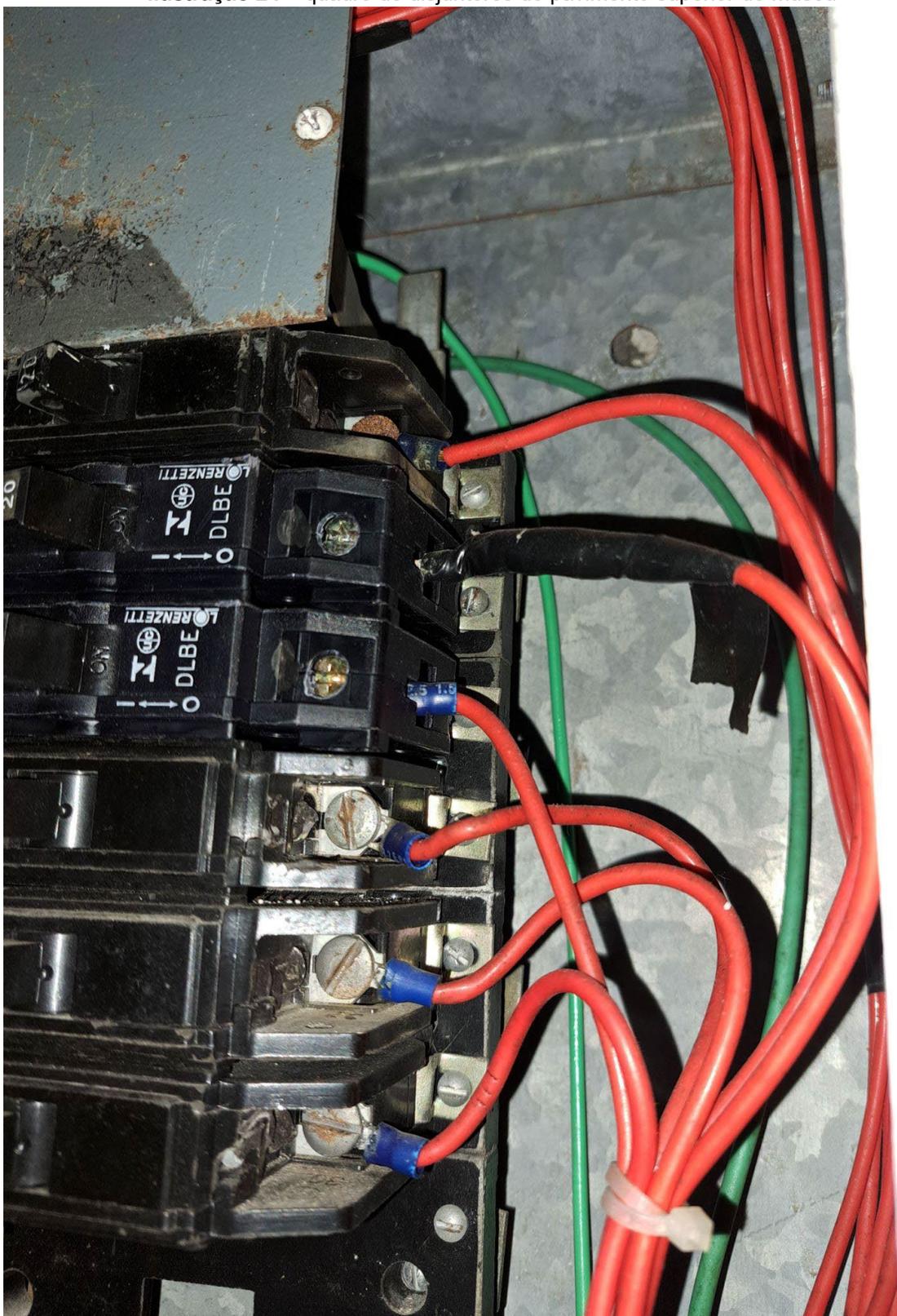
Fonte: acervo do autor.

Ilustração 23 – Quadro de disjuntores do pavimento superior do museu



Fonte: acervo do autor.

Ilustração 24 – quadro de disjuntores do pavimento superior do museu



Fonte: acervo do autor.

No arquivo histórico de Porto Alegre, foi possível encontrar plantas elétricas de projeto feito para o museu no ano de 1981.

Ilustração 25 – Recorte do selo de planta elétrica do Solar Lopo Gonçalves.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTOALEGRE
 secretaria municipal de educação e cultura

**PROJETO DE RESTAURAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DO
 SOLAR LOPO GONCALVES**
 RUA JOÃO ALFREDO Nº 582

PROJETO ELÉTRICO SITUAÇÃO E DETALHE DO MEDIDOR

SECRETARIO MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO E CULTURA
 EQUIPE DO PATRIMONIO HISTORICO CULTURAL

PROJETO
 ARQ: ROBERT LEVY CREA 19.83 D
 ARQ: RÉGIS U.G. ANDRETTA CREA 31.924 D

DESENHO ESCALA 1:10 1:200 DATA JUN./81

AEROFOTOGRAFETRICO

PRANCHA

Fonte: Prefeitura Municipal de Porto Alegre (1981).

Ilustração 26 – Recorte de planta elétrica do Solar Lopo Gonçalves.

QUADRO DE CARGA CD. I					
CIRCUITO	POTENCIA	LUZ	TOMADAS	DISJUNTOR	ALIMENTADOR
1	900	600	300	1 x 15 A	2 x 14 AWG
2	600	400	200	" " "	" " "
3	1300	900	400	" " "	" " "
4	1000	700	300	" " "	" " "
5	300	200	100	" " "	" " "
6	1200	700	500	" " "	" " "
7	1000	700	300	" " "	" " "
8	600		600	1 x 20 A	2 x 14 AWG
9	8000		8000	3 x 40 A	4 x 8 AWG
10	8000		8000	3 x 40 A	4 x 8 AWG
11	8000		8000	3 x 40 A	4 x 8 AWG
12	11000		11000	3 x 50 A	4 x 6 AWG
13	750	750		2 x 30 A	2 x 10 AWG
TOTAL	42650			3 x 150 A	4 x 1/0 AWG

Fonte: Levy e Andretta (1981a).

Ilustração 27 – Recorte de planta elétrica do Solar Lopo Gonçalves.

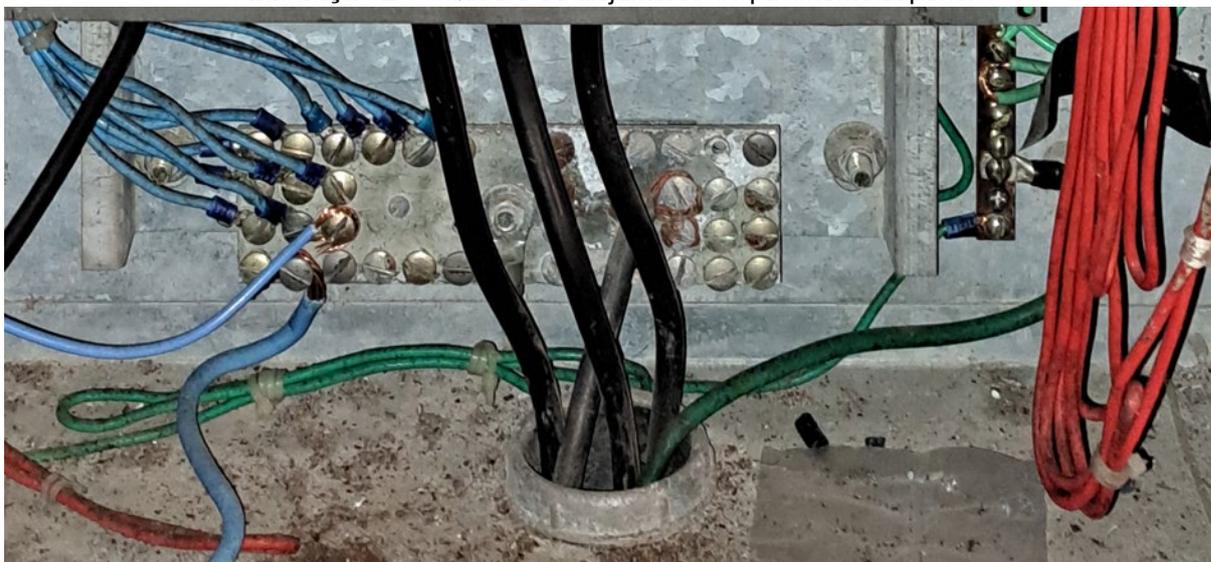
QUADRO DE CARGA CD. 2					
CIRCUITO	POTENCIA	LUZ	TOMADAS	DISJUNTOR	ALIMENTADOR
1	1200	1200		1 x 15 A	2 x 14 AWG
2	800	800		" " "	" " "
3	700	700		" " "	" " "
4	700	700		" " "	" " "
5	800	800		" " "	" " "
6	700	700		" " "	" " "
7	300	200	100	" " "	" " "
8	700	700		" " "	" " "
9	600	600		" " "	" " "
10	500	500		" " "	" " "
11	1000	1000		" " "	" " "
12	1000	1000		" " "	" " "
13	1100	800	300	" " "	" " "
14	500	500		" " "	" " "
15	700	700		" " "	" " "
16	1000		1000	1 x 20 A	2 x 12 AWG
17	1000		1000	" " "	" " "
18	1000		1000	" " "	" " "
19	1000		1000	" " "	" " "
20	1000		1000	" " "	" " "
21	1000		1000	" " "	" " "
22	1000		1000	" " "	" " "
23	1000		1000	" " "	" " "
24	1000		1000	" " "	" " "
25	1000		1000	" " "	" " "
26	1000		1000	" " "	" " "
27	1000		1000	" " "	" " "
28	1000		1000	" " "	" " "
29	1000		1000	" " "	" " "
TOTAL	25300			3 x 90 A	4 x 2 AWG

Fonte: Levy e Andretta (1981a).

4.3.5 Sistema de Aterramento

Por meio deste recorte de fotografia feita do quadro de disjuntores do pavimento superior do solar Lopo Gonçalves é possível verificar que certas recomendações da NBR 5410:2008 não foram seguidas no momento de construção deste quadro de cargas. É possível verificar que o condutor de proteção (aterramento) possui seção menor do que os condutores fase e neutro. Segundo a norma NBR 5410:2008 todos os condutores devem ter a mesma seção até 25 mm² (ABNT, 2008). Segundo tabela 48 da NBR 5410:2008, somente a partir da seção de 25 mm² os condutores fase, neutro e proteção começam a se diferenciar no momento do dimensionamento (ABNT, 2008). Como estes condutores são menores do que 25 mm², é possível verificar que o sistema de proteção está mal dimensionado. Como este é o mesmo quadro que está sendo analisado nas outras seções desta monografia, é possível analisar que o condutor neutro e o condutor de proteção estão conectados, fugindo da configuração TN-S, sugerida pela ABNT NBR 13570:2021, onde estes dois condutores devem ser separados desde o ponto de origem até o ponto de utilização.

Ilustração 28 – Quadro de disjuntores do pavimento superior



Fonte: acervo do autor.

A outra sugestão da norma é que se utilize o esquema TT.

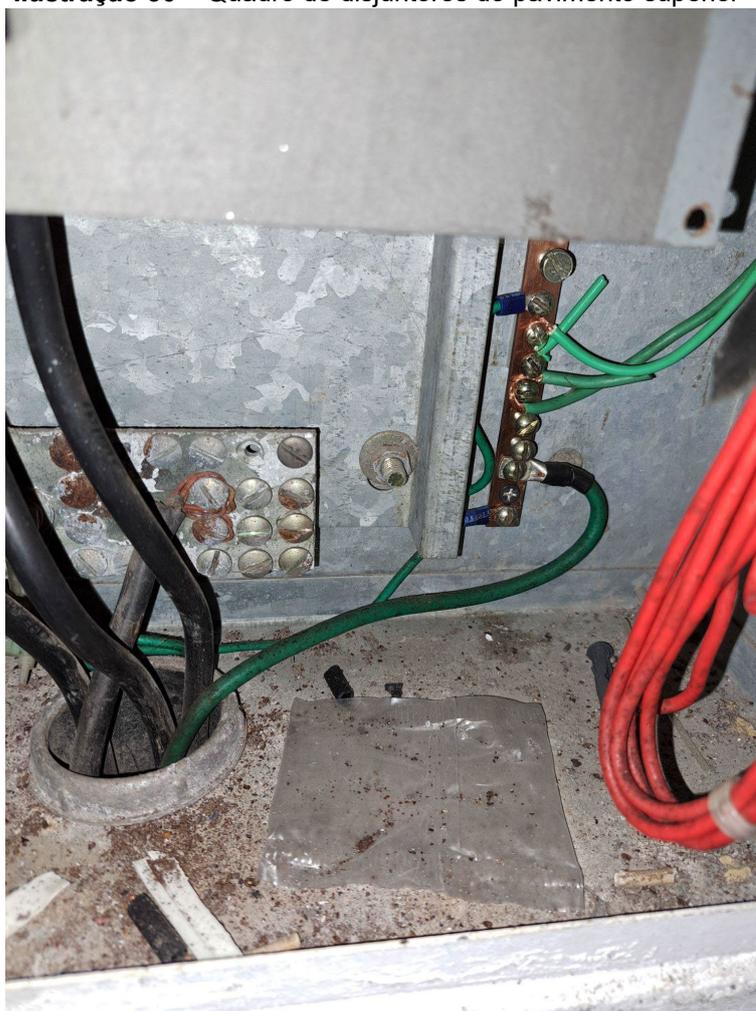
O barramento de proteção tem poucos cabos conectados aos circuitos de iluminação e tomada, como é possível verificar na imagem abaixo:

Ilustração 29 – Quadro de disjuntores do pavimento superior



Fonte: acervo do autor.

Ilustração 30 – Quadro de disjuntores do pavimento superior



Fonte: acervo do autor.

Em 1981 e 1982, foi feito um projeto de reforma das instalações elétricas do museu e estas plantas elétricas não continham sistemas de proteção. Em 1998 foi feita reforma na iluminação do pátio do terreno do museu. Após esta data, não foram encontrados registros de ART, plantas elétricas, projetos e fotografias de reforma das instalações elétricas do MPOAJF.

Ilustração 31 – Recorte de Planta Elétrica do MPOAJF

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTOALEGRE
 secretaria municipal de educação e cultura

**PROJETO DE RESTAURAÇÃO E REUTILIZAÇÃO DO
 SOLAR LOPO GONCALVES**
 RUA JOÃO ALFREDO Nº 582

PROJETO ELETRICO SITUÇÃO E DETALHE DO MEDIDOR

SECRETÁRIO MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO E CULTURA
 EQUIPE DO PATRIMONIO HISTORICO CULTURAL

PROJETO ARQ: ROBERT LEVY CREA 19.83 D
 ARQ: RÉGIS U.G. ANDRETTA CREA 31.924 D

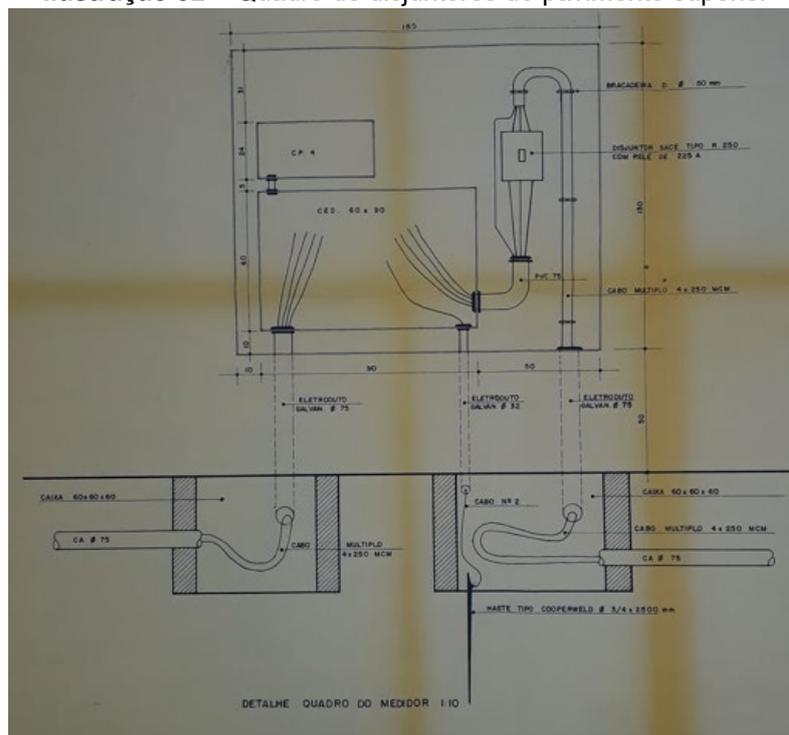
DESENHO ESCALA 1:10 1:200 DATA JUN./81

AEROFOTOGRAFETRICO

PRANCHA

Fonte: Prefeitura Municipal de Porto Alegre (1981).

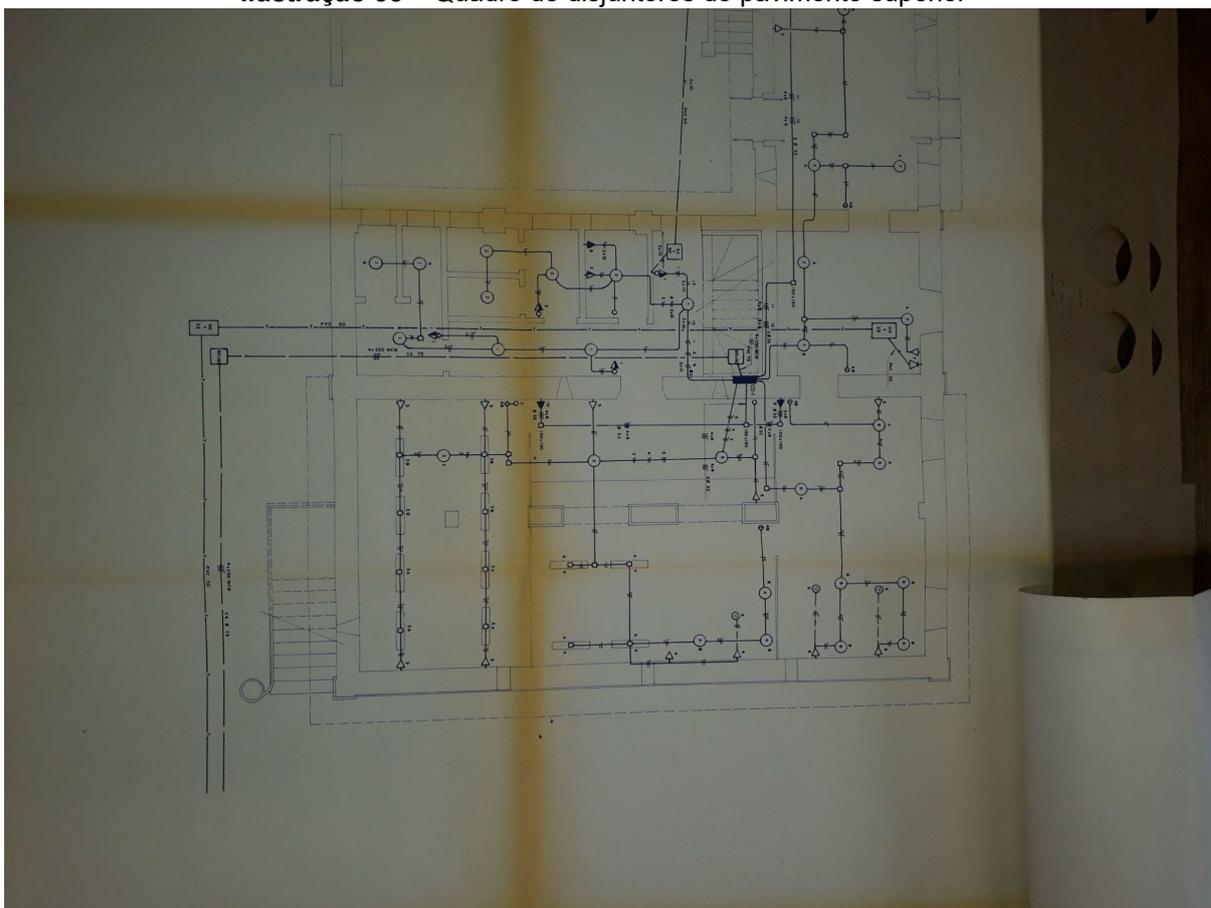
Ilustração 32 – Quadro de disjuntores do pavimento superior



Fonte: Arquivo Histórico de Porto Alegre.

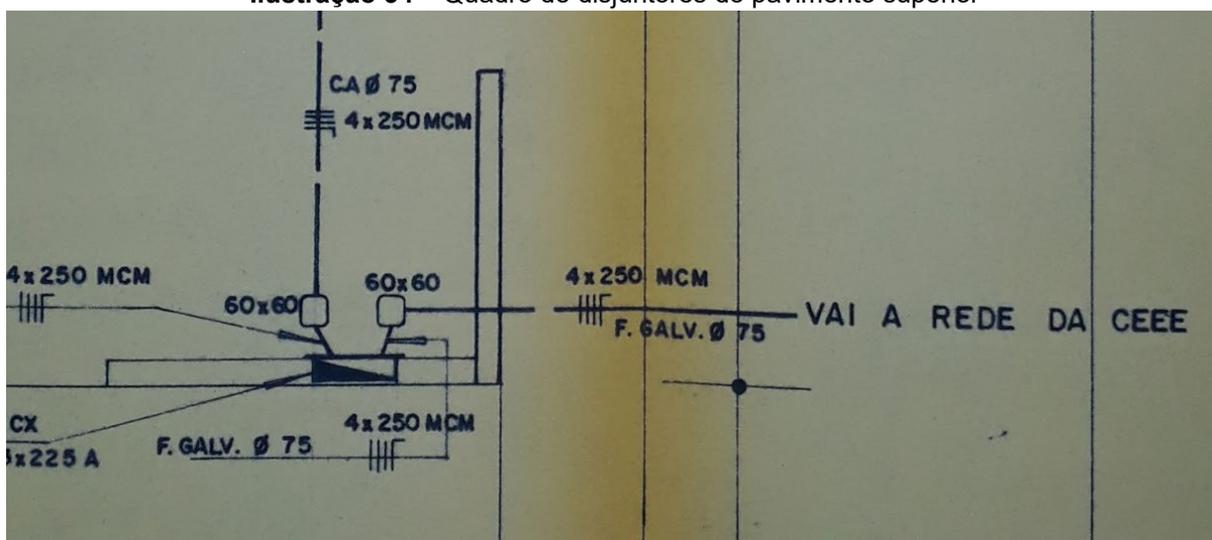
Analisando as plantas elétricas do museu, do projeto de 1982, é possível verificar que a entrada do museu possui 3 fases, 1 neutro, porém sem proteção (aterramento):

Ilustração 33 – Quadro de disjuntores do pavimento superior



Fonte: Levy e Andretta (1981a).

Ilustração 34 – Quadro de disjuntores do pavimento superior



Fonte: Levy e Andretta (1981b).

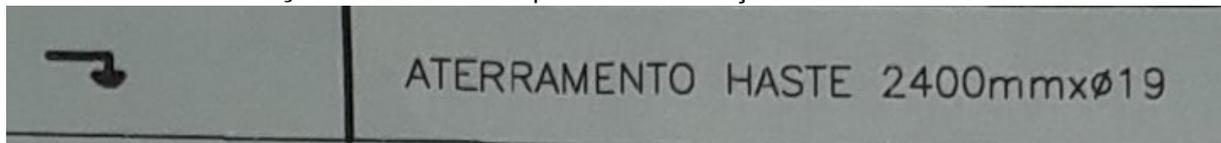
No ano de 1998 foi feito projeto de iluminação da área externa do museu e para esta ocasião foi feito sistema de aterramento. Porém o orientando não conseguiu verificar a configuração do sistema de aterramento do sistema, junto ao quadro de medição para confirmar se a configuração é TT ou TN.

Ilustração 35 – Recorte de planta de iluminação externa do MPOAJF

OBRA: MUSEU DE PORTO ALEGRE – SOLAR LOPO GONÇALVES		
LOCAL: RUA JOÃO ALFREDO, 582 – PORTO ALEGRE – RS		
PROPRIETÁRIO: PNPA	PROJETO: WERNER WILLY STOBAUS	EXECUÇÃO: WERNER WILLY STOBAUS
		
ELETRICIDADE ♦ HIDRÁULICA ♦ INFORMÁTICA		
ASSUNTO: PROJETO ILUMINAÇÃO EXTERNA		DATA: JUN/98
		ESCALA: 1:250
CONTEÚDO: PLANTA BAIXA		PRANCHA: 01/01

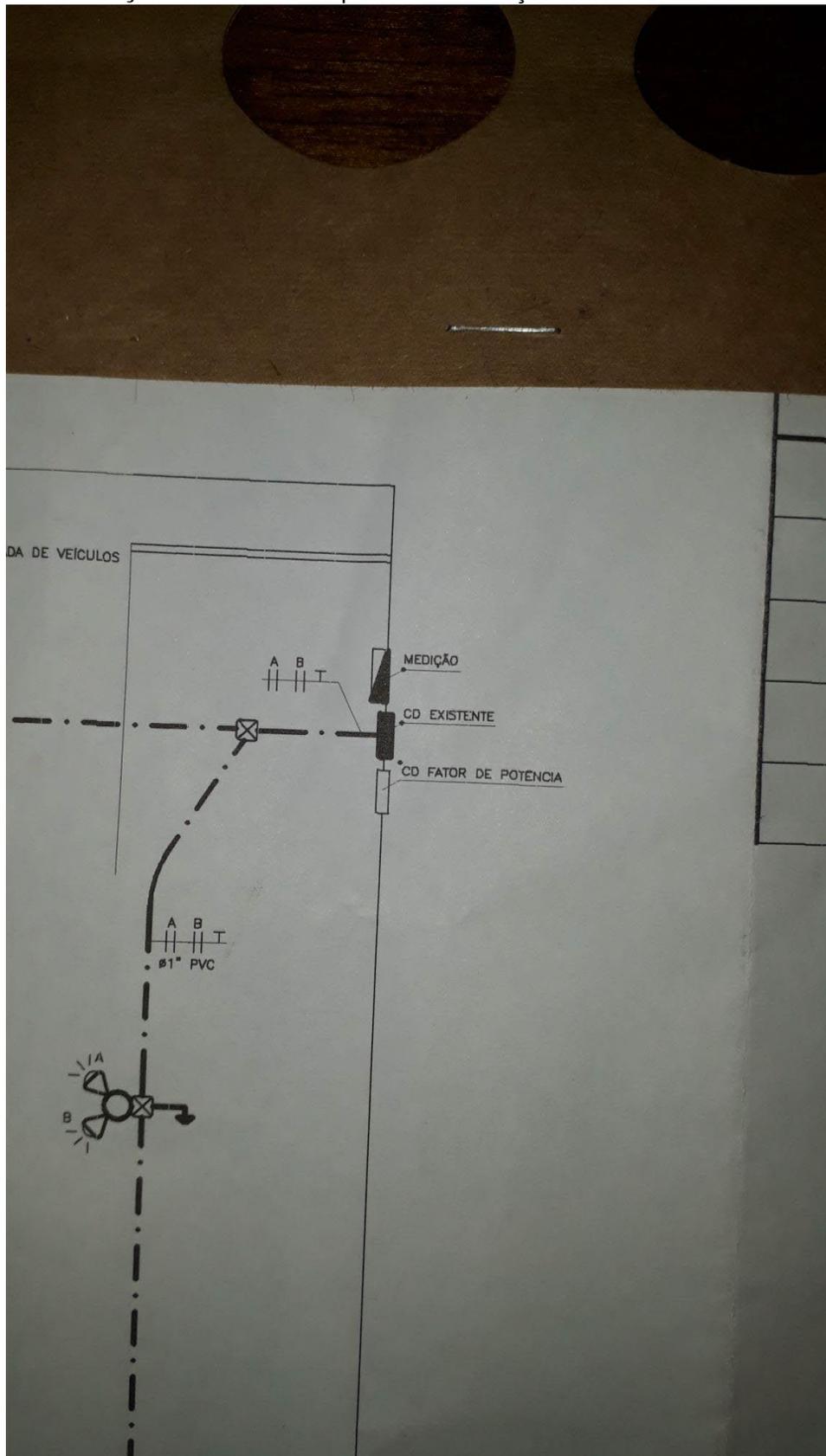
Fonte: System Instalações (1998).

Ilustração 36 – Recorte de planta de iluminação externa do MPOAJF



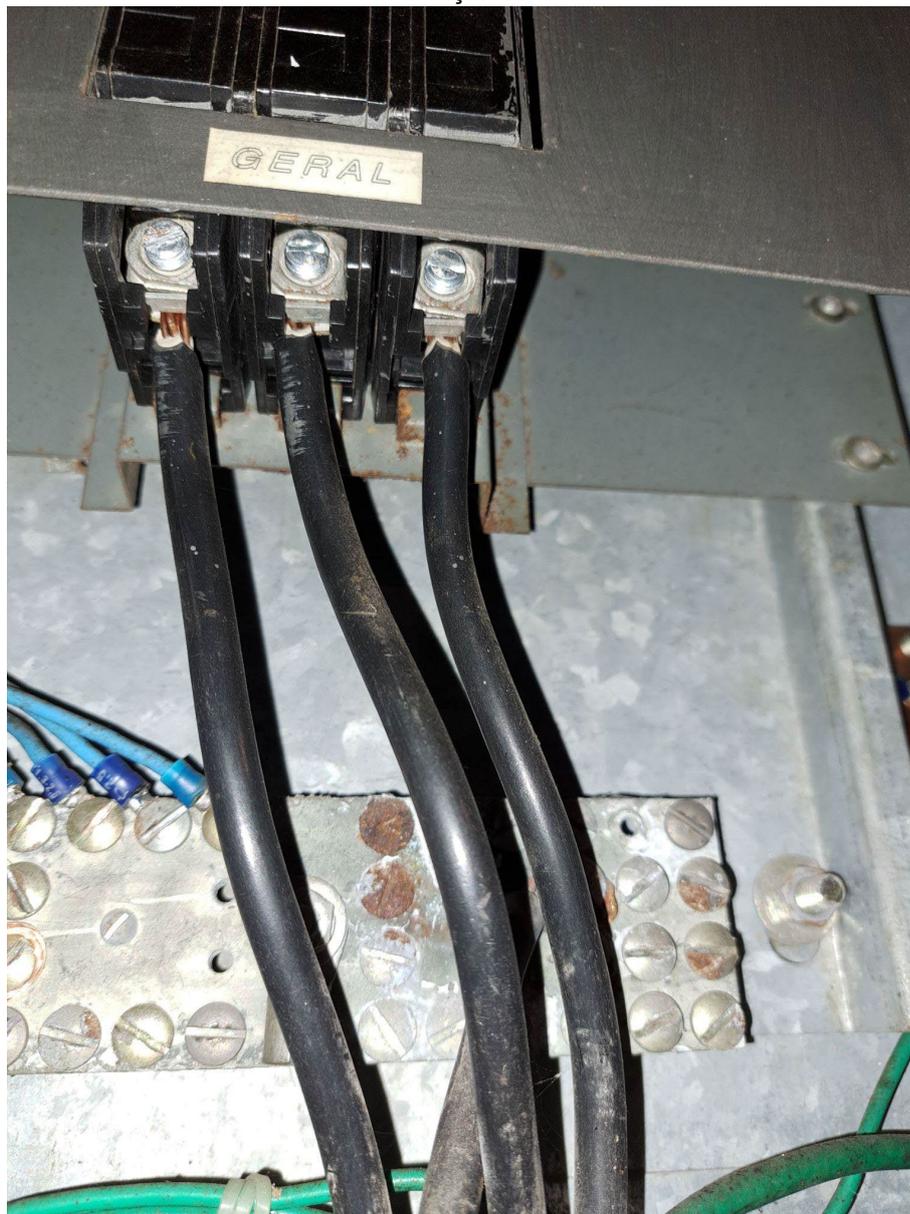
Fonte: System Instalações (1998).

Ilustração 37 – Recorte de planta de iluminação externa do MPOAJF



Fonte: Stobaus (1998).

Ilustração 38 – Condutores de alimentação trifásica do pavimento superior do Solar Lopo Gonçalves



Fonte: acervo do autor.

Em relação aos condutores de cobre, os cabos de seção $1,5 \text{ mm}^2$ podem ser seccionados por um disjuntor de 15 A. O dimensionamento foi feito de forma correta e o cabo está protegido contra possíveis sobrecorrentes que possam superaquecer e causar princípio de incêndio aos cabos, uma vez que a corrente circulante passar de 15 A, o disjuntor atuará de forma a desenergizar o circuito. Porém, os disjuntores NEMA não são tão precisos no desarme por sobrecorrente quanto os modelos DIN. Em um futuro projeto de reforma é necessário trocar o modelo e a tecnologia dos disjuntores de seccionamento.

Ilustração 39 – Disjuntores de circuitos de iluminação do pavimento superior do Solar Lopo Gonçalves



Fonte: acervo do autor.

4.3.6 IDR 30 mA/300 mA

Tendo em vista o item e) da subseção 5.1.2.2.4.2 da NBR 5410:2008 observa-se que:

e) no esquema TN, no seccionamento automático visando proteção contra choques elétricos, podem ser usados os seguintes dispositivos de proteção:

- dispositivos de proteção a sobrecorrente;
- dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivos DR), observado o que estabelece a alínea f);

f) não se admite, na variante TN-C do esquema TN, que a função de seccionamento automático visando proteção contra choques elétricos seja atribuída aos dispositivos DR.

NOTAS

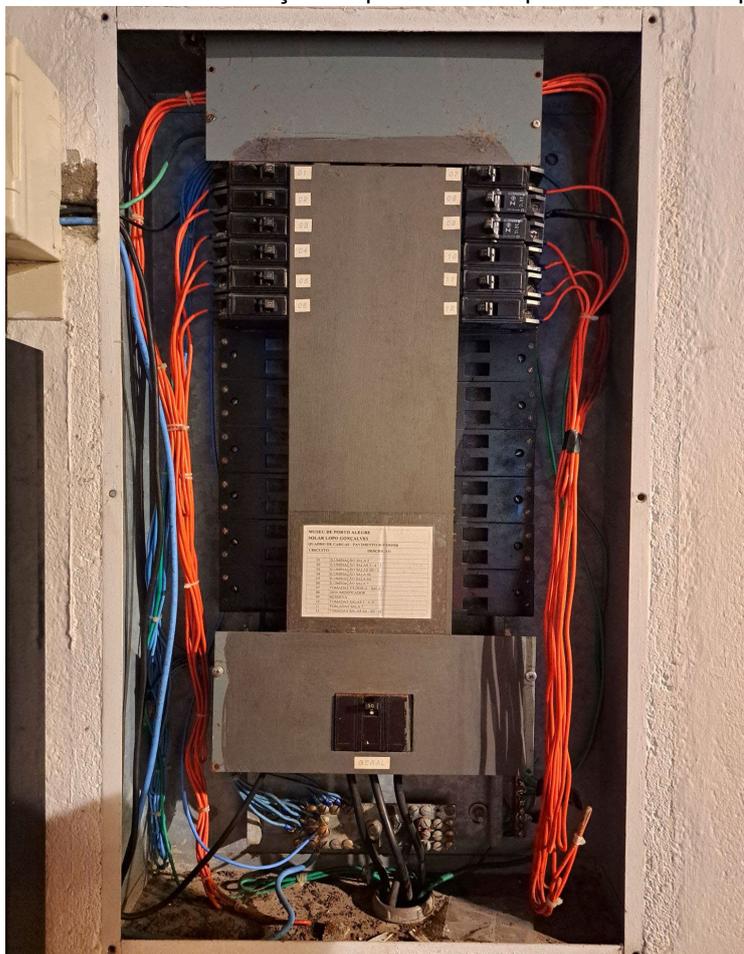
1 Para tornar possível o uso do dispositivo DR, o esquema TN-C deve ser convertido, imediatamente a montante do ponto de instalação do dispositivo, em esquema TN-C-S. Isto é: o condutor PEN deve ser desmembrado em dois condutores distintos para as funções de neutro e de PE, sendo esta separação feita do lado fonte do dispositivo DR, passando então o condutor neutro internamente e o condutor PE externamente ao dispositivo.

2 Admite-se também que, na separação entre neutro e PE a que alude a nota 1, o condutor responsável pela função PE não seja ligado ao PEN, do lado fonte do dispositivo DR, mas a um eletrodo de aterramento qualquer cuja resistência seja compatível com a corrente de atuação do dispositivo. Neste caso, porém, o circuito assim protegido deve ser então considerado como conforme o esquema TT, aplicando-se as prescrições de 5.1.2.2.4.3 (ABNT, 2008, p. 39).

Uma vez que se faça um sistema de aterramento TN no MPOAJF, faz-se necessária a instalação de um DR.

Ademais, caso consideremos o museu um local de ensino, uma vez que a administração do museu afirma receber excursões escolares, afirmando ocorrer a circulação de jovens e crianças, o item 5.3, referente a proteção contra choques elétricos, merece atenção uma vez que todo o quadro de disjuntores tem de ter um dispositivo diferencial-residual com corrente diferencial-residual nominal igual ou inferior a 30 mA.

Ilustração 40 – Quadro de distribuição do pavimento superior do Solar Lopo Gonçalves



Fonte: acervo do autor.

4.3.7 Dificuldade de Evacuação/Rotas de Fuga

O Solar Lopo Gonçalves, área edificada do Museu Porto Alegre Joaquim Felizardo, tem características arquitetônicas simples e que tornam a saída do local intuitiva. O local tem portas e janelas grandes, facilitando a saída do local. Porém o local não tem estruturas que instruem a saída do local em uma emergência. Conforme tabela 21 da NBR 5410:2008, o MPOAJF classifica-se em BD3 quanto às condições de fuga das pessoas em emergências. A afirmação anterior procede pois a condição de fuga do MPOAJF pode ser classificada como tumultuada, uma vez que o local tem características físicas de alta densidade de ocupação porém por ser um local pequeno (menos de 150 m² por andar da edificação) tem um percurso de fuga breve.

A solução para esta falta de estrutura é a revisão do PPCI do museu. Por meio da revisão do plano de prevenção contra incêndio do museu e criação de um novo projeto de segurança devem ser instalados extintores de incêndio na quantidade correta, na especificação correta e em locais acessíveis a quem for utilizá-los. Também, devem ser instaladas luminárias de segurança em toda a edificação, em locais que facilitem a fuga, como, por exemplo, corredores e escadas. Em cada sala do MPOAJF também devem ser instaladas luminárias de emergência, a fim de guiar as pessoas que estão na edificação. Placas e luminárias de balizamento devem ser instaladas no museu com o propósito de instruir a saída das pessoas que não tem familiaridade com a arquitetura da edificação em momento de fuga.

5 CONCLUSÕES

O estudo de Instalações Elétricas em Locais de Afluência de Público sempre foi um assunto de interesse do orientando uma vez que teve a oportunidade de trabalhar como técnico de manutenção de instalações residenciais e industriais, chefe de elétrica de produções audiovisuais e de produções de iluminação cênica por meio de sua microempresa individual, a TR Elétrica. Foram realizados projetos em diversos locais de afluência de público dentre os quais podemos citar o Instituto Goethe, a Casa de Cultura Mário Quintana, o Theatro São Pedro, Teatro Bruno Kiefer, Usina das Artes, Teatro Municipal Pedro Parenti, Teatro de Arena, Instituto Ling, TecnoPuc de Viamão, etc. Por todos estes locais, foram observadas as condições de infraestrutura das instalações elétricas, fossem elas de precariedade ou de solidez. No período de estágio pela Engenharia Elétrica, na 1ª CROP do RS, foi feito acompanhamento às obras estaduais públicas como a reconstrução do Instituto de Educação General Flores da Cunha, construção do Centro da Juventude da Lomba do Pinheiro, reforma da cozinha da EEEM Almirante Barroso e a instalação do novo sistema de refrigeração do MARGS. Independentemente, foi feita uma visita ao Museu Nacional. Futuramente, o objetivo é estudar as etapas de reforma do Mercado Público de Porto Alegre, os 5 incêndios ocorridos na Cinemateca Brasileira, situada no município de São Paulo e o incêndio do prédio da Secretaria de Segurança Pública do RS. Atualmente o orientando trabalha no Grupo Hospitalar Conceição, como técnico eletrotécnico do setor de manutenção do Hospital Cristo Redentor, lidando com as novas e antigas instalações elétricas do hospital, fundado em 1959, que também se classifica como local de afluência de público. A motivação em estudar instalações elétricas em locais de afluência de público deve sensibilizar os leitores do assunto sobre a importância da manutenção preventiva com o objetivo de manter preservada a cultura que estes locais abrigam. É importante entender que o valor do prejuízo causado por acidentes em instalações elétricas é muito superior ao preço investido na manutenção preventiva de um lugar. Depois que incêndios ocorrem se perdem anos de trabalho, de pesquisa, de cultura. Em casos extremos, além de danos materiais, por não seguimento das normas, se perdem vidas.

O número de incêndios de origem elétrica em 2022 foi de 874. A série histórica iniciou em 2013 e desde lá o número de incêndios por origem elétrica cresce ano após

ano. No ano de 2022 foram registradas 55 mortes em decorrência de incêndios de origem elétrica. O maior número desde a série histórica. (ABRACOPEL, 2022).

A diferença da NBR 13570:1996 – primeira versão de *Instalações elétricas em locais de afluência de público – Requisitos específicos* – para a versão atualizada em 2021 é a inclusão, em requisitos específicos das classificações das proteções contra choques elétricos e contra sobrecorrentes. Ademais, podemos citar a importante adição do anexo C, trazendo a *Classificação dos condutores elétricos quanto à resistência à propagação de chama e à emissão de halogênios e fumaça*. Este anexo abre caminho para a discussão da NBR 13248:2015 - *Cabos de potência e condutores isolados sem cobertura, não halogenados e com baixa emissão de fumaça, para tensões até 1 kV – Requisitos de desempenho*. A NBR 13248 traz luz aos requisitos de desempenho exigíveis para cabos de potência e condutores isolados sem cobertura, não halogenados e com baixa emissão de fumaça, para instalações fixas, para tensões até 1 kV. Estes cabos devem ser utilizados em locais com alta densidade de ocupação e/ou com condições de fuga difíceis, conforme a ABNT NBR 5410. Em suma, a utilização destes cabos é destinada aos locais abordados nos 3 estudos de caso desta monografia, uma vez que o Museu Nacional, a EEEM Almirante Barroso e o Museu Porto Alegre Joaquim Felizardo, a depender da situação, têm alta de densidade de ocupação e/ou condições difíceis de fuga. A utilização destes cabos pode reduzir intoxicações por emissão de fumaça e retardar a propagação de um incêndio.

Poder público, setor privado e a sociedade civil devem se conscientizar, ou seja, devem desenvolver a cultura de que a manutenção preventiva de instalações elétricas e o seguimento às normas vigentes, no caso desta monografia, a NBR 13570, impactam diretamente na sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALA, Vitor. Incêndio no Museu Nacional não foi criminoso, aponta Polícia Federal. **Agência Brasil**, Brasília, DF, 6 jul. 2020. Geral. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-07/incendio-no-museu-nacional-nao-foi-criminoso-aponta-policia-federal>. Acesso em: 4 set. 2023.

ABNT. **NBR 13248**: Cabos com potência e condutores isolados sem cobertura, não halogenados e com baixa emissão de fumaça, para tensões até 1 kV — Requisitos de desempenho. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT. **NBR 13570**: Instalações elétricas em locais de afluência de público — Requisitos específicos. Rio de Janeiro, 2021.

ABNT. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2008.

ABNT. **NBR NM-IEC 60322-3-24**: Métodos de ensaios para cabos elétricos sob condições de fogo. Parte 3-24: Ensaio de propagação vertical da chama em condutores ou cabos em feixes montados verticalmente – Categoria C. Rio de Janeiro, 2005.

DE SOUZA, Danilo Ferreira; MARTINHO, Edson; MARTINHO, Meire Biudes; MARTINS JR. Walter Aguiar (Org.). **ANUÁRIO ESTATÍSTICO DE ACIDENTES DE ORIGEM ELÉTRICA 2023 – Ano base 2022**. Salto-SP: Abracopel, 2023. DOI: 10.29327/5194308

ACERVO. **Museu Nacional**, Rio de Janeiro, [2023]. Disponível em: <https://museunacional.ufrj.br/dir/acervo.html>. Acesso em: 3 set. 2023.

CEEE DISTRIBUIÇÃO. **Regulamento de Instalações Consumidoras**. [S. l.]: CEEE, 2017.

DOMINGO teve quase 400 mil raios no Rio Grande do Sul. **Metsul.com**, [s. l.], 4 set. 2023. Disponível em: <https://metsul.com/domingo-teve-quase-400-mil-raios-no-rio-grande-do-sul/> Acesso em: 4 set. 2023.

MINISTÉRIO MINAS ENERGIA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015**: ano base 2014. Rio de Janeiro, DF: Ministério Minas Energia, 2015.

MUSEU Nacional vai reabrir em 2026. **Correio Brasiliense**, [s. l.], 3 set. 2023. Disponível em: <https://www.correiobrasiliense.com.br/brasil/2023/09/5122350-museu-nacional-vai-reabrir-em-2026.html>. Acesso em: 10 set. 2023.

ISAMI, Alessandra Meiko; BIS, Edivaldo. A importância da norma ABNT NBR 5410 nas instalações elétricas. **Revista eletrônica das Engenharias do UniSALESIANO**, v. 9, n. 1, 2020. Disponível em: https://unisalesiano.com.br/aracatuba/wp-content/uploads/2021/03/09_A-importancia-da-norma_160_171.pdf. Acesso em: 10 set. 2023.

LEVY. R.; ANDRETTA, R.U.G. **Projeto Elétrico Planta Baixa Térreo**. Projeto de Restauração e Reutilização do Solar Lopo Gonçalves. 1981a. 3 fotografias.

LEVY. R.; ANDRETTA, R.U.G. **Projeto Elétrico Situação e Detalhe do Medidor**. Projeto de Restauração e Reutilização do Solar Lopo Gonçalves. 1981b. 1 fotografia.

LIMA JÚNIOR, Gerinaldo Santana. A importância da prevenção de incêndios ocasionados por curto circuito em edificações: estudo de caso do condomínio bossa nova x condomínio morada dos bosques. **Ideias & Inovação**, Aracaju, v. 5, n. 1, p. 83-92, abril 2019. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/ideiaseinovacao/article/view/7091>. Acesso em: 10 set. 2023.

MACHADO, Elias Palminor. **Projeto de segurança para museus**: um estudo de caso sobre o museu de Porto Alegre Joaquim Felizardo. 2014. Dissertação (Mestrado em Patrimônio Cultural) – Centro de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/11044/MACHADO%2c%20ELIAS%20PALMINOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 set. 2023.

MENDES, Hezelainy Wanessa Oliveira Lima. **Patrimônio destruído**: o caso do Museu Nacional do Rio de Janeiro – Brasil. 2020. Dissertação (Mestrado em Patrimônio) – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade de Lisboa, Lisboa. Disponível em: <https://run.unl.pt/bitstream/10362/112047/1/Tese%20-%20Hezelainy%20Wanessa%20Mendes.pdf>. Acesso em: 9 set. 2023.

PF CONCLUI inquérito no Museu Nacional e descarta ‘conduta omissa’ e incêndio criminoso. **G1**, Rio de Janeiro, 6 jul. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/noticia/2020/07/06/pf-conclui-investigacao-sobre-o-incendio-que-destruiu-o-museu-nacional.ghtml>. Acesso em: 10 set. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Projeto de Restauração e Reutilização do Solar Lopo Gonçalves**. 1981. 1 fotografia.

SYSTEM INSTALAÇÕES. **Museu de Porto Alegre** — Solar Lopo Gonçalves. Projeto de Iluminação Externa. 1998. 2 fotografias.

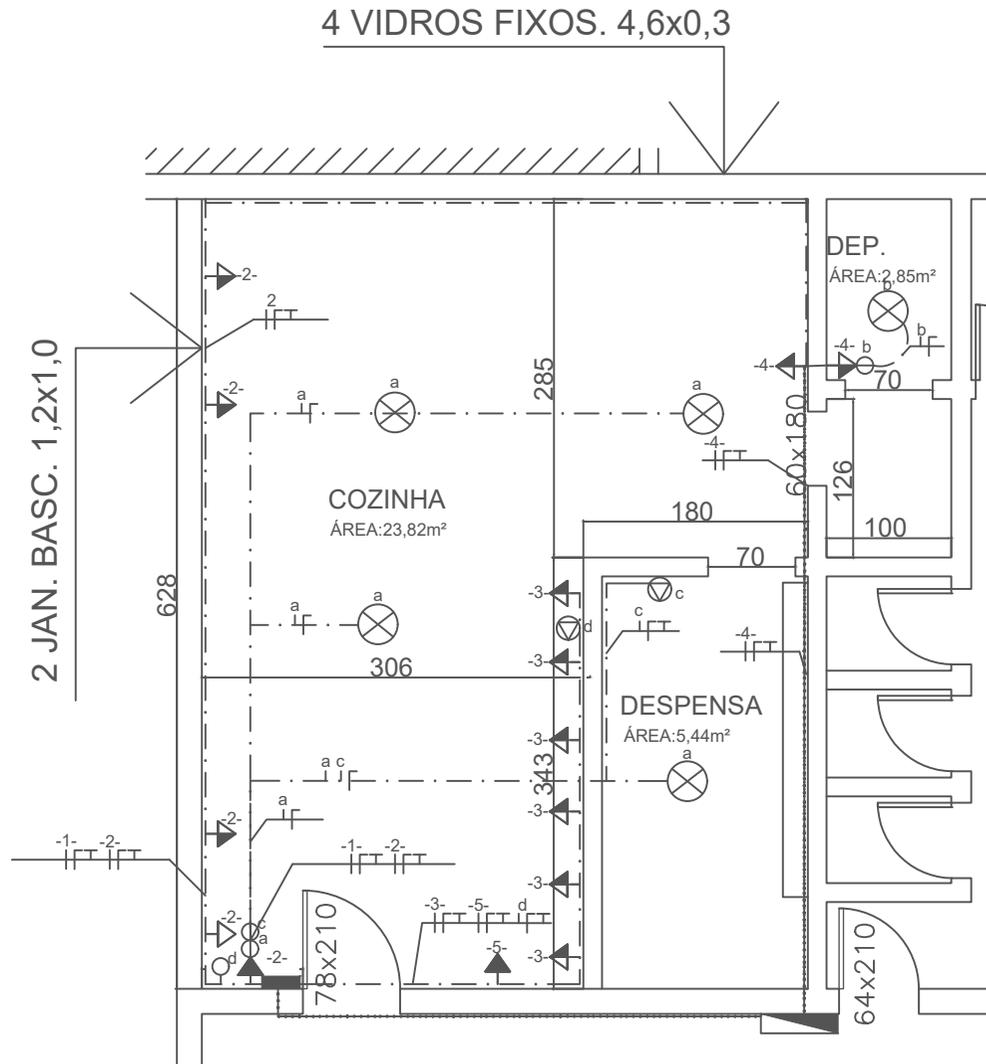
TCU FARÁ auditoria para apurar se falhas de gestão contribuíram para incêndio no Museu Nacional. **O Globo**, Rio de Janeiro, 6 set. 2018. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/rio/tcu-fara-auditoria-para-apurar-se-falhas-de-gestao-contribuiram-para-incendio-no-museu-nacional-23045041>. Acesso em: 10 set. 2023.

APÊNDICE A – ENTREVISTA PARA DOCUMENTÁRIO DA TV APARECIDA





ANEXO A - PLANTA ELÉTRICA DA COZINHA DA EEM ALMIRANTE BARROSO



Nº	SÍMBOLO	DENOMINAÇÃO	ALTURA (m)
1	⊖	INTERRUPTOR SIMPLES ALTURA MÉDIA	1,30
2	▷	TOMADA SIMPLES ALTURA BAIXA	0,90
3	▷	TOMADA SIMPLES ALTURA MÉDIA	1,30
4	⊖▷	INTERRUPTOR + TOMADA ALTURA MÉDIA	1,30
5	⊖	VENTILADOR DE TETO VENTILADOR DE PAREDE	
6	⊖	QUADRO GERAL DE LUZ E FORÇA APARENTE	1,30
7	⊖	QUADRO PARCIAL DE LUZ E FORÇA APARENTE	1,30
8	⊗	PONTO DE LUZ - LUMINÁRIA 1 SW	TETO
9	-1-	CIRCUITO DE ILUMINAÇÃO + VENTILADORES	TETO E PAREDE
10	-2-	CIRCUITO DE TOMADAS DE USO GERAL	0,9 e 1,30
11	-3-	CIRCUITO DE TOMADAS DE USO GERAL	1,30
12	-4-	CIRCUITO DE TOMADA DE USO ESPECÍFICO - FORNO	1,30
13	-5-	CIRCUITO DE TOMADA DE USO ESPECÍFICO - AR COND.	1,80
14	-	ELETRODUTO EXISTENTE APARENTE NA PAREDE E NO TETO	
15	-	ELETRODUTO APARENTE A SER INSTALADO	
16	-	ELETRODUTO COM CONDUTOR NEUTRO, FASE, RETORNO E TERRA	

TODAS AS MEDIDAS E NÍVEIS DEVERÃO SER CONFERIDAS NO LOCAL.

R003			
R002			
R001			
REVISÃO	ALTERAÇÕES	EMISSÃO	RESPONSÁVEL

--	--	--	--

 SECRETARIA DE OBRAS E HABITAÇÃO DEPARTAMENTO DE OBRAS PÚBLICAS CENTRO ADMINISTRATIVO FERNANDO FERRARI - AV. BORGES DE MEDEIROS N. 1501 - POA/RS		
DIVISÃO	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	DIRETOR D.O.
RESPONSÁVEL TÉCNICO P/ AMPLIAÇÃO:	ENG. CIVIL LUIZA LONTRA CREA 53366	VIST. COORD. PROJ. LUCAS CAPOANI DESENHO ACAD. PAULO MIRANDA E THALES

OBRA	COZINHA ESCOLA	ÁREA	XXXXX m²
ENDEREÇO	R. Cap. Coelho, 95 - Arquipélago	MUNICÍPIO	PORTO ALEGRE
PROJETO	CROQUI	ASSUNTO	PLANTA BAIXA
ESCALA	S/ESCALA	DATA	JUNHO 2022
		Nº PRANCHA	A-01/01

NOME ARQUIVO	Cozinha EEM ALMIRANTE BARROSO.dwg
--------------	-----------------------------------