



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO - CECAU



THALES GUEDES RODRIGUES

**ESTUDO DE CASO DE SISTEMA DE DETECÇÃO E ALARME DE
INCÊNDIO VOLTADO PARA O LABORATÓRIO DE
ELETROTÉCNICA DA ESCOLA DE MINAS DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE OURO PRETO**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto, 2022

THALES GUEDES RODRIGUES

**ESTUDO DE CASO DE SISTEMA DE DETECÇÃO E ALARME DE
INCÊNDIO VOLTADO PARA O LABORATÓRIO DE
ELETROTÉCNICA DA ESCOLA DE MINAS DA UNIVERSIDADE
FEDERAL DE OURO PRETO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Bruno Nazário Coelho

Coorientador: Prof. Bruno Randazzo Baroni

**Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
2022**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

R696e Rodrigues, Thales Guedes.

Estudo de caso de sistema de detecção e alarme de incêndio voltado para o laboratório de eletrotécnica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. [manuscrito] / Thales Guedes Rodrigues. - 2022. 48 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Bruno Coelho.

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Baroni.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Controle e Automação .

1. Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio (SDAI). 2. Automação. 3. Incêndios. I. Baroni, Bruno. II. Coelho, Bruno. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 681.5

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CONTROLE E
AUTOMACAO



FOLHA DE APROVAÇÃO

Thales Guedes Rodrigues

Estudo de caso de sistema de detecção e alarme de incêndio voltado para o laboratório de Eletrotécnica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação

Aprovada em 27 de outubro de 2022

Membros da banca

- [Dr.] - Bruno Nazário Coelho - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
- [Dr.] - Bruno Randazzo Baroni - Coorientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
- [Dr.] - Paulo Marcos de Barros Monteiro (Universidade Federal de Ouro Preto)
- [Dra.] - Regiane de Souza e Silva Ramalho - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Bruno Nazário Coelho, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 28/10/2022



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Nazário Coelho, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/10/2022, às 16:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0418712** e o código CRC **46DFBA5D**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.014691/2022-30

SEI nº 0418712

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163
Telefone: 3135591533 - www.ufop.br

*Dedico este trabalho ao meu avô Joel Rodrigues (in memoriam),
que me ensinou a sorrir mesmo diante das adversidades da vida.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por me iluminar e por ter me dado forças para concluir essa grande trajetória de sucesso até o momento.

Aos meus pais Éder e Sheilla por todo apoio, dedicação e trabalho duro que me permitiram estudar e conquistar essa vitória. Todo o amor e auxílio foram fundamentais para a conclusão desse período. Também agradeço a toda família Guedes e Rodrigues por acreditarem no meu potencial e terem me dado todo o suporte para a minha formação.

Agradeço a minha namorada Layse por todo amor, carinho, companheirismo e cuidado que teve comigo nesse período de universidade e que me motivou todos os dias para que eu pudesse vencer nessa etapa.

À todos meus amigos de Lagoa Santa, Belo Horizonte e Ouro Preto pelos momentos de apoio, aprendizado e descontração, fazendo da minha caminhada mais leve e alegre da vida universitária.

À Universidade Federal de Ouro Preto pelo ensino gratuito e de qualidade, além de todos os professores, especialmente meus orientadores Bruno Nazário Coelho e Bruno Randazzo Baroni, por todos os ensinamentos e dedicação para poder me orientar e me ajudar na formação do curso de engenharia de controle e automação.

À empresa Macrotec por toda base e suporte para que eu pudesse ser capaz de desenvolver o trabalho. Agradeço especialmente ao Ronald Lima e Silva, por ter me acompanhado e me orientado desde o início me dando conselhos e me mostrando o caminho para o desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço, por fim, a minha república Jardim de Alah, casa onde morei durante toda a minha formação. Agradeço a todos os ex-alunos, homenageados, amigos e irmãos que tive o prazer de morar junto por todos os aprendizados, sermões, risadas e histórias criadas. A Jardim de Alah é uma escola da vida, minha vivência na república contribuiu tanto para o meu crescimento pessoal quanto profissional.

*“O trabalho com qualidade,
respeito ao meio ambiente e segurança,
gera progresso e confiança.”
(Fabricio Angelis Pires)*

RESUMO

Desde a descoberta do fogo, o ser humano é capaz de extrair da chama o máximo de benefícios que ela tem a oferecer. Porém, deve haver bastante cautela ao manusear o fogo a fim de evitar grandes incêndios e causar vários acidentes graves. Nesse trabalho, o objetivo é apresentar a importância da segurança do trabalho voltado ao incêndio e aos conceitos de um sistema de detecção e alarme de incêndio bem dimensionado e estruturado, especificando cada dispositivo, sistema unifilar e a forma de funcionamento do mesmo. O trabalho foca em um estudo dirigido para servir como exemplo uma aplicação do sistema a um laboratório de eletrotécnica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, em Minas Gerais. O estudo elabora uma análise completa da planta do local, das máquinas e dispositivos que contém o laboratório. Por fim, é apresentada uma solução consistente de um sistema de detecção e alarme de incêndio bem dimensionado que atende aos requisitos do laboratório. O trabalho tem como finalidade ser um modelo de projeto com informações bem embasadas para investimento e implementação futura do sistema para o laboratório citado em questão, além de ser um molde para outras aplicações de mesma modalidade.

Palavras-chaves: Sistema de detecção e alarme de incêndio, Incêndios, Segurança do trabalho, Automação Predial.

ABSTRACT

Since the discovery of fire, humans have been able to extract from the flame the maximum benefits it has to offer. However, great care must be taken when handling the fire in order to avoid large fires and cause several serious accidents. In this work, the objective is to present the importance of safety in work related to fire and the concepts of a well-dimensioned and structured fire detection and alarm system, specifying each device, skeleton of the system and the way it works. The work focuses on a study aimed at serving as an example of an application of the system to an electrical laboratory at the Escola de Minas at the Federal University of Ouro Preto, in Minas Gerais. The study makes a complete analysis of the site plan, machines and devices that contain the laboratory. Finally, a consistent solution of a well-dimensioned fire detection and alarm system that meets the laboratory's requirements is presented. The work aims to be a project model with well-founded information for investment and future implementation of the system for the aforementioned laboratory, in addition to being a template for other applications of the same modality.

Key-words: Fire Detection and Alarm System, Fires, Workplace safety, Building Automation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Princípio do Fogo.	17
Figura 2 – Teoria Tetraedro do Fogo.	18
Figura 3 – Propagação por Condução.	19
Figura 4 – Propagação por Convecção.	19
Figura 5 – Propagação por Irradiação.	20
Figura 6 – Detector Termovelocimétrico FST-951/R da linha Notifier.	22
Figura 7 – Funcionamento de um detector linear.	24
Figura 8 – Identificação de diferentes partículas de um detector linear.	24
Figura 9 – Detector por Amostragem de Ar.	25
Figura 10 – Funcionamento do Detector por Amostragem de Ar.	25
Figura 11 – Central de Alarme NFS2-3030 da linha Notifier.	26
Figura 12 – Acionador Manual NBG-12LX da linha Notifier.	26
Figura 13 – Sinalizadores sonoros e/ou visuais da linha Notifier.	27
Figura 14 – Topologia Classe A.	28
Figura 15 – Topologia Classe B.	28
Figura 16 – Laboratório de Eletrotécnica da Escola de Minas.	29
Figura 17 – Gerador em Anel de Gramme.	30
Figura 18 – Fiação do Laboratório.	31
Figura 19 – Transformadores com fiação antiga.	31
Figura 20 – Central de Alarme SFP-5UD.	33
Figura 21 – Painel Repetidor N-ANN-80.	34
Figura 22 – Acionador Manual NBG-12.	35
Figura 23 – Sinalizadores Audiovisuais P2RL.	35
Figura 24 – Detector VESDA VEP-A10-P.	36
Figura 25 – Equivalência dos detectores pontuais com os pontos de amostragem.	37
Figura 26 – Comparativo de nível de sensibilidade dos sensores.	38
Figura 27 – Comparativo de nível de obscurecimento no ambiente.	38
Figura 28 – Ponto de amostragem disfarçado no teto.	39
Figura 29 – Pontos de amostragem disfarçado em uma estrutura chinesa.	40
Figura 30 – Simulação 3D da forma das tubulações do detector por amostragem.	41
Figura 31 – Tubulações separadas em zonas.	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação de Sensibilidade de Obscurecimento de Detectores	39
Tabela 2 – Níveis de Sensibilidade do Detector por Aspiração	39
Tabela 3 – Lista de Materiais do Projeto Final	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três Dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ah	Ampère-hora
CA	Corrente Alternada
CLP	Controlador Lógico Programável
CPN-SP	Comissão Tripartite Permanente do Setor Elétrico no Estado de São Paulo
LED	Diodo Emissor de Luz
NAC	Circuito de Aparelhos de Notificação
NBR	Norma Brasileira
SDAI	Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio
UFOP	Universidade Federal de Ouro Preto
VESDA	Aparelhos de Detecção de Fumo Muito Cedo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos gerais e específicos	14
1.2	Justificativa do trabalho	14
1.3	Estrutura do trabalho	15
2	REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1	Estado da Arte	16
2.2	Princípio do Fogo	17
2.3	Incêndio	18
2.3.1	<i>Por Condução</i>	18
2.3.2	<i>Por Convecção</i>	18
2.3.3	<i>Por Irradiação</i>	19
2.4	Incêndios Marcantes no Brasil	19
2.5	Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio	21
2.5.1	<i>Tipos de Sistema de Detecção</i>	21
2.5.1.1	Sistema de Detecção Convencional	21
2.5.1.2	Sistema de Detecção Endereçável	21
2.5.1.3	Sistema de Detecção Analógico	21
2.5.1.4	Sistema de Detecção Algorítmico	22
2.5.2	<i>Dispositivos de um SDAI</i>	22
2.5.2.1	Detectores de Incêndio	22
2.5.2.1.1	Detector Automático de Temperatura	22
2.5.2.1.2	Detector Automático de Fumaça	23
2.5.2.1.3	Detector Automático de Chama	23
2.5.2.1.4	Detector Linear de Fumaça	23
2.5.2.1.5	Detector por Amostragem de Ar	24
2.5.2.2	Central de Alarme	24
2.5.2.3	Acionador Manual	26
2.5.2.4	Sinalizadores	27
2.5.3	<i>Circuitos de Detecção</i>	27
2.5.3.1	Topologia Classe A	27
2.5.3.2	Topologia Classe B	28
2.6	Conclusão	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS	29
3.1	Laboratório de Eletrotécnica da Escola de Minas	29

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1	Estudo de Caso: Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio	32
4.1.1	<i>Central de Alarme e Repetidor</i>	32
4.1.2	<i>Acionador Manual</i>	34
4.1.3	<i>Sinalizadores Audiovisuais</i>	34
4.1.4	<i>Detector de Fumaça por Amostragem de Ar</i>	35
4.1.5	<i>Projeto Final e Lista de Materiais</i>	40
5	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44
	APÊNDICE A – CÁLCULO DA FONTE DE ALIMENTAÇÃO E BATERIA	46
	APÊNDICE B – PROJETO DA PLANTA BAIXA DO LABORATÓRIO	47

1 INTRODUÇÃO

A descoberta do fogo foi fundamental para a caminhada da humanidade rumo à civilização. O fogo foi elemento chave utilizado para cozinhar alimentos, gerar calor e luz, e até se proteger de animais selvagens. Teve muitos benefícios após o domínio do fogo, porém há também muitas consequências, como incêndios, que são ocorrências de fogo não controlado. Pessoas e animais expostos a esses incêndios contribuem para vários perigos, como inalação de gases, queimaduras de pele graves e até risco de morte.

A origem e as causas de incêndios são diversas. Podem ocorrer tanto de forma natural, originado por meio de fenômenos naturais, como também de forma artificial, na qual a ação do homem é o motivo de fogo. Se tratando das causas artificiais, para acontecer um incêndio, existem várias causas, como por exemplo, a eletricidade em que instalações podem provocar como curtos-circuitos, mau contato, excesso de carga ou superaquecimento. Outra forma é de chama exposta, na qual se trata do contato da chama com algum material que posteriormente se inicia uma combustão, dando início para uma chama não controlada.

O Brasil já presenciou diversos casos de incêndios graves em que provocou dor, morte e perda de materiais de grande valia. Casos de incêndio como o do Edifício Joelma em São Paulo, que em 1974 deixou 191 pessoas mortas e mais de 300 feridas, e do Museu Nacional do Rio de Janeiro, que foi destruído a maior parte do acervo de 20 milhões de itens, são exemplos de que a eletricidade foi o motivo das tragédias. As chamas foram originadas por um curto circuito de um eletrodoméstico. Além desses casos, há também um exemplo mais recente de chama exposta em Santa Maria-RS na boate Kiss em 2013. Um incêndio ocorreu após utilizar um sinalizador de fogos de artifício dentro do local. Essa chama exposta obteve contato com um material que revestia o teto da boate, dando início a um grande desastre.

Esses casos são alguns dos vários desastres que existiram na história da humanidade em que envolveram fogos não controlados, provocando bastante prejuízos e perdas de vidas. Diante desses fatos, surgiu a necessidade de criar um sistema de segurança para identificar riscos de incêndio e evitar acidentes. Um sistema de detecção e alarme de incêndio (SDAI) tem a responsabilidade de indicar quando e onde há indícios de chamas em um determinado ambiente para que se possa evitar de forma rápida o alastramento do fogo e, por fim, proteger vidas humanas e materiais no local. Um SDAI consiste em vários dispositivos espalhados no ambiente, como detectores de fumaça, sinalizadores e acionadores manuais, a fim de monitorar e trazer segurança para o lugar.

Com o avanço contínuo da tecnologia, o SDAI vem sendo melhorado cada vez mais. Hoje em dia existe uma variedade de dispositivos e sensores inteligentes capazes de identificar indícios de chamas das mais diversas formas, além de ter sistemas de monitoramento e supervisão mais

robustos e complexos contendo gráficos e várias informações úteis, facilitando na interpretação e auxiliando na manutenção para deixar o ambiente sempre seguro e oferecer paz e tranquilidade para as pessoas.

1.1 Objetivos gerais e específicos

Esse trabalho teve como objetivo elaborar um sistema de detecção e alarme de incêndio detalhado, atualizado e que condiz com a tecnologia atualmente. O trabalho teve a intenção de servir como base para soluções de sistemas voltados para a área de laboratórios acadêmicos onde contém vários equipamentos e máquinas no ramo da elétrica. O laboratório de eletrotécnica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto serviu como base e exemplo para o desenvolvimento do sistema de detecção em questão.

Para isso, foram traçados os seguintes objetivos específicos:

- Descrever os conceitos de um sistema de detecção e alarme de incêndio apresentando os tipos de sistemas e descrevendo cada dispositivo com seus respectivos propósitos e funcionalidades;
- Listar os tópicos das normas de segurança necessárias para a viabilidade do sistema;
- Apresentar uma solução consistente de um SDAI para o laboratório da UFOP, identificando a melhor localização de cada dispositivo na planta e os melhores tipos de dispositivos que se encaixam nesse tipo de aplicação;
- Elaborar um projeto de sistema de detecção e alarme de incêndio para o laboratório de eletrotécnica da Escola de Minas da UFOP.

1.2 Justificativa do trabalho

O laboratório atualmente contém vários equipamentos elétricos de escala industrial como motores, geradores, painéis elétricos e bancadas para atividades práticas. No entanto, são equipamentos muito antigos e sem manutenção preventiva recente. A grande motivação para o desenvolvimento deste trabalho é, além da ausência de um sistema de detecção e alarme de incêndio no local, proteger os equipamentos do laboratório, já que eles têm grande valor para o local, tanto por motivos de aprendizado, quanto por motivos históricos. Atrelado a isso, a motivação para o desenvolvimento foi tornar o local seguro para as pessoas. Estudantes de várias engenharias frequentam e realizam atividades práticas com os equipamentos para obter aprendizado na disciplina de eletrotécnica que é lecionado no local. É importante também tornar o laboratório seguro para futuras visitas de turistas, já que o laboratório é um museu que contém muitos equipamentos antigos que relatam histórias no âmbito da engenharia e indústrias.

1.3 Estrutura do trabalho

Para o desenvolvimento desse trabalho foram seguidas as seguintes etapas:

- Elaboração de uma revisão bibliográfica explicando o princípio do fogo, causas e relatos de incêndios, diferentes sistemas de detecção e alarme de incêndio e levantamento de dispositivos e sensores existentes com suas respectivas funcionalidades;
- Após a revisão bibliográfica, deu-se início ao estudo de caso em si, fazendo um levantamento inicial do laboratório de eletrotécnica onde será aplicado o SDAI, avaliando a área e todas as máquinas e equipamentos que o laboratório contém. Junto a isso, foi realizado algumas visitas técnicas no local para uma melhor avaliação;
- Com esse levantamento detalhado do local, foi avaliado quais dispositivos e sensores serão os mais adequados para o estudo de caso em questão e, posteriormente, dando início ao desenvolvimento do projeto de SDAI;
- Após o desenvolvimento do projeto, foi avaliado e discutido os resultados obtidos, a fim de melhorar o sistema do laboratório de eletrotécnica.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Antes de iniciar o estudo de caso, é importante demonstrar através do estado da arte trabalhos científicos que embasam melhor o projeto a ser realizado, além de tomar conhecimento sobre o princípio do fogo, qual o conceito de incêndio, o porquê é importante se ter um sistema de detecção e alarme de incêndio e, por fim, dar início ao estudo de caso e explicar também suas motivações para esse trabalho.

2.1 Estado da Arte

Após a humanidade presenciar vários acontecimentos marcantes em que um grande fogo não controlado destruiu acervos e materiais considerados de grande valor cultural, econômico e social, além de ter tirado várias vidas inocentes, desenvolver um sistema de detecção e alarme de incêndio e alertar sobre sua importância já vem sendo um trabalho antigo. O tema de SDAI é bastante explorado por outros autores na literatura através de trabalhos de estudos de caso e análise de risco de incêndio em determinados lugares como igrejas, museus, laboratórios e outros tipos de edificações, a fim de contribuir para a segurança e preservação de vidas humanas e acervos valiosos.

No âmbito da inovação, [Justa \(2016\)](#) implementa um sistema de detecção e alarme de incêndio utilizando um CLP (controlador lógico programável) e um sistema supervisor para o Data Center de uma empresa, de nome não revelado, localizada em Fortaleza no estado do Ceará. Em seu trabalho, Justa (2016) detalha e ressalta a importância de cada elemento que compõe o projeto a fim de atender as necessidades do local. Além de ser capaz de detectar um princípio de incêndio, o projeto tem um sistema supervisor do local com uma visualização e operação fácil e amigável do usuário, realizando o monitoramento do ambiente. O sistema supervisor ainda conta com alarmes, relatórios e gráficos de acordo com os dados levantados desse monitoramento.

Na literatura há também vários estudos de caso a respeito do tema. O trabalho da [Souza \(2013\)](#), por exemplo, consiste em um estudo de caso de SDAI explicando a tecnologia aplicada na prevenção de incêndio em uma subestação de um edifício, na qual produz equipamentos e materiais cardíacos no noroeste de Minas Gerais. [Fraga \(2011\)](#) já apresenta uma proteção de incêndios em um Museu Municipal Agostinho Martha localizado no município de Gravataí no Rio Grande do Sul. O trabalho realiza uma análise de documentos para estudar a história do museu e do local a fim de diagnosticar possíveis causas de incêndio, além de apresentar maneiras de adaptar sistemas de incêndios para museus de acordo com as normas vigentes. Já [Júnior \(2020\)](#) mudou seu foco de um estudo de caso visando um complexo acadêmico de uma universidade pública com o objetivo de melhorar o tempo de resposta na identificação de um

sinistro e fazer com o que o combate seja mais rápido e eficiente.

Além de poder encontrar vários estudos de caso desenvolvendo sistemas de detecção e alarme de incêndio para diferentes tipos de edificações, há também temas relacionados a análise e gerenciamento de riscos de incêndios, na qual o autor aborda diferentes causas para o início do fogo para poder propor diversas soluções para mitigar futuras tragédias. [Silva \(2018\)](#) mostra um exemplo claro desse tema em seu trabalho, na qual focaliza os riscos de incêndio em edificações de patrimônio cultural. Sua intenção é deixar evidente a importância de ações preventivas para preservação de bens materiais.

A literatura diante desse tema é bastante vasta, com artigos bem detalhados e consistentes. Diante desses exemplos e muitos outros, o desenvolvimento para este presente trabalho se tornou muito importante e necessária, contribuindo para a segurança e proteção de uma edificação histórica de suma relevância como o laboratório de eletrotécnica da Escola de Minas.

2.2 Princípio do Fogo

No mundo existem muitas definições de fogo. Segundo a [NBR 13860 \(1997\)](#), fogo significa processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz.

[Seito et al. \(2008\)](#) explica que no início criou-se uma teoria que ficou conhecida como o Triângulo de fogo. Cada lado do triângulo corresponde a um elemento que compõe o fogo, como ilustra a Figura 1. Os elementos combustível, comburente e calor devem coexistir para que se mantenha fogo. Com essa teoria, é possível compreender os meios de extinção do fogo pela retirada de um destes elementos.



Figura 1 – Princípio do Fogo.

Fonte: [Seito et al. \(2008\)](#)

Por definição da [NBR 13860 \(1997\)](#), o elemento combustível é todo material que é capaz de queimar, tendo como alguns exemplos madeira, papel, tinta e alguns metais. O comburente é

uma substância capaz de sustentar a combustão, tendo como principal substância o oxigênio. O calor é a temperatura de ignição, ou seja, é a temperatura acima da qual o combustível pode se queimar.

À medida que o estudo da ciência do fogo foi evoluindo, tornou-se necessário mudar a teoria e adicionar um novo “elemento” conhecido como a reação em cadeia, dando origem portanto a teoria Tetraedro do Fogo, como mostra a figura 2. Para Seito et al. (2008), os três elementos citados anteriormente, isoladamente, não produzem fogo. Ao interagirem entre si, surge a reação em cadeia, gerando a combustão e fazendo com que o fogo se mantenha.

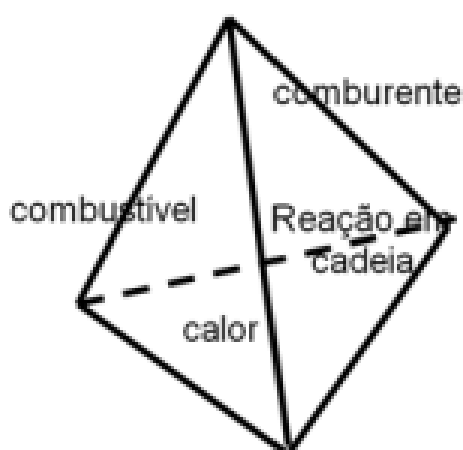


Figura 2 – Teoria Tetraedro do Fogo.

Fonte: Seito et al. (2008)

2.3 Incêndio

Após esclarecer sobre o conceito do fogo, os elementos que o compõem e seu princípio de funcionamento, será definido o conceito de incêndio.

De acordo com a NBR 13860 (1997), incêndio é definido como fogo fora de controle. Segundo CPN-SP (2005), a forma de energia produzida pela combustão se propaga de três formas diferentes: por condução, convecção e irradiação.

2.3.1 Por Condução

Um material sólido na qual possui uma região de temperatura elevada indo em direção a outra região de menor temperatura. A figura 3 ilustra como funciona esse tipo de propagação.

2.3.2 Por Convecção

Por meio de um fluido líquido ou gás, entre dois corpos submersos no fluido ou entre um corpo e o fluido. A figura 4 mostra um exemplo desse tipo de propagação, onde os gases quentes de um andar de um edifício fazem com que ocorra focos de incêndio em outros andares distintos.



Figura 3 – Propagação por Condução.

Fonte: CPN-SP (2005)

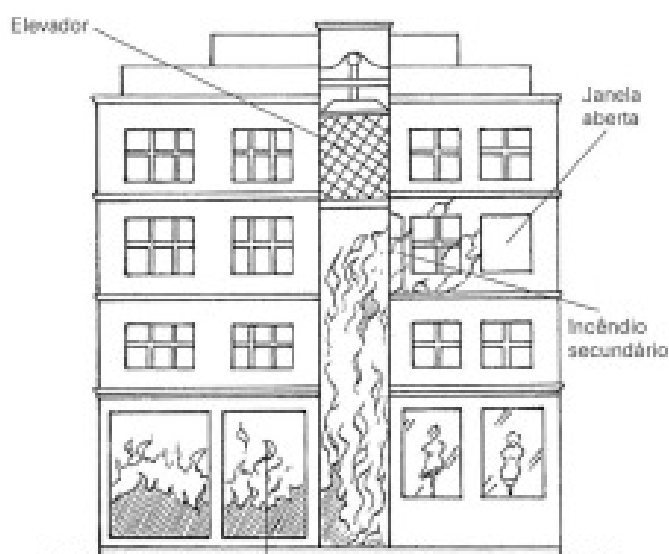


Figura 4 – Propagação por Convecção.

Fonte: CPN-SP (2005)

2.3.3 Por Irradiação

Por meio de um gás ou do vácuo na forma de energia radiante. Seria uma troca de energia através de ondas eletromagnéticas. Não é necessário a existência de um material para que o calor seja transferido por radiação, como ilustra a figura 5.

Em um incêndio, essas três formas geralmente acontecem de forma simultânea. Porém dependendo do incêndio, uma forma irá predominar sobre as outras.

2.4 Incêndios Marcantes no Brasil

No Brasil existem vários exemplos de incêndios que aconteceram durante a história. Os motivos de início do fogo não controlado são diversos, transformando em tragédias com perdas humanas e perda de materiais de grande valia.

Um grande exemplo que marcou o país foi o incêndio que aconteceu no Edifício Joelma que se localizava em São Paulo. O edifício era composto por 25 andares e era alugado por um

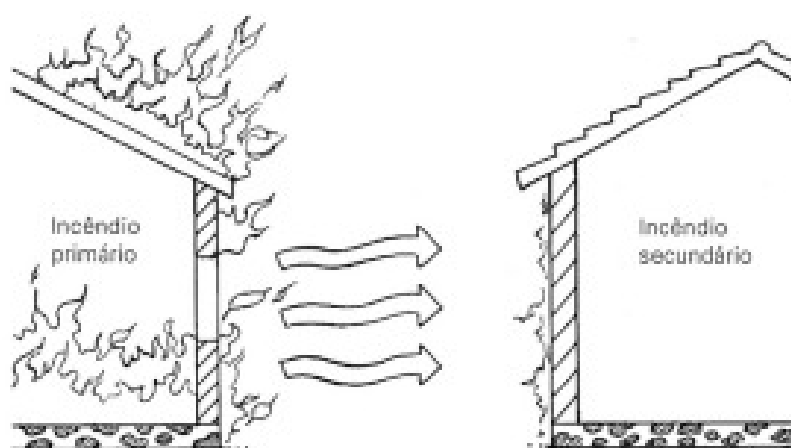


Figura 5 – Propagação por Irradiação.

Fonte: CPN-SP (2005)

banco de investimentos e funcionava com vários escritórios. No dia 1 de fevereiro de 1974 pela manhã houve um curto-circuito em um aparelho de ar-condicionado no 12º andar do prédio. O prédio era revestido com móveis de madeira, pisos com carpetes, cortinas e forros de fibra sintética, materiais que são bastante propensos a combustão, explicando o rápido alastramento do fogo não controlado. Por fim, o fogo consumiu 14 andares deixando 300 feridos e 187 mortos (PREVIDELLI, 2021).

Outro grande exemplo de incêndio surgiu na Boate Kiss em Santa Maria, na região central do Rio Grande do Sul. No dia 27 de Janeiro de 2013 acontecia um evento e, durante a apresentação de uma banda, foi utilizado artefatos pirotécnicos no palco. As faíscas soltadas por esses artefatos entraram em contato com um forro de isolamento acústico que revestia o teto da boate. Esse forro era composto por uma espuma de poliuretano, altamente inflamável. O fogo se alastrou rapidamente liberando uma fumaça preta e densa de gases tóxicos. Ao todo, a tragédia deixou 241 mortos, sendo a maioria por asfixia (MENDONÇA, 2014).

É importante também ressaltar o caso do Museu Nacional do Rio de Janeiro, que houve um grande incêndio na data de 2 de setembro de 2018. O maior museu de história natural do Brasil possuía um acervo de 20 milhões de itens, como peças indígenas, livros raros, fósseis e coleções egípcias. A falta de manutenção adequada e de investimentos contribuiu com o incêndio após descobrir que o motivo era um curto-circuito causado pelo superaquecimento de um ar-condicionado. Felizmente não houve nenhum ferido, porém houve a perda da maior parte desse acervo que o museu possuía (SOUZA, 2021).

Estas notícias são alguns exemplos que mostram as diferentes formas de como os incêndios podem surgir. Projetos com despreparo no sistema de detecção e combate de incêndio, irresponsabilidade humana de usar elementos inflamáveis em locais proibidos e falta de investimento em manutenção preventiva em aparelhos elétricos são alguns dos diversos fatores que contribuem para a origem de um fogo não controlado. Isso fomenta mais uma vez a importância

de um sistema de detecção e alarme de incêndio eficiente e bem estruturado que é capaz de identificar o fogo no seu estado inicial e, com um sistema de combate de incêndio bem dimensionado, é possível mitigar tragédias e evitar que problemas grandes, como perda de vidas e de itens valiosos, aconteçam.

2.5 Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio

Segundo [Seito et al. \(2008\)](#), um sistema de detecção e alarme de incêndio é um conjunto de equipamentos e dispositivos capazes de identificar, processar e alertar presença de alguma das características físico-químicas de um incêndio, como identificar chama, fumaça, vazamento de gás ou alteração suspeita de temperatura. Seu objetivo principal é detectar o fogo em seu estágio inicial e, com um sistema bem definido, o combate ao incêndio se torna bastante eficiente e evita a perda de vidas e do patrimônio, além de evitar algum tipo de contaminação do meio ambiente.

2.5.1 Tipos de Sistema de Detecção

Ao projetar um SDAI, é necessário analisar primeiramente o tipo de sistema que será o mais adequado para o ambiente e os elementos que compõem esse ambiente. Essa análise é importante para garantir que o sistema tenha todos os componentes necessários para um completo funcionamento e detectar um princípio de incêndio o mais rápido possível ([NBR 17240, 2010](#)).

2.5.1.1 Sistema de Detecção Convencional

Um sistema composto por um ou mais circuitos de detecção. Esse tipo de sistema é instalado por zonas. Portanto, quando um dispositivo é atuado, a central de alarme indica somente a zona em que houve o acionamento do sistema. Não é possível ajustar os níveis de alarme dos dispositivos por meio da central de alarme ([NBR 17240, 2010](#)).

2.5.1.2 Sistema de Detecção Endereçável

[Seito et al. \(2008\)](#) explica que nesse tipo de sistema, cada dispositivo possui um endereço próprio. Com isso, a central de alarme é capaz de identificar precisamente qual a área protegida e qual o dispositivo acionado. É notório observar que cada fabricante de SDAI possui seu próprio código de endereçamento. Então para esse sistema, é necessário que todos os dispositivos sejam do mesmo fabricante para que possam comunicar-se entre si, diferente do sistema convencional em que é permitido projetar o sistema com dispositivos de fabricantes distintos.

2.5.1.3 Sistema de Detecção Analógico

Sistema analógico é um sistema de detecção endereçável em que permite a central monitorar os valores dos dispositivos de detecção e comparando com o que foi definido previ-

amente para a instalação. Além disso, é permitido por meio da central o ajuste de alarme dos componentes de detecção (NBR 17240, 2010).

2.5.1.4 Sistema de Detecção Algorítmico

Nesse sistema, os detectores possuem um ou mais critérios de avaliar as medições da área protegida. Os detectores monitoram os valores dos sensores e são capazes de tomarem decisões e de se comunicarem com a central. Eles conseguem informar seu estado de alarme, falha e entre outros (NBR 17240, 2010).

2.5.2 Dispositivos de um SDAI

Seito et al. (2008) explica que um SDAI é composto basicamente por detectores automáticos de incêndio, acionadores manuais, central de alarme para processamento, sinalização como avisos sonoros e visuais, e uma fonte de alimentação para garantir o funcionamento do sistema em quaisquer condições.

2.5.2.1 Detectores de Incêndio

Há diferentes tipos de detectores automáticos de incêndio. O que diferencia um detector do outro é qual parâmetro vai ser identificado em um princípio de incêndio. Os principais parâmetros que existem são: Aumento de temperatura, produção de fumaça e produção de chama (NBR 17240, 2010). A figura 6 ilustra um exemplo de um detector de incêndio.



Figura 6 – Detector Termovelocimétrico FST-951/R da linha Notifier.

Fonte: Martins (2021)

2.5.2.1.1 Detector Automático de Temperatura

O detector de temperatura é utilizado para monitorar ambientes em que geram muito calor no momento em que se inicia uma combustão. Os detectores que são mais utilizados para esse caso são:

- Temperatura fixa: O alarme é acionado quando se atinge um valor de temperatura já pré-definido no sensor, indicando que a partir desse valor é considerado um acontecimento de incêndio;

- Termovelocimétricos: a forma de indicar que está acontecendo um incêndio é o dispositivo detectar que está tendo uma variação de temperatura muito grande no ambiente em um curto intervalo de tempo.

2.5.2.1.2 Detector Automático de Fumaça

O detector de fumaça é indicado em utilizar em áreas nas quais existem materiais que, em combustão, gerem muito mais fumaça que calor. Dessa forma, esse tipo de detector se tornaria mais eficiente para indicar um incêndio (SEITO et al., 2008).

Os detectores de fumaça mais utilizados são do tipo óptico (fotoelétrico) e iônico.

- Óptico: o dispositivo contém um emissor e um receptor dentro de uma câmara escura e detecta presença de partículas de fumaça através da reflexão da luz ou obscuramento;
- Iônico: aciona ao detectar presença de produtos de combustão visíveis ou invisíveis. Esses detectores possuem duas câmaras ionizadas (de referência e de análise) através de uma fonte com baixo poder radioativo.

2.5.2.1.3 Detector Automático de Chama

O detector de chama é mais indicado para identificar o início de uma chama no ambiente. Sua instalação deve ser realizada de forma em que o detector tenha uma visão ampla e livre de obstáculos que não obstruam seu campo de visão. Sua área de visão tem que ser a mais limpa possível para que em um curto intervalo de tempo seja possível indicar um surgimento de uma chama no ambiente. Seito et al. (2008) também define o detector de chamas como um dispositivo que atua ao detectar uma radiação de energia dentro do seu campo de visão.

2.5.2.1.4 Detector Linear de Fumaça

Segundo Seito et al. (2008), o detector linear é composto por um dispositivo emissor e outro receptor e o sensor será atuado quando ocorrer presença de gases ou partículas visíveis ou invisíveis de combustão. Como ilustra a Figura 7, o emissor emite uma luz infravermelha até o receptor e posteriormente converte o feixe de luz por um sinal elétrico. O sensor é inteligente o bastante para identificar o que são partículas e gases provenientes de alguma combustão e o que são poeira ou de objetos obstruindo o feixe de luz para evitar que ocorra alarmes falsos, como mostrado na Figura 8. Esse tipo de detector é mais indicado para lugares abertos e de grandes alturas.

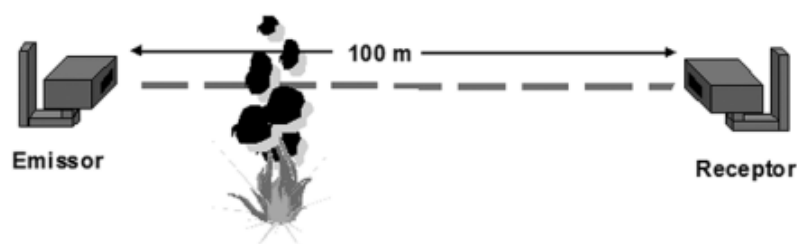


Figura 7 – Funcionamento de um detector linear.

Fonte: [Martins \(2021\)](#)

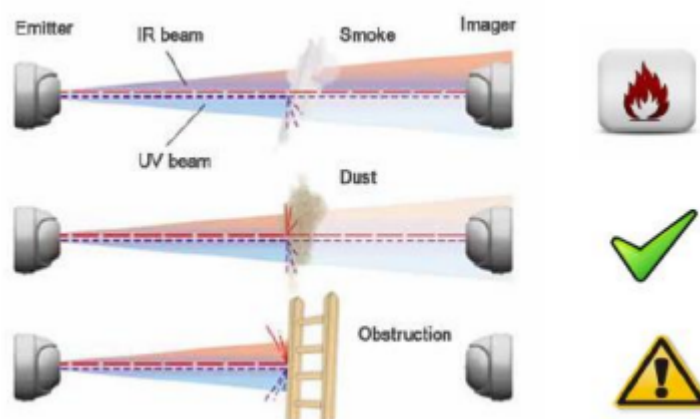


Figura 8 – Identificação de diferentes partículas de um detector linear.

Fonte: [Martins \(2021\)](#)

2.5.2.1.5 Detector por Amostragem de Ar

[Carlos \(2019\)](#) define que esse tipo de detector é composto por uma rede de distribuição por tubulações que vão do detector de incêndio até as áreas a serem protegidas. Dentro da carcaça do detector possui um aspirador que recolhe a todo momento amostras do ar do ambiente através de pontos de amostragem de ar, ou seja, furações feitas por toda a tubulação, como ilustrado na Figura [9](#). Por fim, o ar é analisado através de uma câmara de detecção de fumaça óptica (à laser). Essa câmara é inteligente a ponto de identificar e diferenciar as partículas de ar das partículas de poeira, por exemplo, evitando falsos alarmes. Na Figura [10](#) ilustra como a amostra de ar circula dentro do detector.

2.5.2.2 Central de Alarme

Segundo a [NBR 13860 \(1997\)](#), a definição para uma central de alarme é: “Equipamento destinado a processar os sinais provenientes dos circuitos de detecção, convertê-los em indicações adequadas e comandar e controlar os demais componentes do sistema”. Um exemplo básico para melhor entendimento é um detector de fumaça que capta fumaça em seu sensor e envia um sinal positivo de início de um incêndio para a central. Por sua vez, a central interpreta que está ocorrendo um incêndio e manda comandos para os sinalizadores visuais e sonoros atuarem para

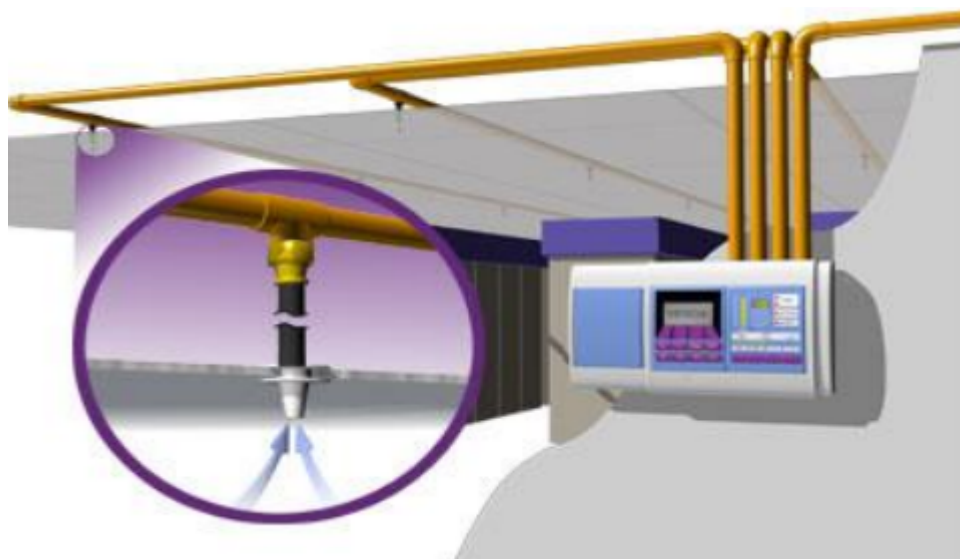


Figura 9 – Detector por Amostragem de Ar.

Fonte: [Martins \(2021\)](#)

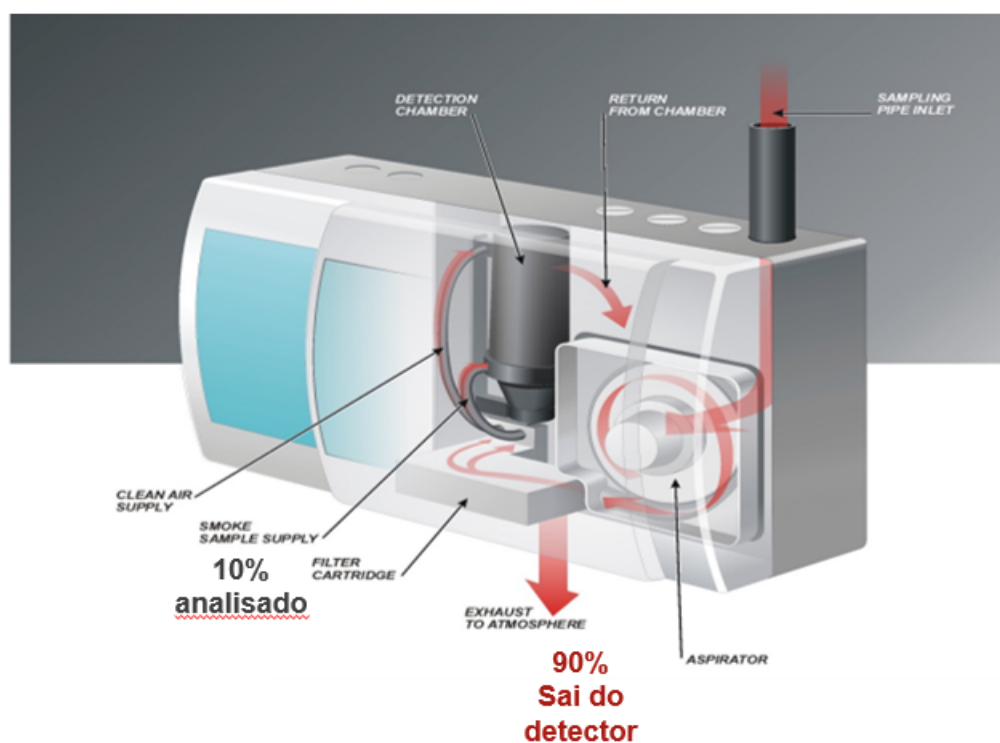


Figura 10 – Funcionamento do Detector por Amostragem de Ar.

Fonte: [Ridolfi \(2019\)](#)

a evacuação de pessoas dentro de um determinado ambiente. Como mostra a figura [11](#), a central tem a função de processar qualquer tipo de dado como alarme, falha, endereçamento das zonas ou dispositivos e circuito instalado. Em caso afirmativo de um incêndio, além de enviar comando para os sinalizadores, a central também é capaz de indicar qual a zona ou qual o dispositivo foi disparado, dependendo se o sistema instalado é convencional ou endereçável. Isso ajuda a

apontar de onde o fogo está surgindo.



Figura 11 – Central de Alarme NFS2-3030 da linha Notifier.

Fonte: Martins (2021)

2.5.2.3 Acionador Manual

O acionador manual é um dispositivo que vai dar partida para o sistema indicar que está havendo um incêndio através da interferência humana. É importante existir um elemento como na figura 12 no SDAI caso algum dos detectores automáticos de incêndio falhe no momento em que é preciso acionar o alarme ou então a percepção humana de que há princípio de fogo não controlado é mais rápida que os sensores dos detectores.



Figura 12 – Acionador Manual NBG-12LX da linha Notifier.

Fonte: Martins (2021)

2.5.2.4 Sinalizadores

Os sinalizadores são dispositivos atuadores que têm como objetivo alertar as pessoas de uma ocorrência de incêndio no local. Há sinalizadores sonoros, visuais e audiovisuais, como é ilustrado na figura 13. O sinalizador sonoro pode ser da forma de uma sirene ou então um comando de voz dando instruções para as pessoas evacuarem de forma correta e segura. Os sinalizadores visuais são por meio de luzes piscantes para chamar atenção das pessoas que naquele momento há algo ocorrendo e precisa de executar uma ação imediatamente. Eles irão atuar após o comando da central de alarme, em que recebeu informações positivas de indicio de fogo tanto dos detectores quanto do acionador manual. É importante um SDAI compor tanto um sinal visual quanto sonoro, ainda mais em áreas com pessoas não-qualificadas, para dar ainda mais ênfase e todos compreenderem que no momento da ativação do alarme está acontecendo uma emergência.



Figura 13 – Sinalizadores sonoros e/ou visuais da linha Notifier.

Fonte: Martins (2021)

2.5.3 Circuitos de Detecção

Os circuitos de detecção são circuitos na qual se conectam todos os detectores, acionadores manuais e outros tipos de sensores. Há duas topologias diferentes de circuito: topologia classe A e topologia classe B.

2.5.3.1 Topologia Classe A

Circuito supervisionado e há uma fiação de retorno a central. O laço sai da central e retorna criando um formato de anel, que deve ser alimentado pelos dois extremos, caso houver alguma interrupção de continuidade na fiação (NBR 17240, 2010). A figura 14 ilustra bem como funciona essa topologia.

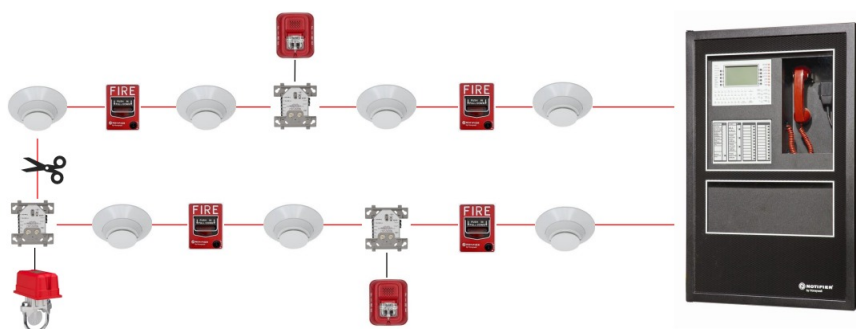


Figura 14 – Topologia Classe A.

Fonte: [Martins \(2021\)](#)

2.5.3.2 Topologia Classe B

Circuito supervisionado em que não há fiação de retorno a central. Se houver uma interrupção de continuidade na fiação, o sistema pode ficar parcial ou totalmente impossibilitado de seu funcionamento, como mostrado na figura [15 \(NBR 17240, 2010\)](#).

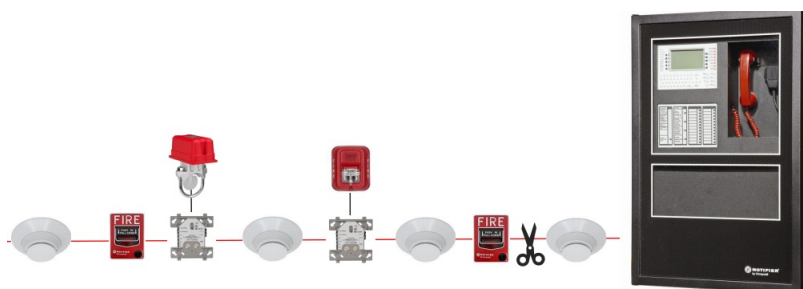


Figura 15 – Topologia Classe B.

Fonte: [Martins \(2021\)](#)

2.6 Conclusão

Nesse capítulo foi abordado vários trabalhos acadêmicos semelhantes que tratam o mesmo tema de sistema de detecção e alarme de incêndio e análise de riscos em diversos tipos de lugares. Também foi introduzido o princípio do fogo e os elementos que compõem além de explicar o incêndio, as diferentes formas de propagação do fogo controlado e exemplos marcantes que ocorreram no Brasil frisando a importância de um SDAI em um determinado ambiente. Arelado a isso, se tomou conhecimento dos diferentes sistemas, especificação dos elementos básicos de um SDAI e suas topologias de circuitos. O capítulo seguinte conta com mais detalhes a história do laboratório de eletrotécnica da Escola de Minas de Ouro Preto-MG, os equipamentos que contém e os problemas que constitui e que dê motivos para a implementação de um SDAI.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Laboratório de Eletrotécnica da Escola de Minas

O laboratório de eletrotécnica está situado no prédio da Escola de Minas no centro de Ouro Preto, Minas Gerais, e está entre os mais antigos laboratórios do Brasil. Nele contém vários acervos, alguns ainda do século XIX, e tem a dinâmica de mostrar a evolução e desenvolvimento da eletricidade ao longo do tempo, como mostra na Figura 16.



Figura 16 – Laboratório de Eletrotécnica da Escola de Minas.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Entre esses acervos, encontram-se diversos geradores e motores de corrente contínua e alternada, transformadores, equipamentos de manobra e aparelhos de medidas. dentre vários equipamentos interessantes, é possível citar um gerador em anel de Gramme fabricado em Paris pela empresa Mon-Breguel entre os anos de 1870 e 1896, como ilustra na Figura 17. Outro equipamento bastante curioso é um gerador de eletricidade movido a pedais para a produção de energia (RAMALHO, 2022).

O laboratório tem ao todo aproximadamente 340 m² com pé direito alto de 5,08 m. O local é bem ventilado devido as diversas janelas que o compõem e a umidade é ligeiramente mais alta do que o normal devido ao clima de Ouro Preto.

Atualmente são lecionadas aulas práticas da disciplina de eletrotécnica para estudantes das engenharias de minas, metalúrgica, civil, mecânica e controle e automação. Nessas aulas contém tópicos como princípios de eletricidade e magnetismo, conceitos aplicados ao estudo



Figura 17 – Gerador em Anel de Gramme.

Fonte: Elaborada pelo autor.

das máquinas elétricas e circuitos de comando e proteção de motores elétricos. Muitos desses assuntos são demonstrados em prática acionando os motores, geradores e painéis elétricos do laboratório.

Foi de extrema importância o desenvolvimento deste trabalho, porque o laboratório contém vários acervos raros e de alta relevância pelo lado histórico, registrando a evolução da eletricidade ao longo do tempo. Além disso, outra área que pode ser afetada é a do aprendizado, na qual estudantes frequentam constantemente para o estudo da área elétrica e também surgimento de estudos de pesquisa e trabalhos de conclusão de curso. Não ter um SDAI bem estruturado aumenta as chances de ocorrer um acidente e todo esse acervo ser perdido pelo fogo não controlado.

O laboratório se encontra bem precário na parte elétrica e equipamentos em geral. Como mostra na Figura [18](#), a fiação elétrica é bem antiga e mal instalada. A instalação elétrica nesse estado corre grandes riscos de um curto circuito ou faíscas que podem dar início a um incêndio. Arelado a isso, os equipamentos em geral, apesar de bem antigos, ainda funcionam e são utilizados para realizar demonstrações para alunos nas aulas práticas da disciplina de eletrotécnica. A forma em que aparenta na Figura [19](#), por exemplo, há bastante tempo em que não é realizada uma manutenção preventiva nesses equipamentos, tornando outro potencial para um princípio de incêndio por meio de sobrecargas, super aquecimento ou curto circuito.

Vale ressaltar que somente um sistema de detecção e alarme de incêndio não resolveria completamente um princípio de chama no local, já que o SDAI somente detecta o fogo em



Figura 18 – Fiação do Laboratório.

Fonte: Elaborada pelo autor



Figura 19 – Transformadores com fiação antiga.

Fonte: Elaborada pelo autor.

seu estado inicial e alerta as pessoas para tomarem alguma ação. O ideal para o laboratório é passar por uma reforma elétrica completa seguindo todas as normas e realizar manutenção nos equipamentos, tornando as demonstrações nas práticas mais seguras. Além disso, é de suma importância um projeto de combate ao incêndio bem definido e que condiz com o local para uma maior segurança, já que no laboratório há somente um extintor em toda a área.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Estudo de Caso: Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio

Para desenvolver o sistema para o laboratório de eletrotécnica da Escola de Minas, o projeto foi criado com base na norma [NBR 17240 \(2010\)](#). A norma tem o objetivo de orientar e apontar os requisitos para o projetista desde a parte de projeto e instalação até o comissionamento e manutenção de SDAIs.

Dando início ao planejamento do sistema, a [NBR 17240 \(2010\)](#) exige uma definição por escrito de responsabilidades em cada fase de planejamento do sistema para evitar que alguma fase possa passar despercebida ou alguma área ficar sobreposta por outras responsabilidades. Além disso, a norma recomenda que o planejamento e execução do projeto seja realizado por empresas e profissionais que possuem experiência comprovada para assumir o tipo de serviço.

Com relação a documentação, a norma recomenda que seja levantado dados a respeito do local em que se deseja desenvolver o sistema de incêndio tais como: planta baixa da edificação, levantamento do material combustível do local a ser protegido, descrição das condições ambientais, descrição da infraestrutura do ambiente e dentre outros. Para este caso, esses dados já foram levantados no início do capítulo anterior ao descrever o laboratório a ser estudado.

4.1.1 Central de Alarme e Repetidor

O tipo de sistema de detecção selecionado para esse projeto foi o sistema convencional. Como o ambiente em que se deseja proteger é relativamente pequeno, o sistema convencional já supre as necessidades, separando as salas do laboratório em zonas protegidas. Então se acontecer algum incidente, a central de alarme e o repetidor irão ter a capacidade de identificar em qual zona o detector foi ativado, ou seja, indicando em qual sala ou ambiente pode estar ocorrendo um sinistro. O sistema endereçável também funciona nesse tipo de ambiente, porém esse tipo de sistema é mais interessante quando se tem mais ambientes, diversos andares diferentes ou várias salas por exemplo, porque o sistema é capaz de indicar qual detector exatamente foi acionado. Como são poucas salas para monitorar e elas são bem amplas e abertas, o sistema convencional já atende as necessidades, além de terem um menor custo.

O painel de controle de alarmes contra incêndios que será utilizado é o de código SFP-5UD da Notifier, como ilustra o modelo na Figura [20](#). Segundo o [Honeywell \(2010\)](#), esse painel monitora até 5 zonas, o que já é o suficiente para o monitoramento do ambiente. O SFP é compatível com dispositivos de entrada convencionais como os detectores de fumaça de dois e quatro cabos, dispositivos manuais, interruptores de interferência e outros dispositivos de contato normalmente aberto. Na saída do painel há quatro NAC (Notification Appliance Circuits), ou seja, quatro circuitos de sinalização audiovisual, três relés programáveis em formato C para alarme,

falha e supervisão. O painel tem a funcionalidade de supervisionar toda a fiação elétrica, tensão e nível de bateria. Ao ser acionado um detector, o painel aciona os sinalizadores audiovisuais, um LED de indicação é acendido, toca uma sirene do painel, além de ativar um módulo opcional que é utilizado para notificar uma estação remota. Há também um módulo opcional para realizar um monitoramento de sinais de alarme através da internet, expandindo os diferentes tipos de maneiras para supervisionar o sistema.



Figura 20 – Central de Alarme SFP-5UD.

Fonte: [Honeywell \(2010\)](#)

Para seguir corretamente a norma ABNT, o planejamento é instalar perto da entrada da sala de aula ao lado do laboratório, já que o espaço planejado é amplo, bem ventilado e de fácil monitoramento, além do local de instalação ficar afastado dos materiais combustíveis do ambiente a ser protegido. Será garantido o espaço de no mínimo 1 m² em frente a central para sua operação e manutenção preventiva e corretiva. Também atenderá a recomendação da instalação do painel estar na altura entre 1,40 m e 1,60 m do piso acabado para melhor visualização das informações na interface de operação (teclado/visor). A respeito da bateria, é importante dimensionar corretamente e instalar na central de alarme, pois caso ocorra uma queda de energia, a bateria consegue suportar por algumas horas o funcionamento do sistema de detecção. Para esse sistema em específico foi dimensionado, de acordo com a [NBR 17240 \(2010\)](#), duas baterias de 12 Ah de código UP6120 da marca Unipower. O cálculo e mais informações sobre o dimensionamento se encontra no Apêndice [A](#).

Como a central não vai estar localizada na entrada da edificação, foi decidido que irá acrescentar um painel repetidor ao sistema, como ilustra na Figura [21](#). O painel repetidor selecionado é o N-ANN-80 da Notifier e ficará localizado na entrada do prédio da Escola de Minas, onde o local é monitorado 24h. O painel repetidor, de acordo com [Honeywell \(2018\)](#), é compacto com 80 caracteres e sua função é imitar uma central de alarme. Assim como a central de alarme, o painel repetidor fornece indicadores de status do sistema para a alimentação CA, alarme, condições de problema, supervisão e alarme silenciado. Além disso o painel também é capaz de indicar informações do sistema, como o status das zonas, tipos de dispositivos e acionamento

de alarmes. O painel repetidor é importante nesse projeto pois não há supervisionamento ou movimento o tempo todo no laboratório. Da entrada até o laboratório é uma distância considerável e em níveis diferentes com bastante escadas. Então, como a central de alarme estará instalada ao lado do laboratório, o repetidor ficará localizado na portaria onde terá maior circulação de pessoas monitorando o sistema e o local.



Figura 21 – Painel Repetidor N-ANN-80.

Fonte: [Honeywell \(2018\)](#)

4.1.2 Acionador Manual

O acionador manual que foi escolhido para esse trabalho é da série NBG-12 da linha Notifier. Esse dispositivo disponibiliza um sinal de entrada para o painel central de alarme e proporciona diversas funções, além de ser simples de instalar, manter e operar. Como mostra a Figura 22, seu design é bastante agradável e com cor vermelho bem chamativo, como pede a norma, o que torna fácil a localização do acionador no ambiente. A [Honeywell \(2008\)](#) demonstra que sua operação se torna bem fácil, podendo ser de acionamento único e dual dependendo do modelo. O modelo selecionado é de acionamento dual cujo o acionamento é feito através de duas etapas: impulsionamento e abaixamento da alavanca, o que evita acionamentos indesejados e alarmes falsos. No momento da instalação, o acionador deverá ter uma altura entre 0,90 e 1,35 m do piso acabado além da distância máxima a ser percorrida por uma pessoa em qualquer posição no local até um acionador manual não pode ser mais do que 30 m.

4.1.3 Sinalizadores Audiovisuais

Se tratando dos sinalizadores, será utilizado o dispositivo P2RL da L-series da System Sensor, igual da Figura 23. Um modelo compacto, versátil, de fácil instalação e também compatível com a painel central do projeto. De acordo com a [System Sensor \(2018\)](#), a linha proporciona buzinas e luzes piscantes com o menor consumo de corrente, além de ter um design moderno. O



Figura 22 – Acionador Manual NBG-12.

Fonte: [Honeywell \(2008\)](#)

dispositivo possui uma seleção automática de 12 e 24 volts e também um interruptor rotativo para tons de buzina com duas seleções de volume.

Segundo a [NBR 17240 \(2010\)](#), os sinalizadores deverão ser instalados no local de forma que seja possível a sua visualização em qualquer ponto do ambiente. Esses dispositivos são de extrema importância no sistema, portanto devem ser supervisionados pela central caso ocorra algum rompimento de fios e cabos em sua ligação. Sua instalação deve ter uma altura entre 2,20 m a 3,50 m, preferencialmente na parede.



Figura 23 – Sinalizadores Audiovisuais P2RL.

Fonte: [System Sensor \(2018\)](#)

4.1.4 Detector de Fumaça por Amostragem de Ar

Em um sistema de detecção e alarme de incêndio sempre irá existir uma central de alarme para poder monitorar todos os sensores e atuadores, dispositivos para acionamento

manual, sinalizadores para indicar a ocorrência de um sinistro para as pessoas e detectores automáticos caso a percepção humana seja mais lenta. Um dos pontos que difere um sistema do outro são os detectores automáticos. Para o caso desse trabalho, o local que tem a intenção de proteger de um incêndio possui um arsenal de itens antigos e importantes no âmbito histórico, cultural e educativo. O lugar contém vários motores trifásicos, transformadores, geradores, painéis elétricos e aparelhos de medidas, que têm um valor muito grande para Ouro Preto e a Escola de Minas. Além disso, ocorrem várias aulas no laboratório, sendo frequentada por diversos alunos e professores. Para a criação de um SDAI, é de grande importância a escolha de um detector automático bem sensível que seja capaz de detectar um fogo não controlado no seu estágio inicial a fim de proteger as máquinas elétricas e as pessoas que visitam o laboratório.

Diante desses aspectos, chegou-se a conclusão de que seria interessante adicionar um detector de fumaça por aspiração. O modelo que atende aos requisitos do local é o VESDA VEP-A10-P da linha Xtralis da Honeywell, ilustrado na Figura 24. O modelo atende uma área de cobertura de 2000 m² com fluxo de ar por tubo mínimo de 15l/m, o que já é o suficiente para o laboratório. Além disso, o dispositivo contém quatro níveis diferentes de alarmes dependendo da aplicação e faixa de sensibilidade e também um filtro integrado inteligente para reter a poeira, aumentar sua vida útil e oferecer uma manutenção previsível (XTRALIS, 2020).



Figura 24 – Detector VESDA VEP-A10-P.

Fonte: Xtralis (2020)

O VESDA se mostra tão eficiente no sistema que, nas tubulações, cada ponto de amostragem equivale a um detector pontual de fumaça, como mostra um comparativo na Figura 25. Além disso, a sensibilidade e o tempo de resposta têm que equivaler a de um detector pontual de fumaça, como a NBR 17240 (2010) solicita. Portanto, para esse estudo de caso, os detectores por amostragem de ar serão aplicados e configurados como detecção principal, já que os pontos por amostragem serão localizados com os mesmos critérios especificados para os detectores pontuais de fumaça.

É importante ressaltar que para dimensionar um combate de incêndio em sistemas que há detectores por amostragem de ar, não é recomendado que os sistemas de combate sejam acionados somente pelos detectores por aspiração devido ao seu alto nível de sensibilidade,

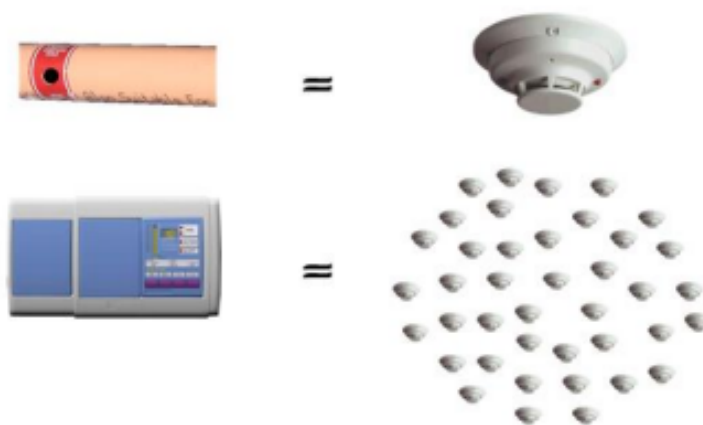


Figura 25 – Equivalência dos detectores pontuais com os pontos de amostragem.

Fonte: Carlos (2019)

segundo a NBR 17240 (2010). O ideal é que algum outro detector, seja pontual de fumaça ou um segundo detector por aspiração, confirme seu acionamento de alarme. Como o foco desse trabalho seja somente a detecção e alarme de incêndio, será considerado somente um detector automático por aspiração.

Se tratando de sensibilidade, o VESDA se torna o detector ideal para o projeto. Como já foi explicado anteriormente, o laboratório é repleto de máquinas elétricas muito antigas e de grande valor, além da elevada circulação de pessoas no ambiente. Como mostra o gráfico na Figura 26, é possível comparar a alta sensibilidade do VESDA em relação aos outros detectores automáticos. O VESDA é capaz de indicar um incidente mesmo com a fumaça ainda invisível, dando a vantagem de ter mais tempo de atuar e eliminar a combustão em seu estado inicial.

Ao se tratar de fumaça, há um termo chamado obscurecimento, que nada mais é do que o efeito que a fumaça causa na redução da visibilidade. Quanto maiores as concentrações de fumaça no ambiente, maiores os níveis de obscurecimento e menores a taxa de visibilidade. A Figura 27 demonstra um exemplo de diferentes porcentagens de obscurecimento e como a visibilidade se comporta dependendo dessas porcentagens.

Com esses dados de obscurecimento é possível realizar uma comparação entre os detectores automáticos de incêndio. Como mostra a tabela 1, o VESDA é capaz de detectar o início de um possível incêndio com uma taxa de obscurecimento muito menor do que os outros tipos de detectores. Essa sensibilidade seria crucial para o laboratório de eletrotécnica da universidade, pois o dispositivo conseguiria detectar muito mais rápido o incêndio do que uma pessoa para ativar o acionador manual, já que o nível de obscurecimento é tão baixo que uma pessoa quase não consegue perceber a fumaça a olho nu.

No caso do VESDA VEP-A10-P, que está sendo utilizado no projeto, possui 4 níveis diferentes de alarmes que podem ser ajustado de acordo com a sensibilidade desejada. Na tabela

DESENVOLVIMENTO DE FOGO

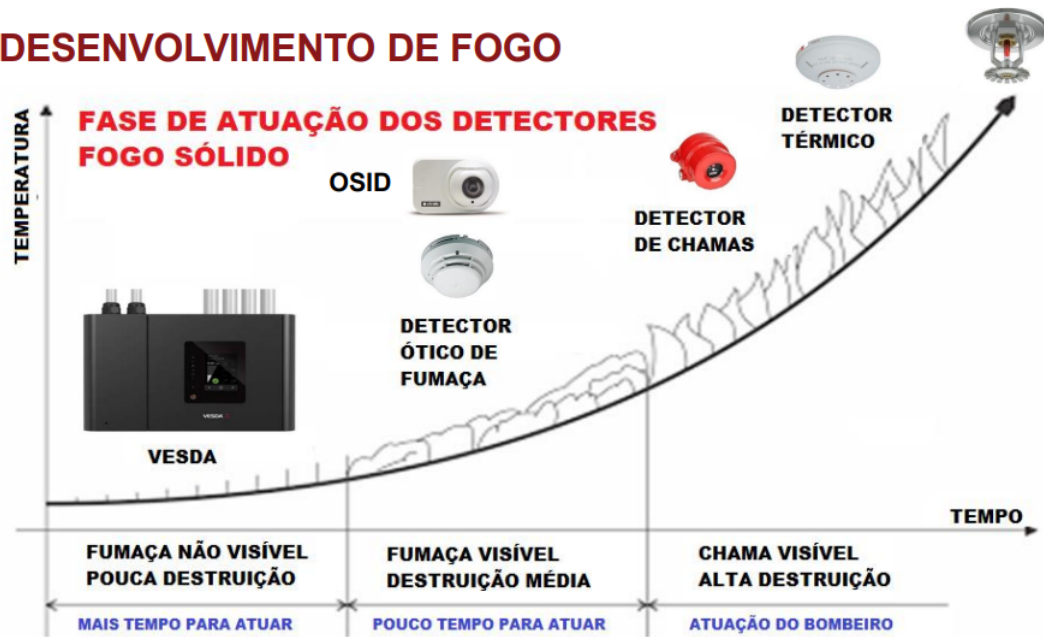


Figura 26 – Comparativo de nível de sensibilidade dos sensores.

Fonte: Carlos (2019)

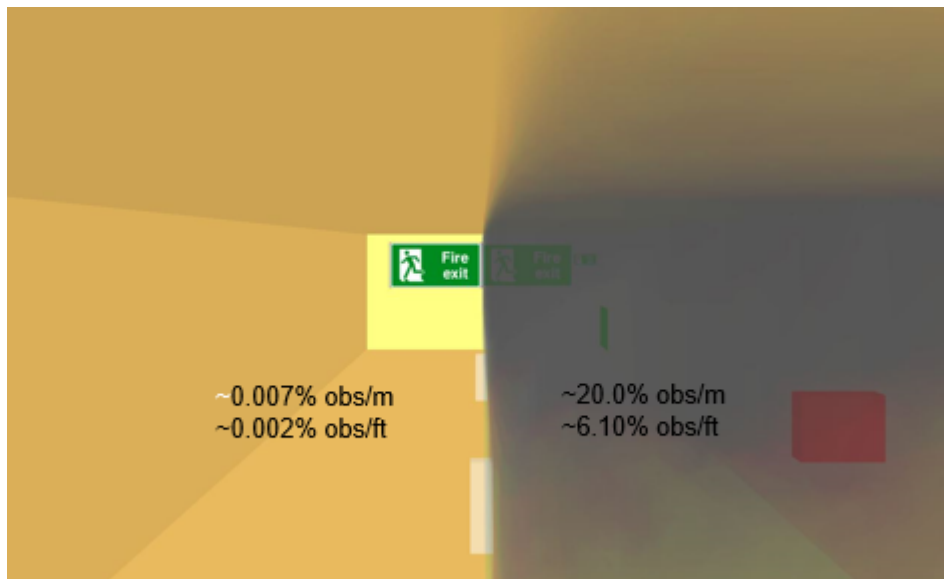


Figura 27 – Comparativo de nível de obscurecimento no ambiente.

Fonte: Ridolfi (2019)

2) abaixo mostra as faixas em que cada alarme possui.

No mundo inteiro existem vários sistemas de detecção em que se utiliza a tecnologia do VESDA em diversas aplicações, desde igrejas e museus até em enormes espaços abertos como em shows e estádios. Além do sistema ser bastante sensível, é possível camuflar a tecnologia, o que garante a estética dentro dos museus, igrejas, bibliotecas e outros patrimônios históricos. A figura 28 mostra um exemplo de como pode ser disfarçado um ponto de amostragem por dentro de uma estrutura no teto.

Detectores de Incêndio	Nível de Sensibilidade (% obs/ft)
Detector de fumaça iônico	1,0 - 1,5
Detector de fumaça fotoelétrico	2,0 - 3,5
Detector de fumaça linear	0,2 - 2,0
Detector térmico ou de chama	Detecta o calor do fogo ou a chama
Detector por aspiração	0,0003 - 6,25

Tabela 1 – Comparação de Sensibilidade de Obscurecimento de Detectores

Fonte: Carlos (2019)

Tipos de Alarme	Nível de Sensibilidade (% obs/ft)
Alert	0,0016 - 0,625
Action	0,0016 - 0,625
Fire1	0,0031 - 0,625
Fire2	0,0063 - 6,25

Tabela 2 – Níveis de Sensibilidade do Detector por Aspiração

Fonte: Xtralis (2020)

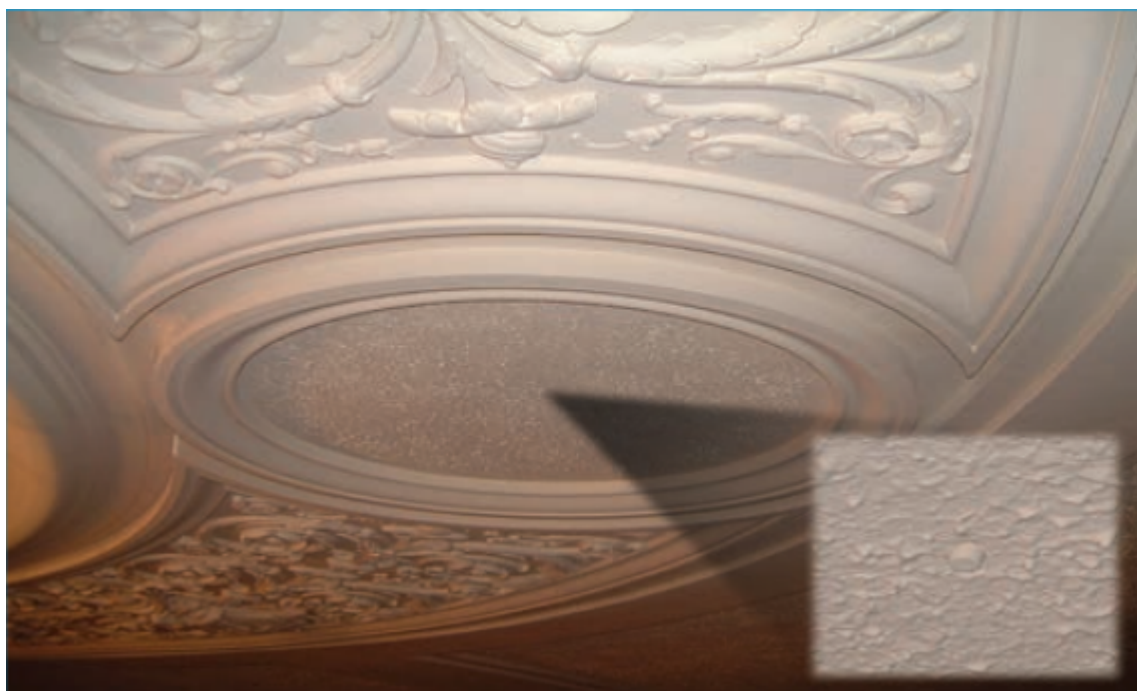


Figura 28 – Ponto de amostragem disfarçado no teto.

Fonte: Xtralis (2022)

A fabricante Xtralis possui vários estudos de casos de sucesso utilizando a tecnologia do detector por aspiração de ar e ainda assim conseguindo conservar a imagem do local. Dentre vários casos, é possível citar o Centro de Exposição de Sydney, local em que ocorrem vários jogos de basquete e vôlei recebendo bastante público. Além do lugar ser bastante aberto e conseguir diluir a fumaça facilmente, o local necessitava de um detector bastante precoce e sensível para que desse tempo de alertar um possível incêndio e oferecer as pessoas uma evacuação tranquila

e ordenada (XTRALIS, 2021b). Outro caso interessante é nos edifícios patrimoniais chineses, em que a detecção é extremamente importante, porém sem perder toda a estética e beleza do lugar. A Xtralis (2021a) explica que os edifícios são muito antigos, feito de madeiras, portanto são altamente inflamáveis. Além de conter obras de arte insubstituíveis, era necessário investir em um sistema de detecção e alarme de incêndio para a preservação. Mais uma vez a solução encontrada foi utilizando o detector por aspiração, tendo muito mais sensibilidade que outros detectores pontuais além de tornar o sistema praticamente invisível, como mostra a figura 29 abaixo.

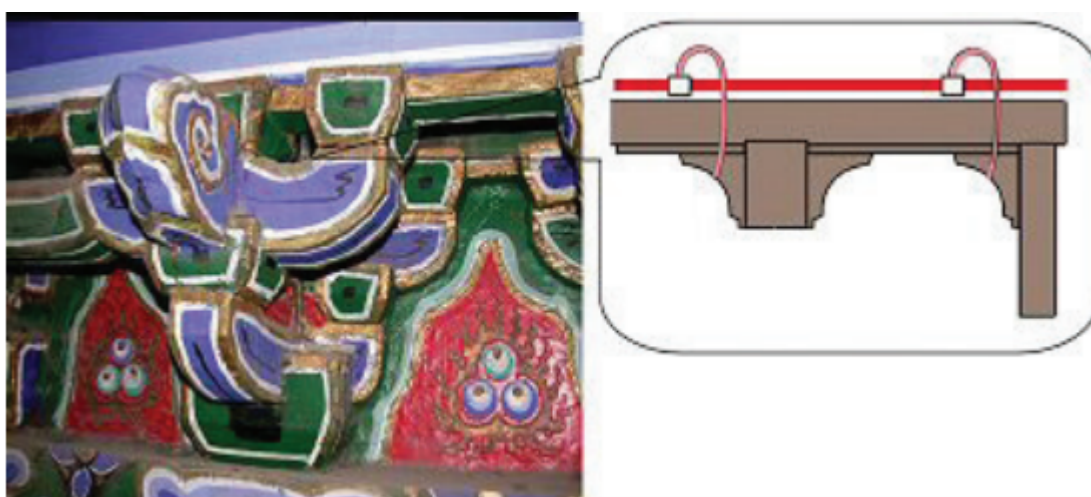


Figura 29 – Pontos de amostragem disfarçado em uma estrutura chinesa.

Fonte: Xtralis (2021a)

Portanto, com todas essas vantagens e tecnologias do detector por amostragem de ar, conclui-se que é o dispositivo perfeito para o laboratório de eletrotécnica da Escola de Minas. O ambiente necessita de um detector altamente sensível para proteger equipamentos de grande valia e também alunos e professores que frequentam diariamente o local, além de ser possível de efetuar uma instalação mais discreta e camuflada, sendo capaz de disfarçar e não comprometer a estética do laboratório. Usando tubos capilares é uma opção a instalação ser dentro do forro no teto, sendo necessário fazer apenas pequenos furos para se ter os pontos de amostragem para a detecção.

4.1.5 Projeto Final e Lista de Materiais

Após especificado todos os dispositivos de detecção, sinalizadores, central de alarme e acionadores manuais, o Apêndice B mostra a planta baixa do laboratório de eletrotécnica da Escola de Minas com o projeto final consolidado, indicando a posição de cada dispositivo que ficará localizado pelo laboratório. Na planta baixa, cada detector de fumaça representado é um tubo capilar que ficará dentro do forro e fazendo a amostragem de ar no ambiente. Vale ressaltar novamente que foi decidido inserir um repetidor de central de alarme no projeto na portaria pelo motivo da vigilância. No local existe um porteiro 24h que é capaz de fazer o monitoramento

do sistema. A planta baixa também demonstra o local da portaria com seu devido repetidor localizado.

Com a ajuda do software ASPIRE, foi possível projetar e visualizar com mais detalhes como funcionaria a instalação das tubulações do detector por amostragem de ar, como mostra a Figura 30. A ideia é o detector ficar ao lado da central de alarme, subir quatro tubulações até o forro do laboratório para que fique de forma camuflada e sendo bifurcada em duas tubulações, uma para cada ambiente, separada em zonas como ilustrada na Figura 31. Para cada furo na tubulação terá uma extensão de um tubo capilar que irá sobressair do forro e fazendo o papel de um detector pontual de fumaça, mas de forma ativa aspirando o ar constantemente, permitindo assim uma detecção mais precoce de um possível incêndio. Cada tubulação que sai do detector é definido como uma zona para monitorar e indicar na central de alarme e no repetidor em qual área está acontecendo o incêndio.

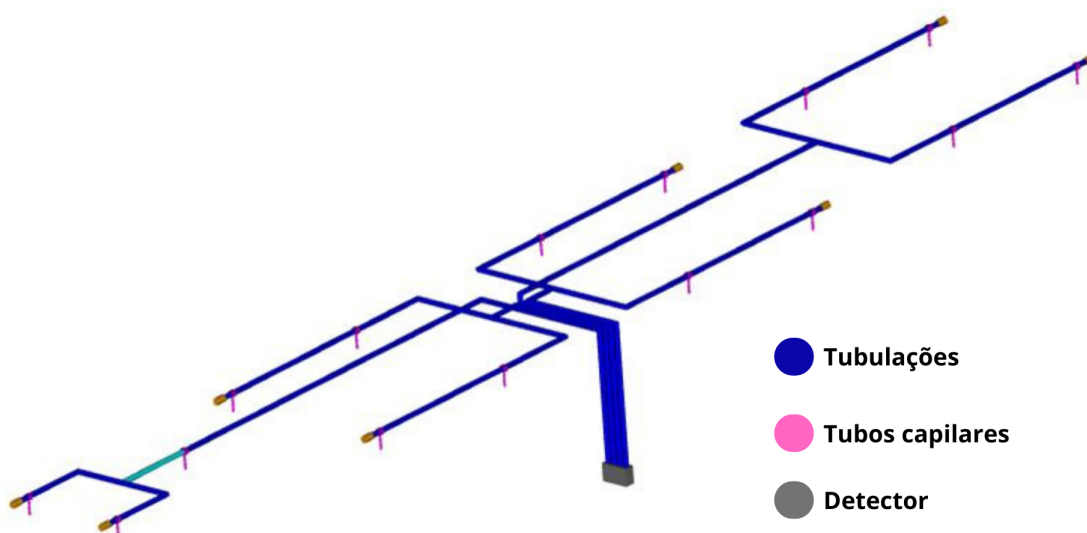


Figura 30 – Simulação 3D da forma das tubulações do detector por amostragem.

Fonte: Elaborada pelo autor

Além do software ser capaz de gerar um desenho em 3D simulando a forma que a tubulação seria instalada, ele também é capaz de gerar toda a lista de materiais do que vai ser necessário para a instalação. A tabela 3 abaixo, além de discriminar toda a lista de materiais por parte do detector por amostragem de ar, também está contido os outros dispositivos, como os acionadores, sinalizadores e a central de alarme.

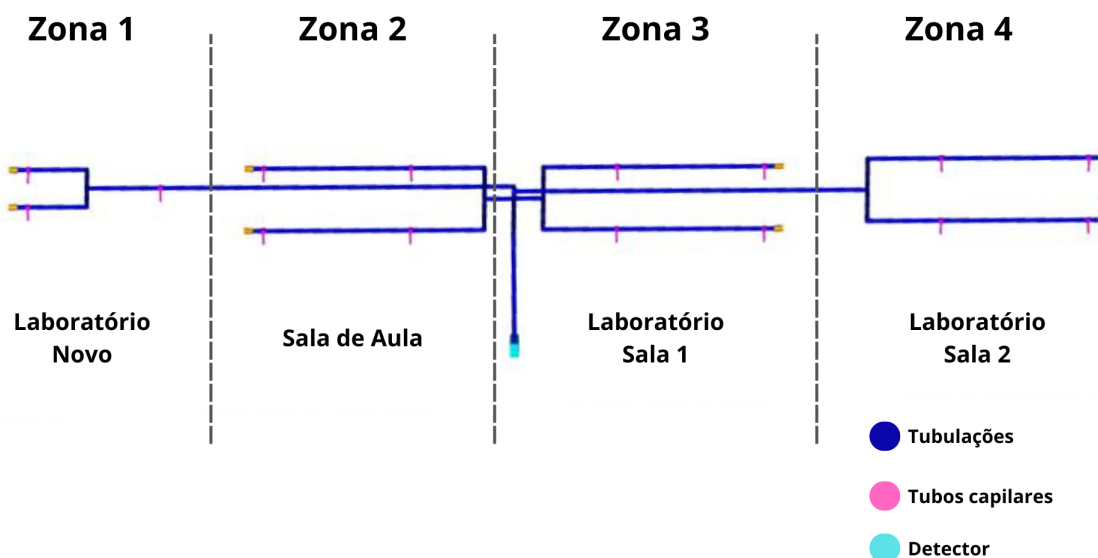


Figura 31 – Tubulações separadas em zonas.

Fonte: Elaborada pelo autor

Quantidade	Código	Descrição
1	SFP-5UD	Central de alarme
2	UP6120	Bateria selada 6V 12Ah
1	N-ANN-80	Repetidor
4	P2RL	Sinalizadores Audiovisuais
4	NBG-12L	Acionador Manual
1	VEP-A10-P	VESDA
15	E700-CAP-KIT	Conectores de tubo capilar
15	E700-SP	Cabeça de ponto de amostragem cônica
23	E700-SP-DCL-PNT	Etiqueta do ponto de amostragem
15 Metros	E700-TUBE	Tubo capilar 3/8" de diâmetro interno
86	VP-CLIP	Fixação de ponto único de clipe de tubo
10	VPCOUP	Acoplamento
8	VP-EC	Terminador
17	VP-ELB-90	Cotovelo 90 graus
87 Metros	VP-P-210	Tubo VESDA
4	VP-TEE	Peça em T
15	VP-TEE-FPT	Adaptador de tronco para tubos capilares
80 metros	-	cabo elétrico azul 1,5 mm ²
80 metros	-	cabo elétrico preto 1,5 mm ²
80 metros	-	eletroduto metálico 3/4" cor vermelha

Tabela 3 – Lista de Materiais do Projeto Final

Fonte: Elaborada pelo autor

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou uma solução de prevenção de incêndio dimensionando um sistema de detecção e alarme de forma satisfatória para proteger o laboratório de eletrotécnica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. O trabalho atendeu as expectativas apresentando um trabalho completo e bem fundamentado, além do conteúdo ter se transformado em uma ferramenta de pesquisa para profissionais da área da engenharia e se tornar uma motivação para a implementação do projeto no local.

Inicialmente foram apresentados outros trabalhos acadêmicos de mesmo propósito para demonstrar o quão grande é a discussão do tema e importante o investimento em pesquisas e estudos a respeito do assunto. O trabalho apresenta conceitos fundamentais do princípio do fogo e incêndios, formas de propagação de uma chama e alguns casos de acidentes que ocorreram no Brasil para exemplificar as definições apresentadas. Além disso, foi apresentado o conceito de sistema de detecção e alarme de incêndio e a descrição de todos os elementos que compõem o sistema juntamente com suas características e funcionalidades.

O estado atual do laboratório de eletrotécnica é alarmante e propensa a acontecer um acidente a qualquer momento por conta de sua fiação elétrica antiga e vários equipamentos sem nenhuma manutenção preventiva. Para reduzir as chances de uma perda grande de itens valiosos presentes no laboratório além de assegurar o bem estar das pessoas, é apresentado um SDAI sólido com todos os elementos necessários para seu funcionamento. A solução em destaque é utilizar o detector automático por amostragem de ar por ser um dispositivo bastante sensível e ideal para o tipo de ambiente. Em comparação com outros detectores automáticos, o detector de fumaça por aspiração se mostra mais eficiente e garante maior rapidez ao detectar fogo em seu estado inicial. O trabalho é concluído apresentando a planta baixa com todos os dispositivos representados, um modelo de instalação do detector de fumaça por amostragem de ar e uma lista de materiais completa e especificada para a implementação do sistema.

Para trabalhos futuros, é sugerido complementar o sistema de detecção e alarme de incêndio integrando com um projeto de sistema de combate a incêndio. É de suma importância pensar de que forma será combatido o fogo após o sistema detectar o sinistro. Atrelado a isso, também se torna bastante importante o desenvolvimento de um projeto de reforma elétrica do laboratório, visto que há muito risco de iniciar um fogo com a situação atual da instalação. Outra sugestão de trabalho seria desenvolver uma aplicação para melhorar o monitoramento do laboratório quanto a um acidente, criando um sistema supervisório apresentando vários dados em tempo real e fazendo uma análise preditiva para que possa tomar uma ação antes de ocorrer um acidente.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13860: Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio*. [S.l.], 1997. 10 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 17240: Sistemas de detecção e alarme de incêndio – projeto, instalação, comissionamento e manutenção de sistemas de detecção e alarme de incêndio – requisitos*. [S.l.], 2010. 54 p.
- CARLOS, L. R. A. *Detecção Precoce para Edifícios Históricos e Religiosos como Museus, Catedrais e Culturais*. São Paulo, 2019. [Webinar sobre Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio em edifícios históricos lecionada pela Xtralis pertencente a Honeywell].
- CPN-SP. *Manual de treinamento curso básico segurança em instalações e serviços com eletricidade - NR 10*. [S.l.], 2005. COMISSÃO TRIPARTITE PERMANENTE DE NEGOCIAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO NO ESTADO DE SÃO PAULO.
- FRAGA, E. P. d. *Proteção contra incêndios em edificações históricas: estudo de caso de um museu de gravataí*. 2011. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2011.
- HONEYWELL. *Datasheet do acionador manual*. 2008. Disponível em: <https://tdssistemas.com.br/wp-content/uploads/2019/06/nbg-12l-acionador-manual-convencional_tds.pdf>.
- HONEYWELL. *Datasheet do Painel de Controle de Alarme contra Incêndios de Cinco Zonas*. 2010. Disponível em: <https://www.tdssistemas.com.br/wp-content/uploads/2019/06/sfp-5ude-sfp-10ude-painel-de-controle-de-alarme-contra-incendios-de-cinco-e-dez-zonas_tds.pdf>.
- HONEYWELL. *Datasheet do repetidor da central de alarme*. 2018. Disponível em: <https://www.securityandfire.honeywell.com/notifier/en-us/-/media/Files/Notifier/Data-Sheets/DN_7114.pdf>.
- JÚNIOR, J. D. C. d. B. *Desenvolvimento de um projeto de alarme para incêndio numa universidade pública*. 2020. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2020.
- JUSTA, L. M. d. *Sistema de detecção e alarme de incêndio com supervisor scada*. 2016. 2016.
- MARTINS, R. *Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio*. [S.l.], 2021. [Powerpoint de apoio ao treinamento de Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio lecionada pela TDS Sistemas].
- MENDONÇA, H. T. T. *Edificações civis em situação de incêndio: estudo de caso da boate kiss e do edifício joelma*. 2014. 2014.
- PREVIDELLI, F. *ESCADAS IMPROVISADAS E PÂNICO: NESTE DIA, EM 1974, O INCÊNDIO DO JOELMA ABALAVA O PAÍS*. 2021. Disponível em: <<https://aventurasnahistoria-uol.com.br/noticias/reportagem/historia-incendio-do-edificio-joelma.phtml>>.
- RAMALHO, R. de S. e S. *Laboratório de Eletrotécnica Geral*. 2022. Disponível em: <<https://decat.ufop.br/laboratório-de-eletrotécnica-geral>>.
- RIDOLFI, A. C. d. S. L. *Vesda - Curso de Certificação*. [S.l.], 2019. [Powerpoint de apoio ao treinamento sobre detector por aspiração Vesda].

SEITO, A. I. et al. A segurança contra incêndio no brasil. 2008. 2008.

SILVA, J. P. d. *Risco de incêndio em patrimônio cultural: a importância das ações de manutenção preventiva*. Tese (Doutorado) — Mestrado em Estudos Culturais Contemporâneas, 2018.

SOUZA, J. C. M. N. N. L. P. E. D. de. Sistema de detecção alarme de incêndio: Estudo de caso. 2013. 2013.

SOUZA, T. de. *Incêndio no Museu Nacional, no Rio de Janeiro, completa três anos; relembre*. 2021. Disponível em: <<https://www.correiobraziliense.com.br/brasil/2021/09/4947344-incendio-no-museu-nacional-no-rio-de-janeiro-completa-tres-anos-relembre.html>>.

SYSTEM SENSOR. *Datasheet do sinalizador audiovisual*. 2018. Disponível em: <https://www.securityandfire.honeywell.com/notifier/en-ca/-/media/Files/Notifier/Data-Sheets/DN_60918_pdf.pdf>.

XTRALIS. *Datasheet do detector por amostragem de ar*. 2020. Disponível em: <<https://xtralis.com/file/941>>.

XTRALIS. *CHINESE HERITAGE BUILDINGS - CURATORS OF CHINESE HERITAGE INSTALL INVISIBLE SMOKE DETECTORS TO PROTECT ANCIENT TEMPLES WITHOUT MARRING THEIR BEAUTY*. 2021. Disponível em: <<https://xtralis.com/file/424>>.

XTRALIS. *Sydney Exhibition Centre – Homebush Bay*. 2021. Disponível em: <<https://xtralis.com/file/640>>.

XTRALIS. *VESDA - DISCREET DETECTION*. 2022. Disponível em: <<https://xtralis.com/file/926>>.

APÊNDICE A – CÁLCULO DA FONTE DE ALIMENTAÇÃO E BATERIA

Obra:	Sistema de detecção e alarme de incêndio para Laboratório de Eletrotécnica da Escola de Minas da UFOP		
Local:	Ouro Preto-MG	data:	04/10/2022

Tempo em Repouso (h): 24 conforme 6.1.4 c)
 Tempo em alarme (min): 5 conforme 6.1.4 c)

Equipamento	Quantidade de peças	Corrente repouso(mA)		Corrente alarme (mA)		Observações / Informações adicionais
		Individual	Total	Individual	Total	
Central principal (supervisora)	1	110	110	214	214	Central: SFP-SUD
Subcentral 1						
Painel Repetidor	1	37	37	40	40	Repetidor: N-ANN-80
etc.						
Circuito de Detecção						
Circuito nº	Dispositivos *	5				Acionador manual: NBG-12***
	detector	1	416	416	483	
	Acionador manual	4	0	0	0	
	etc.					Detector: VESDA VEP-A10-P
Avisadores/Sinalizadores						
Circuito nº	Equipamento *	4				etc. = Sinalizador audiovisual P2RL
	Sirene					
	Avisador visual					
	etc.	4	0	0	262	
Controles/Comandos						
Circuito nº	Equipamento *					-
	solenóides					
	dampers					
	etc.					
Consumo Total			563	mA (1)	1785	mA (2)

Capacidade Mínima da fonte de alimentação principal (A) = $1,20 \times \underline{2} / 1000$

Capacidade Mínima da fonte de alimentação principal (A) = 2,142

Fonte de alimentação principal escolhida (A): 2

Capacidade mínima da bateria (Ah) = $1,20 \times (24 \times \underline{1} + 5/60 \times \underline{2}) / 1000$

Capacidade mínima de bateria (Ah) = 16,3929

Bateria escolhida** (Ah): 2 baterias de 12 Ah (UP6120)

onde:

1,20 = Fator de segurança de 20%

$\underline{1}$ = corrente total em repouso (mA)

$\underline{2}$ = corrente total em alarme (mA)

* Devem ser criadas linhas individuais para cada tipo de equipamento/circuitos

** Considerar a variação da capacidade da bateria em função da temperatura ambiente, conforme dados do fabricante.

***O acionador convencional tem seus valores de corrente zerados, pois ele é somente um contato para possibilitar a passagem de corrente para o sinalizador. Portanto, tanto em repouso quanto em situação de alarme não terá consumo de corrente.

APÊNDICE B – PROJETO DA PLANTA BAIXA DO LABORATÓRIO

