



**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAMETRO  
ENGENHARIA CIVIL**

**FABIANA RODRIGUES DE OLIVEIRA LOPES  
VLADYANNE POMPEU LOIOLA**

**EXTINÇÃO DE INCÊNDIO POR MEIO DE GÁS FM 200, NOVEC 123 E ECARO 25:  
METODOLOGIA E PROJETO**

**FORTALEZA  
2022**

---

L834e      Loiola, Vlydyanne Pompeu.

Extinção de incêndio por meio de gás FM 200, NOVEC 123 e ECARO 25: metodologia e projeto. / Vlydyanne Pompeu Loiola; Fabiana Rodrigues de Oliveira Lopes. – Fortaleza, 2022.

79 f.; Il. Color.

Monografia - Curso de Graduação em Engenharia Civil, Centro Universitário Fametro - Unifametro, Fortaleza, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Alysson Daniel Ribeiro Gonçalves.

1. Combate à incêndio. 2. Gás. 3. Agente limpo. 4. Gases FM 200, NOVEC 123 e ECARO 25. I. Título. II. Lopes, Fabiana Rodrigues de Oliveira. III. Gonçalves, Alysson Daniel Ribeiro.

CDD 363.179 8

---

FABIANA RODRIGUES DE OLIVEIRA LOPES  
VLADYANNE POMPEU LOIOLA

EXTINÇÃO DE INCÊNDIO POR MEIO DE GÁS FM 200, NOVEC 123 E ECARO 25:  
METODOLOGIA E PROJETO

Esta monografia apresentada no dia 13 de junho de 2022 como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil da Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza – FAMETRO – tendo sido aprovado pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

FORTALEZA

2022

FABIANA RODRIGUES DE OLIVEIRA LOPES  
VLADYANNE POMPEU LOIOLA

EXTINÇÃO DE INCÊNDIO POR MEIO DE GÁS FM 200, NOVEC 123 E ECARO 25:  
METODOLOGIA E PROJETO

Esta monografia apresentada no dia 13 de junho de 2022 como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil da Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza – FAMETRO – tendo sido aprovado pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

BANCA EXAMINADORA

---

Profº. Dr. Alysson Daniel Ribeiro Gonçalves  
Orientador – Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza

---

Profª. Dra. Danielle Kely Saraiva de Lima  
Membro - Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza

---

Esp. Tenente Coronel Wagner Alves Maia  
Membro – Corpo de Bombeiros do Estado do Ceará

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida e por nos proporcionar muitas oportunidades durante a jornada na universidade, grata por nos dar força, sabedoria e proteção. Agradecemos infinitamente aos familiares e amigos que participaram diretamente ou indiretamente para a conclusão desta etapa em nossas vidas.

Ressalto a importância de agradecer imensamente aos nossos pais, que sem eles não estaríamos aqui, nos apoiou de todas as formas e não nos desamparou.

Não podemos deixar de agradecer uma a outra, pela parceria entre as autoras deste trabalho, sem o apoio, dedicação de ambas, paciência, nada disso teria acontecido, guiando uma a outra e assim chegando neste brilhante projeto.

## **EXTINÇÃO DE INCÊNDIO POR MEIO DE GÁS FM 200, NOVEC 123 E ECARO 25: METODOLOGIA E PROJETO**

**Fabiana Rodrigues de Oliveira Lopes<sup>1</sup>**

**Vladyanne Pompeu Loiola<sup>2</sup>**

**Alysson Daniel Ribeiro Gonçalves<sup>3</sup>**

### **RESUMO**

Sistemas fixo de combate a incêndio por meio de gás, são geralmente instalados em locais onde há muito valor agregado e informações que não podem ser perdidas, que estão armazenadas em servidores. Esse agente extintor além de não danificar equipamentos eletrônicos, não polui o meio ambiente e não causa danos à saúde dos seres humanos. Por conta disso, esse trabalho apresenta projeto, dimensionamento e resultados dos locais no qual foram escolhidos para receber esse tipo de sistema, fazendo o comparativo entres os gases FM200, NOVEC 123 e ECARO 25.

**Palavras-chave:** Agente Limpo, Gás, Combate a Incêndio, Projeto e Excel.

## ABSTRACT

Fixed or mobile gas firefighting systems are usually installed in places where there is a lot of added value and information that cannot be lost, which is stored on servers. This extinguishing agent, in addition to not damaging electronic equipment, does not pollute the environment and does not harm the health of human beings. Because of this, this work presents the design, dimensioning and results of the places where they were chosen to receive this type of system, comparing the gases FM200, NOVEC 123 and ECARO 25.

**Key words:** Clean Agent, Gas, Fire Fighting, Project and Excel.

---

<sup>1</sup> Graduando do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Fametro - Unifametro.

<sup>2</sup> Graduando do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Fametro - Unifametro.

<sup>3</sup> Professor Orientador do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Fametro - Unifametro

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Triângulo do fogo .....	13
Figura 2 – Tetraedro do fogo.....	14
Figura 3 – Transmissão de calor por condução.....	16
Figura 4 – Transmissão de calor por convecção .....	16
Figura 5 – Transmissão de calor por irradiação .....	17
Figura 6 – Classes de incêndio.....	19
Figura 7 – Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio – Sistema a gás.....	24
Figura 8 – Solenoide e funcionamento de automação.....	25
Figura 9 – Espaço ocupado por cilindro.....	28
Figura 10 – Comparação de Cilindros por gás.....	30
Figura 11 – Cilindro de armazenamento e seus acessórios.....	33
Figura 12 – Difusores 90°, 180° e 360° .....	34
Figura 13 – Válvula do Cilindro .....	35
Figura 14 – Conexões de tubulação.....	37
Figura 15 – Divisão e distribuição da rede de tubulação.....	38
Figura 16 – Dimensionamento de detectores de fumaça .....	39
Figura 17 – Difusor 90° .....	40
Figura 18 – Difusor 180° .....	40
Figura 19 – Difusor 360° .....	41
Figura 20 – Distância máxima entre cilindros e difusores .....	42
Figura 21 – Planta baixa sala TI Indústria de Cera. ....	51
Figura 22 – Cilindro de 130 lb Janus.....	53
Figura 23 – Cilindro 150 lb <i>Fike</i> .....	54
Figura 24 – Dimensionamento sistema fixo de gás FM 200.....	57
Figura 25 – Dimensionamento de detecção e alarme .....	57
Figura 26 – Planta baixa sala TI – Imobiliária .....	58
Figura 27 – Cilindro de 130 lb Janus.....	60
Figura 28 – Cilindro 150 lb <i>Fike</i> .....	61

Figura 29 – Dimensionamento sistema fixo de gás - Imobiliária .....	63
Figura 30 – Dimensionamento de detecção e alarme .....	64

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Faixas típicas de concentração.....	22
Tabela 2 – Efeitos Caudados com a exposição do Dióxido de Carbono.....	23
Tabela 3 – Características Agente Ativo .....	29
Tabela 4 – Dimensionamento de tubulação por quantidade de agente .....	36
Tabela 5 – Concentração de Projeto.....	44
Tabela 6 – Volume específico em função da temperatura .....	45
Tabela 7 – Massa requerida do agente em função da temperatura e da concentração de projeto – FM 200 .....	46
Tabela 8 – Massa requerida do agente em função da temperatura e da concentração de projeto – NOVEC 123 FK-5-1-12 - NOVEC 123 .....	46
Tabela 9 – Massa requerida do agente em função da temperatura e da concentração de projeto – ECARO 25 .....	47
Tabela 10 – Correção de T .....	48
Tabela 11 – Fator de Correção por altitude .....	49
Tabela 12 – Concentração final de projeto .....	52
Tabela 13 – Levantamento de dados.....	52
Tabela 14 – Dimensionamento de Agente (W) .....	53
Tabela 15 – Dimensionamento de Cilindro – Fornecedor Janus (FM 200 E NOVEC 123) .....	53
Tabela 16 – Dimensionamento de Cilindro .....	54
Tabela 17 – Volume de agente m <sup>3</sup> .....	55
Tabela 18 – Dimensionamento de massa e tubulação .....	55
Tabela 19 – Concentração final de projeto .....	59
Tabela 20 – Levantamento de dados.....	59
Tabela 21 – Dimensionamento de Agente (W) .....	59
Tabela 22 – Dimensionamento de Cilindro – Fornecedor Janus (FM 200 E NOVEC 123) .....	60
Tabela 23 – Dimensionamento de Cilindro .....	61
Tabela 24 – Volume de agente m <sup>3</sup> .....	62
Tabela 25 – Dimensionamento de massa e tubulação .....	62
Tabela 26 – Comparativo econômico dos gases para cada edificação .....	62

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	11
1.2 Objetivo geral	12
1.3 Objetivo específico	12
<b>2. TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO</b>	13
2.1 Teoria do fogo	13
2.1.1 Propagação do fogo	15
2.1.2 Métodos de extinção do fogo	17
2.1.3 Classes de Incêndio	18
2.2 Agentes de Combate a Incêndio	19
2.2.1 Extintores	19
2.2.2 Água	20
2.2.3 Splinklers	21
2.2.4 Sistema de Hidrante e Mangotinhos	21
2.2.5 Dióxido de carbono	22
2.3 Sistema de detecção de alarme	23
2.4 Agente limpo	26
2.4.1 FM200 – HFC-227ea	29
2.2.2 E-CARO 25 – HFC 125	29
2.2.3 NOVEC 123 – FK 51-1-12	30
2.5 Data Centers	31
<b>3. METODOLOGIA</b>	32
3.1 Sistema fixo de gases	32
3.1.1 Cilindro	32
3.1.2 Difusores	34
3.1.3 Válvula	34
3.1.4 Tubos e conexões	36
3.2 Metodologia de projeto	38
3.2.1 Dimensionamento de detecção	38
3.2.2 Dimensionamento de difusor	40
3.2.3 Levantamento de dados	42
3.2.4 Concentração de agente	43
3.2.5 Dimensionamento do sistema	44

	11
3.2.5.1 Dimensionamento do agente .....	45
3.2.5.2 Volume de agente limpo .....	45
3.2.5.3 Vazão mássica do agente.....	47
<b>4. ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>50</b>
4.1 Sala de TI – Indústria de Cera.....	50
4.2 Sala de TI – Imobiliária.....	57
4.3 Viabilidade econômica.....	64
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>66</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>67</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com a descoberta do fogo, que foi a primeira FONTE de energia da história, trouxe muitos benefícios para o homem, desde então foi possível usufruir deles, como: cozinhar alimentos, nos aquecer, auxiliar em processos fabricação de ferramentas e máquinas de geração a vapor, atualmente várias caldeiras ainda são alimentadas através de vapor, fazendo parte do processo fabricação de várias empresas.

Ao passar dos anos e com o avanço da tecnologia as causas de incêndio estão se modificando, um dos maiores índices que causam desastres são por conta de instalações elétricas, um exemplo que podemos citar é o Edifício Joelma que ocorreu em 1974, por conta de um curto-circuito no ar-condicionado e deixou 187 mortos e 300 feridos, com danos respiratórios permanentes e queimaduras profundas, além de trazer perdas financeiros, materiais e desemprego em massa dos funcionários.

Locais que possuem valor agregado como: *data center*, museu, bibliotecas, sistema de arquivo, acervos, órgãos públicos, locais tombados pelo patrimônio histórico e entre outros, devem estar protegidos e preparados em caso de incêndio, pois a perda desses dados, informações e documentos podem trazer danos irreparáveis.

Por exemplo, para os *data centers*, locais onde empresas armazenam equipamentos eletrônicos, como servidores de dados, são utilizados agente extintores limpos que além de combater o fogo com agilidade, eficiência, não causam danos aos equipamentos elétricos e possuem baixo risco aos seres humanos.

Portanto, este trabalho apresentará sistemas fixo de agente limpo para proteção e combate de incêndio por meio de gases: FM 200, NOVEC 123 e ECARO 25, que são armazenados em cilindros, acionado e liberado através de tubulações e tem a capacidade de reduzir a concentração de oxigênio de um local fechado e assim retirando o foco de incêndio.

Será abordado diferentes agentes extintores gasosos mais conhecido no mercado atual, explicando as características de aplicação e as especificações de

cada um, além de projetar os sistemas fixos para diferentes locais/empresas. Visando explorar de forma estruturada e clara, um tema ainda pouco abordado no Ceará.

## 1.2 Objetivos Geral

O objetivo geral desse trabalho é apresentar soluções de forma simples e objetiva de combate a incêndio em *data centers*, por meio de agente limpo: FM 200, NOVEC 123 e ECARO 25, apresentando metodologia e projeto.

## 1.3 Objetivo Específico

- Identificar na bibliografia quais são os sistemas mais comum de combate a incêndio existentes;
- Verificar quais informações necessárias para levantamento de dados para realização do dimensionamento de projeto;
- Dimensionar projeto sistema de extinção de incêndio por meio de gás para salas de TI em diferentes empresas;
- Avaliar parâmetro financeiros para cada tipo de gás mais comum no mercado;
- Desenvolver planilha de Excel para execução de cálculos e otimização de dimensionamento.

## 2. TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO

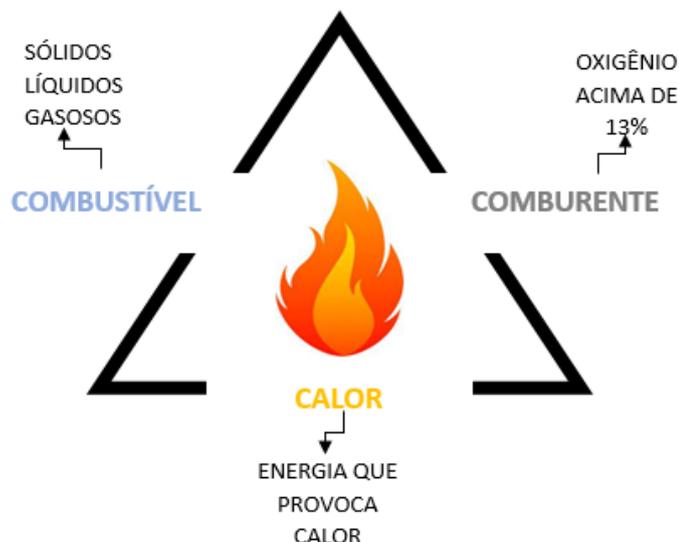
Nos tópicos a seguir, serão explanadas as teorias que envolvem o sistema de supressão de incêndio por meio de gás/ agente limpo. Primeiro, entenderemos o que é um incêndio, quais são suas causas e como ocorre, depois passaremos pelos métodos de extinção existentes atualmente.

Falaremos também de um dos sistemas mais imprescindíveis, quando se trata de sistema de combate a incêndio por meio de gás, que é o de detecção e alarme de incêndio, os dois trabalham em conjunto para efetiva extinção do sinistro. Será necessário entendermos quais são os lugares que podemos instalar o sistema proposto por esse trabalho, dando como exemplo acidentes anteriores, justificando a instalação dele.

### 2.1 Teoria do Fogo

De acordo com a norma brasileira NBR 13860, o fogo é um processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado por fumaça, chama ou ambos. Sabendo que o fogo é uma reação química na qual é composta por três elementos (combustível, comburente e o calor) também são representadas graficamente por um triângulo, mais conhecido como “triângulo do fogo”, conforme observado na figura 01.

Figura 1 : Triângulo do Fogo



FONTE: Educa Play, disponível em (<https://www.ibipora.pr.gov.br>) (Adaptado)

Para que o fogo seja extinto, explicado de forma mais clara, foi criado o “Tetraedro do fogo” onde foi mudado após o surgimento do agente extintor “halon” (este agente não é mais utilizado em combate a incêndio devido ao seu poder de destruição na camada de ozônio) (SILVA, 2010). Quando ocorre a reação em cadeia desses três elementos (figura 01), tem-se o quadrado do fogo, ou Tetraedro do Fogo (figura 02), que substitui o Triângulo do Fogo. (SEITO et al., 2008).

Figura 2: Tetraedro do fogo



FONTE: Educa Play, disponível em (<https://www.ibipora.pr.gov.br>) (Adaptado)

Estes elementos que compõe o triângulo do fogo não produzem fogo separadamente, e para que haja uma reação em cadeia que gera combustão e possibilita que o fogo se mantenha, os elementos (combustível, comburente e calor) precisam interagir em si. (SEITO et al., 2008).

A ação dos agentes do estado da matéria (sólido, líquido ou gás), massa específica, superfície específica, calor específico, calor latente de evaporação, ponto de fulgor, ponto de ignição, mistura inflamável (explosiva), quantidade de calor, composição química, quantidade de oxigênio disponível, umidade, etc. são os fatores responsável para dar início ao fogo mantido no material combustível, além de diferenciar os comportamentos na ignição e na manutenção do fogo. (SEITO et al., 2008).

O combustível é todo material ou substância que possui a propriedade de queimar e alimentar a combustão e pode apresentar em estado sólido, líquido e gasoso (figura 01) que estabelece reações químicas com o oxigênio. O carvão, madeira, e turfa são exemplos de combustíveis sólidos, muito utilizado em caldeiras,

que tem como objetivo aquecer a água e mover máquinas a vapor. (SEITO et al., 2008).

O combustível líquido (gasolina, o etanol e o óleo diesel por exemplo) possui uma particularidade onde os elementos que os compõe queimam em superfície, porque habitualmente são mais leves que a água, e não deixam resíduos. Além disso, os líquidos inflamáveis também possuem algumas propriedades físicas que podem impedir a extinção do fogo, aumentando riscos a quem tenta combatê-lo. O gás natural e os Gases Liquefeitos de Petróleo (GLP) são alguns exemplos de combustíveis gasosos, e por ser um gás, não têm volume definido, pois eles ocupam rapidamente todo o reservatório em que estão confinados. (SEITO et al., 2008).

O Comburente é o elemento que ativa e dá vida à combustão, ou seja, alimenta a reação química tornando-se o mais comum oxigênio presente no ar havendo uma concentração de 21%, ainda podendo haver alterações quando esse percentual chega a ser menor (17% e 15%) fazendo com que o fogo chega a ser mais tardio, eliminando assim as chamas. Quando esta concentração chega a 14%, não há incêndio. (DIAS, 2011)

Calor é determinado por um princípio de energia que é transmitida entre corpos que se chocam em diferentes temperaturas, sendo FONTE de diferentes energias, como: energia elétrica, contato entre objetos e a concentração de luz do sol através de lente. (DIAS, 2011)

A reação química em cadeia é a resultante de fatos de um determinado incêndio. Nos parágrafos anteriores, vimos como o combustível libera vapores ao se aquecer com a ajuda de uma FONTE de calor, assim gerando combustão que aquece mais ainda o combustível permitindo a liberação de vapores em seguida possibilitando uma combustão maior. Todo esse processo fará com que a reação em cadeia continuará até que não haja mais vapores combustíveis para serem liberados do material combustível. (DIAS 2011)

### **2.1.1 Propagação do fogo**

Quando há uma possível expansão de incêndio, devemos analisar fatores que estão associado ao principal ponto de uma propagação do fogo. A transferência

de calor entre os pertences de um determinado ambiente, por exemplo, pode ocorrer de três maneiras, considerando que a conduta de um fogo é difícil e imponderável. (PAGNUSSATT,2017)

- **Condução** – É a forma pelo qual o calor é transmitido de corpo para corpo, ou seja, de molécula para molécula. Um bom exemplo de condução é quando uma barra de ferro próxima a uma FONTE de calor transfere essa temperatura de uma extremidade até a outra (de molécula a molécula). (PAGNUSSATT,2017)

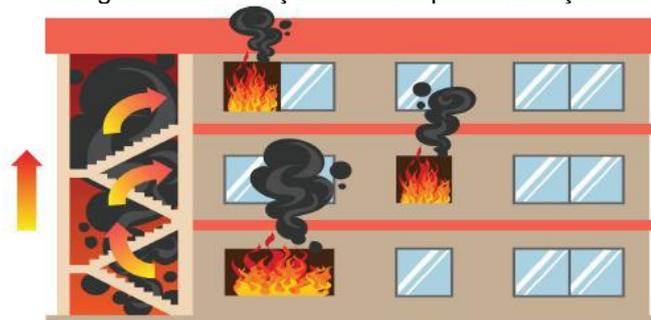
Figura 3: Trasmição de calor por condução



FONTE: Gestão de segurança privada

- **Convecção** – A convecção acontece quando o calor é transmitido através de uma massa ascendente aquecida, de gases ou de líquidos, de baixo para cima. Podemos ter como exemplo, uma situação ocorrida em um dos ambientes de um prédio, quando está em chamas, em minutos, outro ambiente, que não tem ligação direta nem nenhum elemento físico o ligando, também começa a pegar fogo. Isso geralmente ocorre pela transmissão de calor por massa de ar aquecida. (PAGNUSSATT,2017)

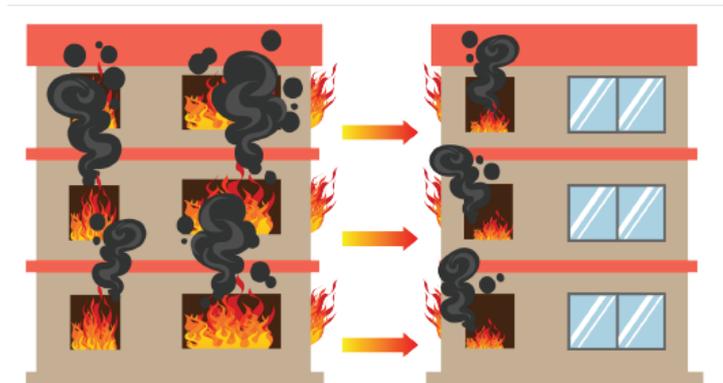
Figura 4: Trasmição de calor por convecção



FONTE: Gestão de segurança privada

**Irradiação** - É a transmissão do calor por meio de ondas caloríficas através do espaço. Ela se propaga em todas as direções e a intensidade dos corpos atingidos será relacionada com a distância que está da FONTE do calor. Um bom exemplo é a transmissão de calor de um local para outro. (PAGNUSSATT,2017)

Figura 05: Trasmição de calor por irradiação



FONTE: Gestão de segurança privada

### 2.1.2 Métodos de Extinção do Fogo

Para que haja uma redução da temperatura do combustível, fazendo a retirada do calor e alguma forma com que não possa gerar mais gases e vapores, consequentemente não houver mais incêndios alastradores, esses métodos podem ajudar a apagá-los. Os três métodos mais existente atualmente é o abafamento, o resfriamento e a retirada do material.

- **Extinção por resfriamento** - Esse método consiste em diminuir a temperatura do combustível, retirando-se o calor, de modo a não gerar mais gases e vapores e apagá-lo. O agente resfriador mais comum e mais utilizado é a água "classe A". (TOLLER, 2012)
- **Extinção por Abafamento** – Para combater incêndios por abafamento, elimina o comburente do local ou reduz a concentração percentual menor ou igual a 14%, ou seja, podem ser utilizados os mais diversos materiais, desde que estes venham a impedir a entrada de oxigênio no fogo e não a servir como combustíveis por um determinado tempo, ou seja, faz com que diminua ou impeça que o comburente permaneça em contato com o combustível,

numa condição ideal para a alimentação da combustão. Além disso, o uso de agentes extintores que possui um aspecto de eliminar o nível de oxigênio da mistura, também ajuda na extinção do fogo por abafamento. (TOLLER,2012)

- **Retirada do Material** – A retirada do material combustível que está queimando ou que está próximo ao fogo, é uma forma que de extinção. Para que esse material seja retirado ou afastamento de forma segura, deve-se ter bastante cuidado ao utilizar este método, para que não aconteça outros tipos de extinções e até mesmo provocar danos a saúde do ser humano. (TOLLER, 2012)
- **Quebra da Reação em Cadeia** - A quebra da reação não atua diretamente num elemento do fogo e, sim, na reação em cadeia como um todo. Constitui na combinação de um agente químico específico (extintores especiais) com a mistura inflamável (vapores liberados do combustível e comburente), a fim de tornar essa mistura não inflamável. (TOLLER, 2012)

### 2.1.3 Classes de incêndio

Para se combater um incêndio usando os métodos adequados (extinção rápida e segura), devemos entender quais são as características que definem os combustíveis. Existem cinco classes, que são divididas da seguinte forma: (TOLLER, 2012)

- Classe A – São os sólidos combustíveis, ou seja, quando o fogo ocorre em objetos de fácil combustão, que possui domínio de queimar em superfície e em profundidade, deixando resíduos;
- Classe B – São os Líquidos e gases combustíveis, isto é, quando o fogo ocorre em produtos inflamáveis que queimam apenas em sua superfície, não deixando resíduos;
- Classe C – São os materiais energizados, sendo definido quando o fogo ocorre em equipamento elétricos;
- Classe D – São os metais pirofóricos, que significa que o fogo ocorre em elementos pirofóricos;
- Classe K – São os óleos e gorduras, ou melhor, é quando o fogo ocorre em óleos comestíveis de frituras gorduras animais em estado líquido.

A figura abaixo apresenta algumas informações adicionais sobre cada classe.

Figura 06: Classes de incêndio

CLASSIFICAÇÃO DO FOGO	DEFINIÇÃO	CARACTERÍSTICA	EXEMPLO	EXTINÇÃO
 <b>Papel e Madeira</b>	Incêndios com materiais fibrosos ou combustíveis sólidos	Queimam em razão do seu volume, isto é, em superfície de profundidade. Esse tipo de combustível deixa resíduos (cinzas ou brasas)	Madeira Papel Borracha Cereais Tecidos	Resfriamento
 <b>Líq. Inflamáveis</b>	Incêndios em combustíveis líquidos ou gases combustíveis	A queima é feita através da sua superfície e não deixa resíduos	GLP Óleos Gasolina Éter Butano	Abafamento
 <b>Equip. Elétricos</b>	Incêndios em materiais elétricos energizados	Oferecem alto risco à vida na ação de combate, pela presença de eletricidade. Ao ser desligado, o circuito elétrico pode ser tratado como incêndio de classe C	Transformadores Motores Interruptores	Abafamento CO <sup>2</sup> Água, se desligar a energia
 <b>Metais</b>	Incêndios em metais pirofóricos	Irradiam uma fonte luz e são muito difíceis de serem apagados	Magnésio Potássio Titânio Sódio	Abafamento <b>Jamais água</b>
 <b>Óleo e Gordura</b>	Incêndios em banhas, gorduras e óleos voltados ao cozimento de alimentos	É uma classe de muita periculosidade, ao passo que o trato de banha, gordura e óleos é bastante comum nas cozinhas residenciais e industriais	Gorduras Óleos Banhas	Abafamento <b>Jamais água</b>

FONTE: Educa Play, disponível em (<https://www.ibipora.pr.gov.br>) (Adaptado)

## 2.2 Agentes de Combate a Incêndio

Os combate ao princípio de incêndio pode ser extinto de forma prática e objetiva, levando em conta o uso de agentes extintores, e sabendo que o uso deverá ser feito de forma correta e da quantidade certa. É indispensável o dimensionamento dos sistemas ideais nas edificações, pois elas precisam ter proteção eficiente ativa, visto que grande parte dos incêndios se inicia por um pequeno foco de fogo. (TOLLER, 2012)

### 2.2.1 Extintores

Após o surgimento dos primeiros extintores no século XV, onde foi construído de forma básica, aparentemente com uma espécie de seringa metálica provida de um cabo de madeira. Em seguida, tendo sua evolução no século posterior pelo Jacob Besson, onde criou um extintor que era constituído de um grande recipiente de ferro montado sobre rodas, equipado de um enorme gargalo

curvo, que facilitava a entrada nos locais estratégicos dos edifícios quando estava pegando fogo. (SEITO et al., 2008).

Como parte do sistema básico de segurança contra incêndio em edificação e o primeiro a ser utilizado, os extintores instalados precisam possuir critérios indispensáveis para o uso que são: portabilidade, facilidade de uso, manejo e operação, fazendo assim um bom combate a um princípio de incêndio, além de facilitar por ser portátil, leve, disponível em vários locais da edificação e fácil de ser manejado, ainda sem maiores perdas de tempo em preparativos para colocá-lo em operação. (SEITO et al., 2008).

Deve-se também atentar em alguns pontos para um combate mais preciso, como:

- \* O fogo ser descoberto em seu início;
- \* Distribuição e localização corretas dos extintores de incêndio na edificação;
- \* Uso correto do tipo de agente extintor para a respectiva classe de incêndio;
- \* O combate ao fogo deve ser feito por pessoa treinada e pronta para entrar em ação;
- \* Manutenção periódica dos equipamentos.

Todos esses critérios é para que o uso do equipamento seja adequado e que chegue no objetivo final. (PAGNUSSATT,2017).

### **2.2.2 Água**

Em incêndios, de acordo com a sua classe, a água é capaz de extinguir o fogo de várias formas, sendo conhecida como o principal agente supressor de fogo e considerada como o supressor "global". (DIAS 2011)

A sua forma de apagar o fogo pode ser por resfriamento ou abafamento, utilizando meios de jato pleno ou até por chuveiros automáticos, fazendo com que o fogo seja extinto de forma rápida e eficaz de acordo com a classe do fogo. Para classe C (materiais elétricos energizados) a água não pode ser usada por ser um grande condutor de energia, gerando assim, uma maior proporção do fogo e fazendo com que haja mais perigo as pessoas, além das perdas dos bens materiais, como: livros, acervos, obras de artes, patrimônios históricos, documentos, etc. e

principalmente os equipamentos eletrônicos, que mesmo que estejam desligados, poderá ter perda total. (DIAS 2011)

Essas perdas ainda geram outras consequências quando são utilizados os meios de extinção de fogo, o jato pleno que são os hidrantes, mangotinhos e extintores, tem um poder de alcance extenso que acaba atingindo áreas próximas ao incêndio, causando perda dupla, pelo fogo e pela água. Os chuveiros automáticos combatem o fogo através de sistema fixo, utilizando os *sprinklers*. (DIAS 2011)

### **2.2.3 Sprinkler**

Também conhecido como chuveiro automático, os splinklers, é um sistema hidráulico fixo de combate a incêndio que são fixados no teto distribuídos pelas edificações e são ativados pelo calor do fogo, descarregando água sobre a área de incêndio, são alimentados por uma reserva de água e por um sistema de bombas de incêndio (SILVA,2010).

Esse sistema contém grande probabilidade de extinção, sendo bastante eficaz quando instalados de forma correta. (SILVA,2010).

### **2.2.4 Sistema de hidrante e Mangotinhos**

Como um sistema de combate de incêndio fixo, os hidrantes são compostos por uma rede de canalizações e abrigos ou caixas de incêndios, que possui tomadas de incêndio com uma ou duas saídas de água, válvulas de bloqueio, mangueiras de incêndio, esguichos e outros equipamentos. Os hidrantes são fixados em locais estratégicos da edificação, pois em caso de incêndio, os responsáveis aptos ao manuseio, consigam chegar ao equipamento de forma consciente, confiantes e motivados, ajudando assim no combate ao fogo de forma mais ágil. (TOLLER, 2012)

O sistema de hidrantes e mangotinhos funciona sob comando e libera água sobre o foco de incêndio em vazão compatível ao risco do local que visa proteger, de forma a extingui-lo ou controlá-lo em seu estágio inicial. (TOLLER, 2012)

Segundo a NBR 13.714:2000, preconizam a vazão mínimas de 130 l/min. 130 l/min requer 15 mca = 150 kPa = 1,5 kgf/cm<sup>2</sup> de pressão dinâmica que determinam a utilização de bombas de reforço.

### 2.2.5 Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)

O Dióxido de carbono possui poder extinção do CO<sub>2</sub> baixo e o principal risco da sua utilização como agente extintor, é a asfixia. Sendo assim, podemos observar na Tabela 01, onde mostra as faixas típicas de concentração para extinguir o fogo em diversos combustíveis. (SLVA, 2014)

Tabela 1 - faixas típicas de concentração

MATERIAL	CONCENTRAÇÃO MÍNIMA DE CO <sub>2</sub> (%)	CONCENTRAÇÃO MÁXIMA DE CO <sub>2</sub> (%)
Acetileno	55	66
Combustível de aviação	30	36
Etano	33	40
Álcool Etílico	36	43
Gasolina	28	34
Querosene	28	34
Metano	25	34
Hidrocarboneto	28	34

FONTE: SILVA, 2014

Em virtude desta concentração, por ser alta, o projeto do sistema fixo de combate a incêndio que emprega dióxido de carbono deve calcular um sistema de alarme e um tempo de espera, antes da descarga, adequando para que ocorra a evacuação do local. Além disso. Deve-se haver treinamento para os operantes e a sinalização correta. (SLVA, 2014)

Devemos ressaltar ainda os grandes números de acidentes fatais que ocorrem durante a utilização de carbono como agente extintor, muitas das vezes devido a falhas na descarga, falha humana, falha no alarme e durante manutenção e inspeção do sistema. (SLVA, 2014)

Na tabela 02 podemos observar os feitos causados em função da concentração e tempo de exposição

Tabela 2 - Efeitos Causados com a exposição do Dióxido de Carbono

<b>EFETOS CAUSADOS COM A EXPOSIÇÃO DO DIÓXIDO DE CARBONO</b>	
<b>EXPOSIÇÃO A CONCENTRAÇÕES</b>	<b>CAUSA</b>
Acima de 17%	Perda de controle e consciência convulsões e coma. A morte ocorre após 1 minuto.
Entre 10% e 15%	Inconsciência, sonolência, espasmos musculares e tonturas em poucos minutos.
Entre 7% e 10% (após minutos ou horas)	Inconsciência, tontura, dor de cabeça, disfunção visual e auditiva, depressão mental e falta de ar.
Faixa de 4% a 7%	Dor de cabeça, distúrbios na audição e visão, aumento da pressão arterial, dificuldade de respirar, depressão mental e tremores
Abaixo de 4% (por tempo superior a 30 minutos)	Dilatação dos vasos sanguíneos cerebrais, ao aumento da ventilação pulmonar e à queda da oxigenação dos tecidos

FONTE: Norma NPFA 2001, 2012 (Adaptado)

Com tudo isso, ainda pode causar queimaduras por frio quando a descarga do agente de extinção a pressão ambiente apresenta saída de fluido de -79°C, acontecendo por meio do gás dos difusores do sistema fixo. (SLVA, 2014)

### **2.3 Sistema de Detecção e Alarme de Combate a Incêndio**

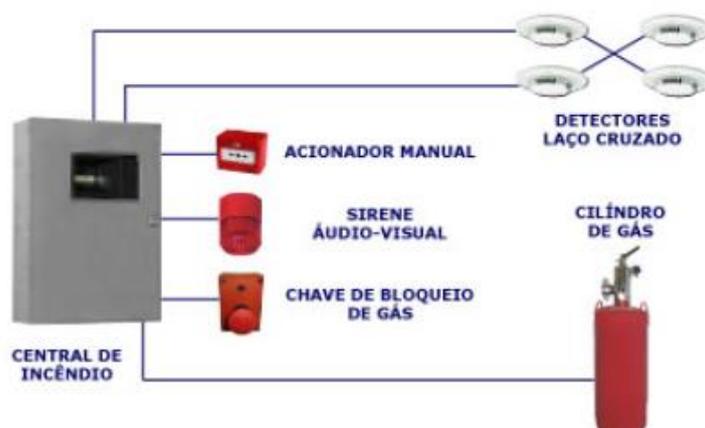
Segundo a NBR 17240:2010, que dá providências sobre projeto, instalação, comissionamento e manutenção dos Sistemas de Detecção e Alarme de Incêndio (SDAI), esse sistema tem como princípio avisar visualmente e sonoramente a existência de um sinistro em uma edificação qualquer. Seu acionamento pode ser por via de acionadores manuais ou por dispositivos de detecção, que através de sua tecnologia, é capaz de identificar ocorrências de fogo.

No projeto de SDAI, é necessário conter todos os elementos necessários ao seu completo funcionamento, de forma a garantir a detecção de um princípio de incêndio, no menor tempo possível, por isso é necessário a instalação de uma Central de Alarme e os componentes: acionador e detectores, além da infraestrutura de cabeamento e eletrodutos.

Para o sistema de supressão de incêndio por meio de gás, não é diferente, utiliza-se um detector de gás, instalado de laço cruzado, como mostra a

figura 07, onde a descarga de gás somente ocorrerá quando dois ou mais detectores da mesma área forem acionados, evitando, desta maneira, uma descarga acidental, em caso de eventuais alarmes falsos. O sistema de detecção deve ser adequado ao tipo de material combustível em questão, para que reaja rapidamente perante o fogo, na sua fase inicial, impedindo que se alastre e danifique o patrimônio em questão (Silva, 2010).

Figura 07 – Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio – Sistema a gás



FONTE: Global System < [http://www.globalsyst.com.br/sist\\_detec\\_alarme\\_incendio.php](http://www.globalsyst.com.br/sist_detec_alarme_incendio.php) >  
acessado 03/03/2022

Para esse tipo de instalação, o seu princípio é de inundação total do ambiente protegido, através de um gás que chamamos de agente limpo, por não ser poluidor, nos próximos tópicos esse trabalho irá pontuar e explicar cada tipo de gás que pode ser utilizado nesse tipo de instalação (Silva, 2010).

O sistema de alarme terá a função de avisar, conforme dito anteriormente, nos dois sentidos: visual e sonoro, pois existe perigo as pessoas no local, caso haja uma longa exposição ao produto. Quando acionado, a central deve informar: localização, número do detector, zona e laço do sinistro. Dessa forma, o sistema pode ser programado para ter um retardo de 50 segundos, de modo a permitir uma evacuação segura e ordenada do local, antes que haja a ativação do agente limpo (Silva, 2010).

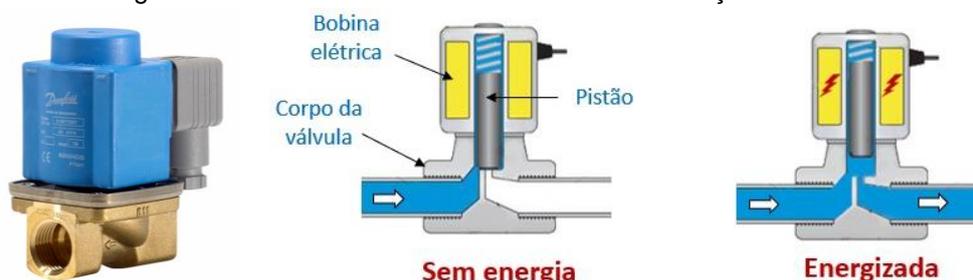
Para efeito de compreensão do funcionamento e ativação do Sistema Fixos de Extinção de Incêndio por Agentes Gasosos, a ordem dos acontecimentos será descrita abaixo:

- \* Detecção do gás inflamável;
- \* Central reconhece e envia o comando para a válvula;
- \* Abertura de válvulas dos reservatórios;
- \* Controlo de descarga;
- \* Interrupção do funcionamento de equipamentos de ventilação e ar-condicionado;
- \* Fecho dos registos e respectivas condutas;
- \* Comutação das válvulas direccionais para que o agente extintor flua para a zona sinistrada;

O comando enviado pela central e recebido pela válvula, possui mecanismo de ativação que pode ser elétrico, pneumático ou mecânico (Silva,2010). A válvula no qual será apresentada é a Solenoide, que transforma um comando elétrico em mecânico, como informado nos próximos parágrafos.

A sua função é abrir ou fechar o fluxo de gás proveniente dos cilindros, liberando o agente para as tubulações. A válvula é composta por dois componentes básicos que são: o corpo, onde passa o fluido; e a bobina, responsável pelo acionamento elétrico da parte mecânica da válvula (Danfoss). Dessa forma, uma válvula solenoide é um registro elétrico, como mostra a imagem 08 a seguir.

Figura 08 – Solenoide e funcionamento de automação



FONTE: Danfos

## 2.4 Agente Limpo

A norma NFPA 2001 – *Standard on Clean Agent Fire Extinguishing System*, padroniza os Sistemas de Extinção de Incêndio por Agente Limpo, dessa

forma a norma caracteriza como um agente limpo o elemento eletricamente não condutor, volátil ou extintor de incêndio gasoso que não deixa resíduos após a evaporação (NFPA 2001, 2012).

Projetos e instalações que envolvem gás como princípio ativo para extinção de chamas, é amplamente utilizado o método de inundação total do local no qual deseja-se proteger. O agente extintor usado em tal sistema pode ser um gás ou um líquido sob condições de armazenamento (cilindro). Quando liberado na atmosfera, o agente se dispersa, evaporando-se inicialmente líquido, para formar uma mistura de ar e agente gasoso (NFPA 2001, 2012).

A utilização de agente limpo ganhou força após o Protocolo de Montreal, assinado em 16 de setembro de 1987, trata-se de um tratado internacional que visa proteger a camada de Ozônio por meio da eliminação da produção e do consumo das substâncias responsáveis por sua destruição (SDO).

Nessa época, até então, o agente fixo para extinção de incêndio por meio de gás mais utilizado era o CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono) e os Gases Halon. O sistema de CO<sub>2</sub> era o mais utilizado por ser um gás acessível e de baixo custo, embora até hoje seja utilizado por meio de extintor portátil, quando acionado em grandes quantidades leva a asfixia, além de que é necessária uma quantidade elevada de gás para conseguir extinguir a chama, pois seu método principal de extinção é por abafamento, onde reduz o teor de oxigênio presente na atmosfera até que não ocorra mais combustão (SILVA, 2014).

A redução elevada é perigosa aos seres humanos, pois para o CO<sub>2</sub> exercer seu pleno funcionamento a concentração de oxigênio reduzida é de 10% a 12% em volume no ambiente. Este valor é inferior ao considerado seguro para a vida humana, que é de 18% (SILVA, 2014). Por conta disso, o uso de CO<sub>2</sub>, além de ser poluente e um dos gases do efeito, também é perigoso à vida humana.

Já os gases Halons, são hidrocarbonetos halogenados que afetam diretamente a camada de ozônio. Sua estrutura contém: flúor, cloro, bromo e iodo. (SILVA, 2010). Na década de 60, foi considerado o substituto ideal do Dióxido de Carbono, pois poderia ser utilizado em baixas concentrações, por conta disso não se considerava tão perigoso e nocivo ao meio ambiente (SILVA, 2014).

O Halon age por interrupção da cadeia de reações químicas, que produz o fogo, por conta disso, como dito anteriormente, foi incluída a teoria do “Tetraedro do Fogo”. Gás amplamente utilizados para extinção de incêndio em salas elétricas e não deixava resíduos. Pelo Protocolo de Montreal, a produção de Halon 1301, 1211 e 2402 em países desenvolvidos cessou em 31 e dezembro de 1993 (SILVA, 2010).

Dessa forma, iniciou-se uma corrida de investimentos e pesquisa para descoberta de agentes extintores que poderiam substituir as opções acima. O grupo de pesquisa mais importante foi o *Significant New Alternative Polices* criado pela *Environmental Protection Agency* (SILVA, 2014).

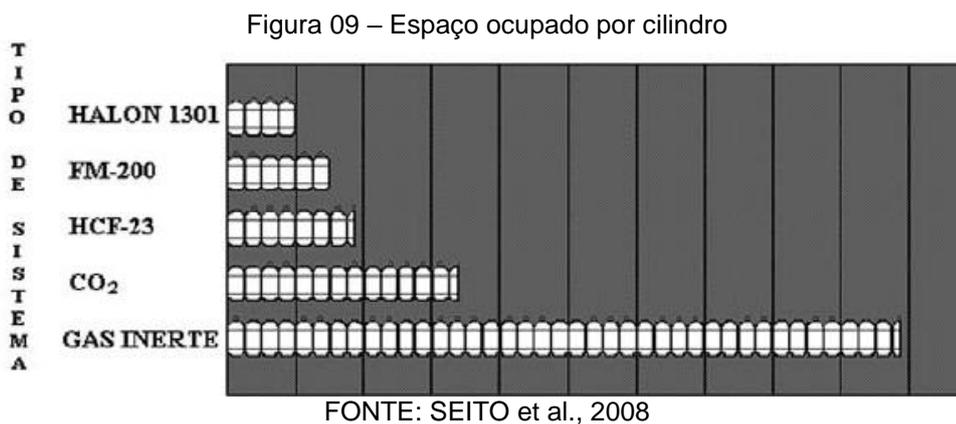
E foi por conta desse estudo que nasceu os “agentes limpos”, que foram divididos entre: gases inertes e gases ativos, a NFPA 2001 exige que os agentes extintores abordados sejam eletricamente não condutores e não podem deixar resíduos na sua evaporação, além disso estabeleceu critérios de ODP, NOAL e LOAL, explicados abaixo, onde nos próximos tópicos serão apresentados os valores desses critérios para cada tipo de gás estudado neste trabalho.

- ODP (*Ozone Depletion Potential*): é a capacidade de uma determinada substância de provocar danos à camada de ozônio.

- NOAEL (*No Observed Adverse Effects Level*): é a maior concentração de um determinado agente, em que não se observa nenhuma reação, efeito adverso ou sintoma em seres humanos submetidos a essa atmosfera.

- LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effects Level*): é a menor concentração de um determinado agente, na qual pode se observar qualquer reação, efeito

Gases inertes ou sintéticos, são gases químicos formados por nitrogênio e argônio, são comercializados pelos produtos Argonite (IG-55), Argon (IG-01) e Inergen (IG-541). Usam o princípio de abafamento e reduz em 12% o oxigênio no ambiente, porcentagem máxima admitida pela NFPA 2001. A desvantagem da utilização desse gás é a quantidade de agente para um combate a fogo eficiente, como mostra a imagem 09 a seguir (SEITO et al., 2008).



Gases ativos, também conhecidos como halocarbono, atua na retirada da energia térmica presente no incêndio e na interrupção da reação química em cadeia do processo de combustão. Os agentes ativos são formados por diversas famílias químicas não restringidas no Protocolo de Montreal. (SEITO et al., 2008).

São misturas de elementos químicos, não-asfixiantes, que combatem incêndios por inibir a reação química entre combustível e comburente, além de sua ação resfriador no incêndio. (SEITO et al., 2008). Algumas das suas principais características estão listadas a seguir:

- \* Não conduz eletricidade;
- \* Não deixa resíduos;
- \* Armazenados em forma líquida ou liquefeita, por isso utilizam um número menor de cilindros;
- \* Não afetam a camada de ozônio;
- \* São recomendados para incêndios de Classe A, B e C.

A norma NFPA 2001 apresenta treze diferentes agentes ativos, porém nesse trabalho escolhemos três dos mais conhecidos e utilizados no mercado atualmente. A seguir, apresentaremos na tabela 03 a composição química, nome comercial e propriedade dos gases mais comum encontrados no mercado.

Tabela 03 – Características Agente Ativo

CARACTERÍSTICAS AGENTE ATIVO							
AGENTE	NOME		FÓRMULA QUÍMICA	FABRICANTE	ODP	NOAEL	LOAEL
	COMERCIAL						
FK-5-1-12	NOVEC 123		CF <sub>3</sub> CF <sub>2</sub> C(O)CF(CF <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	3M	0	10%	> 10%
HFC - 125	E-CARO 25		CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	FIKE	0	7,5%	10%
HFC-277ea	FM 200		CF <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	DUPONT	0	9,0%	10,5%

FONTE: Norma NFPA 2001, 2012 (adaptado)

#### 2.4.1 FM 200 – HFC-277ea

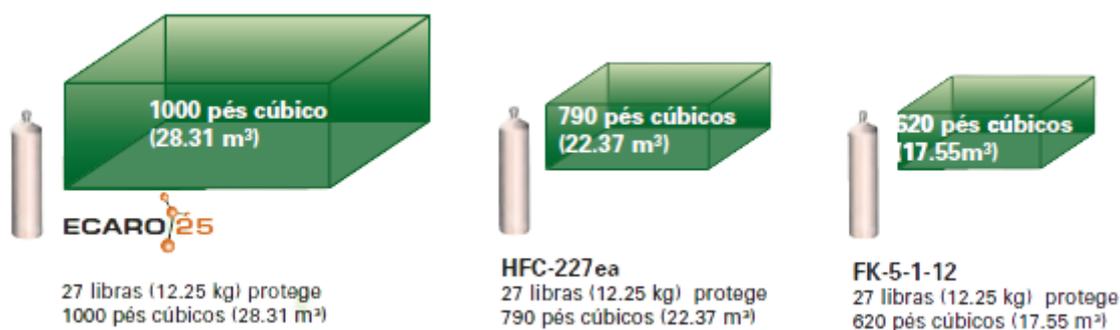
Gás ativo, popularmente conhecido por FM-200, fabricado pela Dupont e outras empresas como *Fike*, Chermous e Kidde possuem licença para fabricação e comercialização. Seu tempo de permanência na atmosfera é de 37 anos, é armazenado como líquido, minimizando o espaço de armazenagem, porém é descarregado em estado gasoso, com o auxílio do agente propelente nitrogênio, alcançando todos os espaços da instalação protegida (KIDDE).

É um agente não-condutor de eletricidade, não deixa resíduos nos equipamentos mais sensíveis e não precisa de limpeza após acionamento. Age combatendo o fogo por meio de resfriamento físico-químico, ou seja, as moléculas do agente entram em contato com a frente de chama e absorvem o calor, por intermédio de reações químicas e físicas quebrando a estrutura molecular do fogo (KIDDE).

#### 2.4.2 E-CARO 25 – HFC 125

Gás ativo, fabricado pela *Fike* em parceria com a Dupont, gás comprimido, inodoro, incolor e liquidificado. É envazado e armazenados em cilindros em estado líquido. A empresa que comercializa o produto informa que ele requer 20% menos de agente por metro cúbico do que o sistema FM-200, e 38% menos de agente limpo por metro cúbico do que o NOVEC 123.

Figura 10 – Comparação de Cilindros por gás



FONTE: Fike, 2009

### 2.4.3 NOVEC 123 – FK-51-1-12

Gás produzido pela empresa 3M, um dos mais populares quando se trata em agentes limpos. É o único gás ativo que não pertence ao grupo de HFCs, e é tratado como um substituto perfeito aos gases halon. Segundo as especificações técnicas disponibilizada pela empresa 3M, esse agente é altamente fluorado, tipicamente têm um potencial de aquecimento global igual ou superior a 1.000, significando que 1 kg desse composto tem o mesmo efeito climático que 1 tonelada ou mais de CO<sub>2</sub>, ou seja, quase irrisório quando se trata em proteção ambiental (3M, 2016).

O resumo técnico faz uma comparação com os gases HFC-227ea, HFC-125 e HFC-23, que possuem os potenciais de aquecimento global respectivamente de 3.220, 3.500 e 12.000, mostrando a vantagem do produto em relação a concorrência, além de que possui o menor tempo de vida útil na atmosfera, em relação aos halocarbonos, apenas 5 anos de vida útil (SILVA, 2010).

Os gases de agente ativo são geralmente utilizados para supressão de incêndio em locais com instalações elétricas, como um Data Center, por conta de sua ótima propriedade em não conduzir energia e não danificar os componentes, mas podemos citar outras edificações que são utilizadas esse tipo de extinção de incêndio, que são: museus, biblioteca, laboratórios, salas-cofre, telecomunicação e acervos em geral.

## 2.5 Data Centers

Segundo a NBR 16665, um data center, também chamado de centro de processamento de dados, é um ambiente que abriga equipamentos eletrônicos, como servidores, equipamentos de processamento e de armazenamento de dados e sistemas de ativos de rede, como roteadores.

O objetivo de um data center é armazenar e disponibilizar equipamentos que rodam sistemas fundamentais para o gerenciamento de uma organização. Por concentrar uma grande quantidade de informações, esse departamento é de extrema importância para as empresas. Imagine só: todos os dados, documentos e confidencialidade de uma empresa armazenados em um único local.

Em vista disso, com a Covid-19, pandemia que assolou o mundo em 2020, tivemos um número maior de pessoas utilizando a Internet para trabalhar, estudar e acessar serviços de streaming de vídeo. O tráfego de dados dobrou nos últimos anos, por isso os Data Centers precisam manter seu funcionamento de forma contínua (Revista RTI, 2020).

Equipamentos elétricos se aquecem com frequência, chegando a quase 70°C, o aquecimento gera downtimes – inoperabilidade do sistema, que conseqüentemente pode gerar prejuízos para uma empresa que depende de informação e tecnologia, os materiais elétricos produzem o chamado “calor sensível”.

Trata-se de uma espécie de calor físico de um corpo em que há variação de temperatura, mas não há variação de estado físico da matéria. Segundo a NBR 16665:2019, informa que os cabeamentos de um data center podem superaquecer por até 72 horas sem que ninguém perceba. Por isso, algumas medidas são adotadas, como:

- \* Segurança física, para limitar o acesso de pessoas e de não autorizadas. Esses lugares armazenam informações sigilosas e de interesse apenas à empresa;
- \* Refrigeração: é preciso que esse ambiente se mantenha no máximo até 25°C, 24 horas por dia.

- \* Prevenção e combate a incêndios: para evitar avarias nos equipamentos, que resultaria na perda de informações importantes para a empresa.

Manutenção preventiva é a chave de se monitorar e evitar um sinistro, em salas elétricas que comumente ocorre em objetos específicos, são eles: fios e cabos; quadro de distribuição de energia; geradores; nobreaks e entre outros.

Segundo a revista CNN, no dia 09 de março de 2021, um incêndio atingiu alguns Data Centers da empresa OVHcloud, que é a maior empresa de computação em nuvem da Europa. O incêndio desligou temporariamente os servidores da empresa, que conseguiu se restabelecer apenas dois dias depois. A empresa cuida dos dados do Governo Francês e a bolsa de criptomoedas Deirbit.

Em ambientes de missão crítica, deve-se evitar o incêndio. Se houver, temos que detectar. E quando detectar é necessário combater com eficiência. Por isso, que esse trabalho estuda os gases ativos, que possuem melhor eficiência de debelação em sinistros envolvendo equipamentos de Classe C.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 Sistema Fixo de Gases**

Sistema fixo de combate a incêndio por meio de gás, é um sistema projetado para proteger um determinado local, onde é necessário um conjunto de materiais e acessórios para que haja um combate efetivo, como: cilindros, tubulação, válvulas, difusores e entre outros.

Seguindo as normas técnicas e os manuais referente aos projetos de sistema fixo de combate a incêndio, é possível chegarmos no objetivo final de forma infalível, levando em conta todos os procedimentos estabelecidos, que serão descritos a seguir nos próximos tópicos.

##### **3.1.1 Cilindro**

Seguindo as especificações técnicas, o cilindro deve ser projetado de acordo com o agente extintor (gás) e sabendo que o armazenamento deve ter a

pressão e a temperatura constante, além dele ser o responsável principal por armazenar o agente limpo. (FRITZ, 2015)

De acordo com a NFPA 2001, 2012 os cilindros precisam ter um meio de indicação de pressão interna de armazenamento onde é indicada por manômetros presentes nas válvulas, e o material utilizado dentro do cilindro deverá ser adaptável com o gás de extinção, sendo evitado algum tipo de reação química.

Além disso, deverá ser feito todo um processo de identificação, contendo: placas, gases ativos, o peso bruto, tara do cilindro, o agente extintor e nível de pressurização, isso para os recipientes de armazenagem. Para gases inertes, terá que indicar o agente, o nível de pressurização do recipiente e o volume nominal do agente. Na figura 11, podemos observar o cilindro e seus componentes acessórios. (FRITZ, 2015)

Figura 11 – Cilindro de armazenamento e seus acessórios



FONTE: (FRITZ, 2015)

A capacidade mássica de armazenamento do cilindro varia de 05 lb (10 kg) até 1000 lb (453,6 kg) de gás, havendo uma possível variação de acordo com o fabricante. Com tudo isso, os cilindros precisam ser instalados em lugares de fácil acesso e bem fixados, estando longe de falhas mecânicas, produtos químicos, tempestades, e etc. também sua instalação precisa ser seguida de acordo com o

manual do fabricante, assim, fazendo com que as manutenções sejam eficazes e que não haja fim do sistema de combate a incêndio. (FRITZ, 2015)

### 3.1.2 Difusores

A função principal do difusor no sistema fixo de extinção de incêndios por meio de gás, é distribuir uniformemente o fluido. Dessa forma, os bicos são projetados para completar descarga de gás inerte em 10 segundos. Comercialmente os difusores são vendidos com 4, 6 e 8 portas de distribuição, os orifícios são projetados para oferecer uma descarga de 90°, 180° e 360° graus. Fabricado em latão, com pressão máxima de trabalho de 300 bar. (JANUS, 2021) (SILVA, 2010).

Figura 12 – Difusores 90°, 180° e 360°



FONTE: Janus, 2021

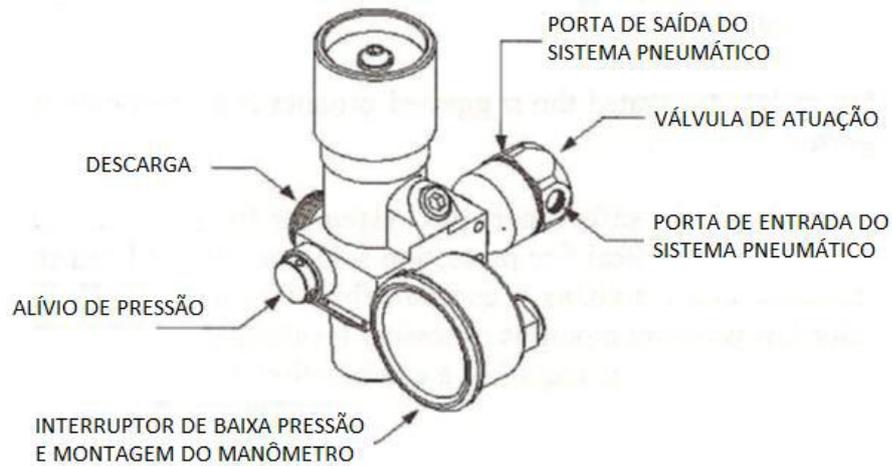
Os bicos de descarga devem ser de um material resistente à corrosão do agente utilizado e do ambiente escolhido para aplicação e os bicos devem ser marcados permanentemente pelo o fabricante, bem como o tipo e o tamanho do orifício, cumprindo assim os requisitos da norma. (NFPA 2001).

### 3.1.3 Válvula

Conforme apresentado na figura 13, a válvula está presente na parte superior do cilindro, sendo o dispositivo responsável de liberar o agente extintor para o sistema de distribuição logo quando acionado. Como o cilindro, a válvula também deve ser protegida de quaisquer possíveis danos químicos e falhas mecânicas, para que seja evitado outros tipos de falhas no próprio sistema. (FRITZ, 2015)

Para que não haja nenhuma interferência ou disparo em outros cilindros, já que a válvula é responsável por evitar esse tipo de causa, elas devem estar ligadas ao coletor de distribuição através de uma tubulação flexível. (SILVA, 2015).

Figura 13 – Válvula do Cilindro



FONTE: SILVA, 2010

A válvula do cilindro possui algumas características, que são:

- a) Possui uma conexão de rosca onde fica exposta em cima da válvula do cilindro que é utilizada para indicar o ponto de conexão para o atuador elétrico, sendo primário ou pneumático, ou seja, se torna dependente da própria válvula. (SILVA, 2015).
- b) Contém o manômetro, que é exigida para cada um dos cilindros, fazendo o monitoramento habitualmente a condição da pressão interna, esta pressão não levar em consideração na hora da troca do manômetro, pois ele é ligado a válvula. (SILVA, 2015).
- c) Apresenta uma chave supervisora de baixa pressão, em que ela observa constantemente a pressão do cilindro. Quando há uma queda do limite indicado pelo fabricante, será acionado pelo painel do controle do sistema e as chaves fecharão. Esta chave não pode ser substituída sob pressão, pois ela é acoplada com a válvula do cilindro. (SILVA, 2015).
- d) O disco de ruptura também é uma característica da válvula onde é representada por um disco de ruptura frangível, na qual é vinculado ao corpo da válvula do cilindro. Em caso de pressão alta dentro do cilindro, esse disco

atua como um dispositivo de alívio de emergência. Seu ponto de ruptura está entre 850 psi (58,6 bar) e 1000 psi (68,9 bar). (SILVA, 2015).

- e) A saída de descarga é uma conexão FNPT de 1.1/4" (32 mm) auxilia como ponto de conexão para a tubulação de descarga. (SILVA, 2015).

### 3.1.4 Tubos e conexões

A tubulação considerada cumpre um percurso que se inicia no cilindro e termina nos difusores. Segundo a NFPA 2001, essa tubulação deve ser de material incombustível, não-metálico, resistente à corrosão e com características físicas e químicas que garantam a sua resistência e integridade. (NFPA, 2012).

O dimensionamento da tubulação, será selecionada de acordo com o fluxo do agente de projeto, onde será calculado quantos quilos de agente serão despejados no ambiente por segundo, no tempo total de 10 segundos, no qual foi selecionado para projeção do sistema nesse trabalho. (SILVA, 2010).

A empresa Kidde, criou um software capaz de calcular tubulação necessário que suporte a alta pressão que o agente sai do cilindro, mesmo assim é possível levar em consideração a planilha abaixo como um guia de estimativa. Várias literaturas de dimensionamento de tubulação para esse tipo de agente também utilizam a tabela abaixo para dimensionamento por kg/s. (KIDDE NOVEC 1230, 2005).

Tabela 04 – Dimensionamento de tubulação por quantidade de agente

DIÂMETRO		QUANTIDADE DE AGENTE NECESSÁRIO [kg/min]
mm	polegadas	máximo
15	1/2"	42
20	3/4"	82
15	1"	130
32	1 1/4"	232
40	1 1/2"	318
50	2	480
65	2 1/2"	682
80	3"	1065
100	4"	1860
125	5"	2940
150	6"	4200

FONTE: (KIDDE NOVEC 1230, 2005)

Um alto grau de turbulência deve ser mantido nas seções de tubos que se aproximam dos pontos de divisão. Por conta disso, o tamanho do tubo pode ser usado para uma determinada vazão, como mostra na tabela, baseando-se na vazão mínima necessária para manter a turbulência completa. (KIDDE NOVEC 1230, 2005).

É importante ressaltar e alertar que a descarga de alta pressão do fluido no bico do sistema pode criar um ruído alto o suficiente para assustar os indivíduos no local. A descarga de alta velocidade pode ser o suficiente para mover objetos localizados diretamente no caminho de descarga, mover papel solto e outros objetos leves. (KIDDE NOVEC 1230, 2005). Por conta disso, a tubulação deve ser firmemente fixada à laje do teto utilizando suportes sólidos, considerando as forças de impulsão e a expansão térmica.

Tê, cotovelos e adaptadores conectam mangueiras de atuação a válvulas operadas por pressão cabeças de controle em instalações de sistema de vários cilindros, como mostra figura 14. É preciso ter um cuidado no dimensionamento do tee por conta dos efeitos de *BullTee* e *SideTee*.

Figura 14 – Conexões de tubulação

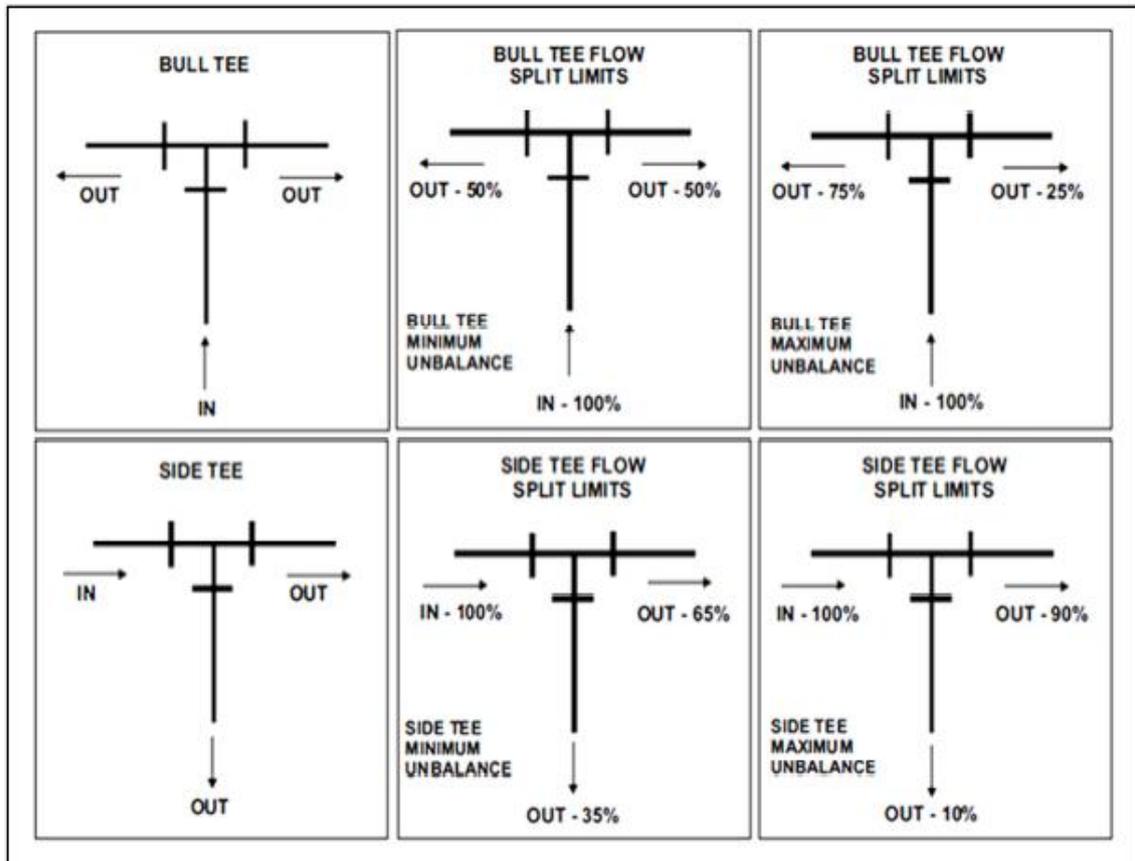


FONTE: (KIDDE NOVEC 1230, 2005).

*Bulltee*, é quando há um T instalado no final da linha de distribuição, onde ambos os lados recebem 50% de vazão mássica do agente. A configuração *Bulltee* aceita ainda uma distribuição de 75% e 25% de vazão mássica do agente, como mostra figura 15 (KIDDE NOVEC 1230, 2005).

A outra configuração é a *Side Tee*, nesta a ramificação instalada a 90° da linha de distribuição receberá uma variação de 10% a 35% da vazão mássica do agente. A ramificação que ficará concentricamente a linha de distribuição receberá de 65% a 90% da vazão mássica do agente. (KIDDE NOVEC 1230, 2005).

FIGURA15: Divisão e distribuição da rede de tubulação



FONTE: (KIDDE NOVEC 1230, 2005).

### 3.2 Metodologia de Projeto

Nesse tópico, daremos prosseguimento as instalações de sistema fixo de combate a incêndio por meio de gás, após entender quais são os materiais e equipamentos que compõem o sistema, será realizado o passo a passo para dimensionamento do agente, cilindro, detecção e entre outros.

#### 3.2.1 Dimensionamento de detecção

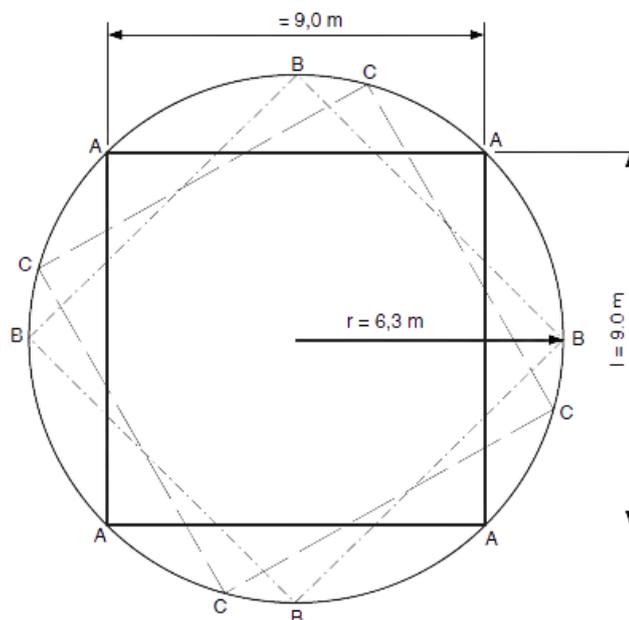
A definição de detectores já foi vista anteriormente nesse trabalho no tópico 2.3, a partir de agora será realizado dimensionamento dos detectores para o sistema de combate a incêndio.

A detecção automática deve ser feita por dispositivos capazes de detectar e indicar calor, chama, fumaça, vapores combustíveis, ou uma condição anormal que represente perigo, tais como problemas no processo, que capazes de produzir fogo. (NFPA 2001, 2012).

Segundo a NBR 17240, que dimensiona sistema de detecção, um ambiente deve ser protegido em toda a sua extensão pelo mesmo tipo de detector. Não é permitido a utilização de detectores de fumaça, temperatura e calor no mesmo ambiente. Por isso, usualmente, por questão de boas práticas utilizam-se detectores de fumaça e/ou gás. (NBR 17240, 2010).

Dessa forma, estabelecemos a instalação de detectores de fumaça para este trabalho, onde possuem área de cobertura 81 m<sup>2</sup>, instalado na condição de um ambiente livre e desobstruído, a uma altura de até 8 m, em teto plano ou com vigas de até 0,20 m, e com até oito trocas de ar por hora. Essa área pode ser considerada um quadrado de 9 m de lado, inscrito em um círculo, cujo raio seja igual a 6,30 m, como mostra a figura 16 a seguir. (NBR 17240, 210).

Figura 16 – Dimensionamento de detectores de fumaça

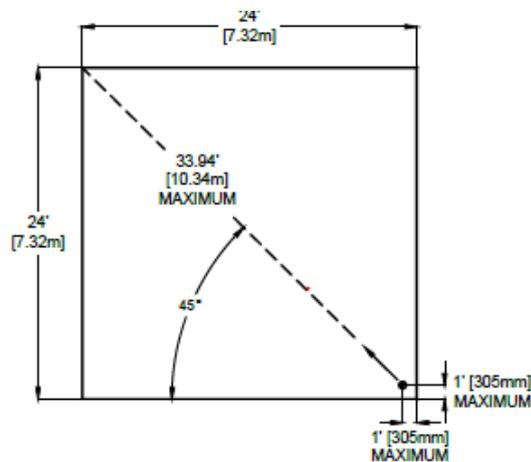


FONTE: NBR 17240, 2010

### 3.2.2 Dimensionamento de difusor

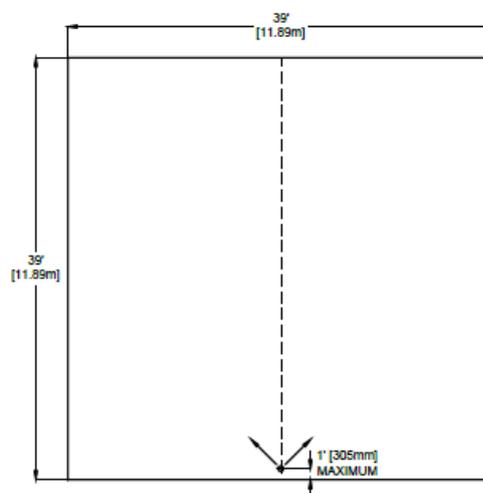
A altura máxima para instalação do difusor em um espaço protegido é de 16 pés, ou seja, no Sistema Internacional recomenda-se uma altura de 4,87 metros por camada de difusor. O projetista deve prever para alturas maiores novas camadas de instalação, segundo o fabricante Janus. A empresa também apresenta área de proteção para cada difusor, dessa forma é possível projetar a quantidade de difusores para cada ambiente, como mostra as figuras 17, 18 e 19 a seguir. (Janus, 2021).

Figura 17 – Difusor 90°



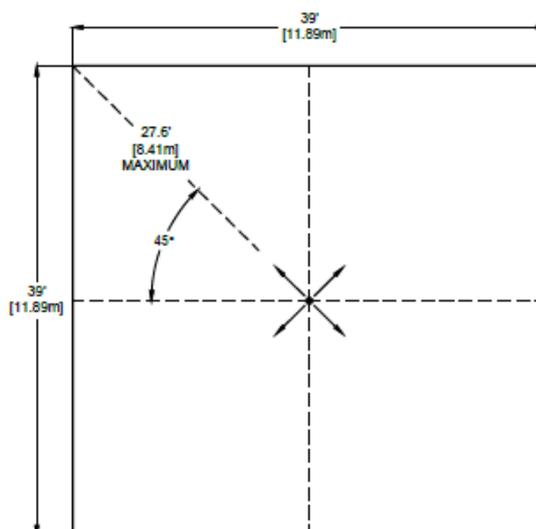
FONTE: Janus, 2021

Figura 18 – Difusor 180°



FONTE: Janus, 2021

Figura 19 – Difusor 360°



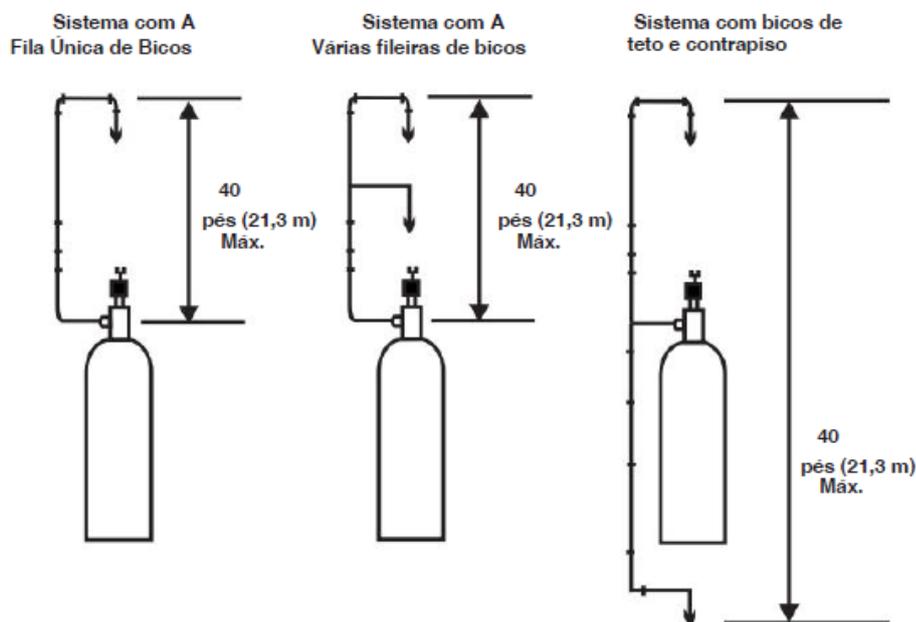
FONTE: Janus, 2021

Apesar do dimensionamento acima, recomenda-se que os bicos cujo o padrão de descarga irão se cruzar, devem ser dimensionados a pelo menos 3,3 m de distância para assegurar a distribuição adequada do agente e quando houver paredes e obstruções o fluido descarregado do bocal requer, pelo menos 1,5 a 2 metros de distância do bocal para otimização do gás. Se o fluido entrar em contato com uma superfície antes que o agente seja totalmente otimizado, pode ocorrer congelamento. Caso não seja possível essa distância, recomenda-se projeção de agente adicional, para compensação. (KIDDE NOVEC 1230, 2005).

Na instalação, os difusores apresentam algumas limitações, que serão descritas a seguir, são elas:

- \* Se o difusor estiver localizado apenas acima da saída do cilindro, então a diferença máxima de elevação entre a saída do cilindro e o tubo horizontal mais distante ou bocal de descarga não deve exceder 21,3;
- \* Se o difusor estiver localizado apenas abaixo da saída do cilindro, então a diferença máxima de elevação entre a saída do cilindro e o tubo horizontal mais distante ou bocal de descarga não deve exceder 21,3 m;
- \* Se o difusor estiver localizado acima e abaixo da saída do cilindro, a diferença máxima de elevação entre os lances de tubulação horizontais mais distantes ou os bicos de descarga não deve exceder 21,3 m.

Figura 20 – Distância máxima entre cilindros e difusores



FONTE: (KIDDE NOVEC 1230, 2005).

### 3.2.3 Levantamento de dados

Nesta etapa, é necessário levantar informações sobre o local onde o sistema será projetado. Dias, 2011 realizou um cronograma para profissionais no qual desejam projetar sistemas de combate a incêndio por meio de gás, que serão destacados a seguir.

- \* Coleta de dados
- \* Decisão de projeto;
- \* Projeto Básico;
- \* Cálculo de Projeto;
- \* Limitações de Projeto;
- \* Projeto Executivo.

Inicialmente, recomenda-se realizar visita ao ambiente que se planeja instalar o sistema, na visita é preciso identificar se o ambiente tem viabilidade

técnica para receber o agente, pois é necessário que seja totalmente fechado para que haja inundação e assim, extinção efetiva do incêndio (DIAS, 2011).

Verificar também qual bem deve ser protegido, tipo de mobília no local, quais equipamentos são instalados, qual é a população do local e por quanto tempo eles permanecem no ambiente (DIAS, 2011).

É importante ressaltar que o agente limpo reduz a quantidade de oxigênio ofertado no ambiente, sempre seguindo o padrão da NFPA 2001, por conta disso é necessário analisar quem são as pessoas expostas e se o ambiente consegue se manter totalmente lacrado durante a descarga (DIAS, 2011) Logicamente, o profissional deve orientar e informar ao seu cliente, se caso seja necessário realizar intervenções no local para que a viabilidade seja positiva.

A coleta de dados principal da edificação para efetivação dos cálculos de quantidade de agente necessário, são: Largura, comprimento e altura do local. Se caso exista obstáculo físico significativo, o mesmo deve ser levado em consideração no calculo de volume. Além de que, é necessário verificar se há existência de forro ou piso e quais são suas alturas, pois o agente deve ser projetado também para esses ambientes (DIAS, 2011).

Após a entrada dessas informações iniciais, deve-se decidir qual classificação de incêndio vai ser combatida, podendo ser de classe A, B ou C; ou uma combinação deles, essa decisão vai impactar diretamente na Concentração Mínima de projeto (de agente), estabelecida conforme o padrão normativo, como mostra o próximo a seguir (DIAS, 2019).

#### 3.2.4 Concentração de agente

Concentração de agente é, a quantidade mínima de agente limpo em porcentagem capaz de suprimir um sinistro/incêndio. Os valores das concentrações de extinção de cada agente foram determinados de acordo a norma NFPA 2001, para encontrar a porcentagem final de agente a ser utilizado, a norma apresenta um fator de segurança de projeto, no qual deve ser multiplicado a concentração de projeto, os valores de segurança determinados são:

- \* Classe A – 1,2;
- \* Classe B – 1,3;
- \* Classe C – 1,35.

Na tabela 05 abaixo informa os valores de concentração de projeto para cada agente que estamos estudando e também o seu valor final de utilização em projeto de combate a incêndio, com o fator de segurança já multiplicado.

Tabela 05 – Concentração de Projeto

INFORMAÇÕES	NOVEC 123	E-CARO 25	FM - 200
Concentração mínima de projeto para classe A	3,50%	6,70%	5,2-5,8%
Concentração final de projeto para classe A (fs 1,20)	4,20%	8%	6,25-7%
Concentração mínima de projeto para classe B	4,50%	8,7%	6,70%
Concentração final de projeto para classe B (fs 1,30)	5,90%	11,3%	8,70%
Concentração mínima de projeto para classe C	3,50%	6,70%	5,2-5,8%
Concentração final de projeto para classe C (fs 1,35)	4,72%	9%	7,02-7,83%
Tempo de Descarga	< 10 seg	< 10 seg	< 10 seg
Tempo de exposição humana ao agente	5 min	5 min	5 min

FONTE: NFPA 2001; FRITZ, 2012 (adaptado)

A concentração de projeto final não pode ser maior do que o valor de NOAEL do agente limpo, informado na tabela 05, pois não é permitido valores superiores na norma. NOAEL é a concentração mais alta estudada no qual nenhum efeito toxicológico ou fisiológico adverso foi observado (NFPA 2021, 2012).

Outro fator importante, determinado pela concentração e informado na tabela 05, é o tempo de exposição do agente a seres humanos, pois precisa ser evitado a exposição desnecessária. Na elaboração do projeto, devem ser fornecidos meios para limitar a exposição a não mais de 5 minutos do que estão no local. As pessoas que não estão no ambiente, não podem entrar no espaço protegido durante ou após a descarga (NFPA 2001, 2012).

### 3.2.5 Dimensionamento do Sistema

Para elaboração dessa etapa, é necessário cálculos apresentados na norma NFPA 2001, de dimensionamento do sistema, que serão apresentados a

seguir, para agentes halocarbonos: FM 200 (HFC-227ea), NOVEC 123 (FK5-1-12) e ECARO-25 (HFC-125).

### 3.2.5.1 Dimensionamento de Agente

As fórmulas descritas serão para agentes de halocarbono, com tempo de descarga necessário para atingir 95% da concentração mínima projetada para extinção de incêndio em 10 segundos em uma temperatura de 20°C (NFPA 2001).

$$W = \frac{V}{S} \times \left( \frac{C}{100 - C} \right) \quad (01)$$

W – Massa de agente limpo (Kg);

V – Volume do ambiente protegido (m³);

S – Volume específico de acordo com a temperatura (m³/kg) – anexo A, tabela A.5.5.1 Norma NFPA 2001;

C – Concentração final de projeto (%).

Os valores de S podem ser encontrados nas tabelas do anexo A da norma NFPA 2001, que serão determinados a partir da temperatura estabelecida pelo projetista, como mostra a tabela 06 adaptada.

Tabela 06 – Volume específico em função da temperatura

HFC-227ea		HFC-125		FK-5-1-12	
Temp (°C)	Volume Específico(m³/kg)	Temp (°C)	Volume Específico (m³/kg)	Temp (°C)	Volume Específico (m³/kg)
-5	0,1241	-5	0,1792	-5	0,0650285
0	0,1268	0	0,1829	0	0,0664000
5	0,1294	5	0,1865	5	0,0677715
10	0,1320	10	0,1900	10	0,0691430
15	0,1347	15	0,1936	15	0,0705145
20	0,1373	20	0,1972	20	0,0718860
25	0,1399	25	0,2007	25	0,0732575

FONTE: NFPA 2001 (adaptado)

### 3.2.5.2 Volume do Agente Limpo

Após o dimensionamento do agente, é possível dimensionar o volume de agente limpo necessária proteger o ambiente, pela equação 2

$$V = W \cdot \frac{1}{W/V} \quad (02)$$

Onde:

V – Volume de agente limpo (m<sup>3</sup>)

W – Massa de agente limpo (kg);

W/V – Massa requerida do agente por volume do ambiente protegido em função da temperatura e da concentração de projeto (kg/m<sup>3</sup>).

Os valores da massa do agente requerida por volume do ambiente são obtidos nas tabelas A.5.5.1 da NFPA 2001 (2012), cada agente possui sua tabela específica e pode ser encontrada em UI (Unidade Internacional) ou Unidade dos EUA. As tabelas 07, 08, e 09, apresentam os valores de W/V do agente limpo FM 200, NOVEC 123 e ECARO-25, consecutivamente.

Tabela 07 – Massa requerida do agente em função da temperatura e da concentração de projeto – FM 200

HFC-227ea - FM 200						
Temp (°C)	Volume Específico (m <sup>3</sup> /kg)	Concentração de projeto				
		6%	7%	8%	9%	10%
-5	0,1241	0,5254	0,6064	0,7005	0,7987	0,8951
0	0,1268	0,5142	0,5936	0,6858	0,7800	0,8763
5	0,1294	0,5034	0,5816	0,6719	0,7642	0,8586
10	0,1320	0,4932	0,5700	0,6585	0,7490	0,8414
15	0,1347	0,4834	0,5589	0,6457	0,7344	0,8251
20	0,1373	0,4740	0,5483	0,6335	0,7205	0,8094
25	0,1399	0,4650	0,5382	0,6217	0,7071	0,7944

FONTE: NFPA 2001 (adaptado)

Tabela 08 – Massa requerida do agente em função da temperatura e da concentração de projeto – NOVEC 123

FK-5-1-12 - NOVEC 123						
Temp (°C)	Volume Específico (m³/kg)	Concentração de projeto				
		4%	5%	6%	7%	8%
-5	0,0650285	0,6407	0,8094	0,9816	1,1575	1,3372
0	0,0664000	0,6275	0,7926	0,9613	1,1336	1,3096
5	0,0677715	0,6148	0,7766	0,9418	1,1106	1,2831
10	0,0691430	0,6026	0,7612	0,9232	1,0886	1,2576
15	0,0705145	0,5909	0,7464	0,9052	1,0674	1,2332
20	0,0718860	0,5796	0,7322	0,8879	1,0471	1,2096
25	0,0732575	0,5688	0,7184	0,8713	1,0275	1,1870

FONTE: NFPA 2001 (adaptado)

Tabela 09 – Massa requerida do agente em função da temperatura e da concentração de projeto – ECARO 25

HFC-125 - ECARO 25						
Temp (°C)	Volume Específico (m³/kg)	Concentração de projeto				
		7%	8%	9%	10%	11%
-5	0,1792	0,4199	0,4851	0,5518	0,6199	0,6896
0	0,1829	0,4116	0,4756	0,5409	0,6077	0,6759
5	0,1865	0,4037	0,4664	0,5304	0,5959	0,6629
10	0,1900	0,3961	0,4576	0,5204	0,5847	0,6504
15	0,1936	0,3888	0,4491	0,5108	0,5739	0,6384
20	0,1972	0,3817	0,441	0,5016	0,5635	0,6268
25	0,2007	0,3750	0,4332	0,4927	0,5535	0,6157

FONTE: NFPA 2001 (adaptado)

### 3.2.5.3 Vazão máxima do Agente

Para calcular a vazão mássica do agente limpo necessária para inundar 95% do ambiente a ser protegido, no tempo projetado de 10 segundo, será utilizada a equação abaixo. A grande importância de encontrar a vazão mássica, será para dimensionar a bitola da rede de tubulação, já demonstrado na tabela 10 (FRITZ, 2015).

$$\dot{m} = W \cdot \frac{1}{t} \quad (03)$$

Onde:  
 $\dot{m}$  – Vazão mássica de agente (kg/s);

t – Tempo para inundação (s).

#### 3.2.5.4 Fator de Correção de projeto

Após a realização dos cálculos acima, algumas correções de projeto devem ser seguidas, são elas: correção devido ao número de T no dimensionamento da tubulação e correção devido a altitude.

O fator de correção para “T” é aplicado, quando no encaminhamento há mais de quatro tê instalados. Como mostra a tabela 10 abaixo, após o quinto tê é adicionado 1% no agente é exigido e a cada unidade acrescida além dessa, é somado mais 1%, essa compensação de agente é por conta dos fenômenos de *Bulltee* e *Sidetee* informados no tópico 3.1.4 desse trabalho.

Tabela 10 – Correção de T

Nº T	FATOR DE CORREÇÃO
0-4	0
5	0,01
6	0,02
7	0,03
8	0,04
9	0,05
10	0,06
11	0,07
12	0,07
13	0,08
14	0,09
15	0,09
16	0,1
17	0,11
18	0,11
19	0,12

FONTE: NFPA 2001, 2012

Já o fator correção de altitude, se dá para ajustar perdas de pressão, quando as pressões ambientais variarem mais de 11% em relação ao nível do mar, ou seja, quando o ambiente a ser protegido estiver a uma diferença de 915 metros em relação ao nível do mar.

Porém, o Brasil é um país de altitudes modestas: cerca de 40% do seu território encontra-se abaixo de 200 m de altitude, 45% entre 200 e 600 m, e 12%, entre 600 e 900 m. O território não apresenta grandes formações montanhosas, pois não existe nenhum dobramento moderno em seu território. Por isso, esse fator em nossa região não afetará nos cálculos e não será levado em consideração.

Tabela 11 - Fator de Correção por altitude

<b>ALTITUDE EQUIVALENTE (m)</b>	<b>FATOR DE CORREÇÃO ATMOSFÉRICA</b>
-0,92	1,11
-0,61	1,07
-0,3	1,04
0	1
0,3	0,96
0,61	0,93
0,91	0,89
1,22	0,86
1,52	0,82
1,83	0,78
2,13	0,75
2,45	0,72
2,74	0,69
3,05	0,66

FONTE: NFPA 2001, 2012

#### **4. ESTUDO DE CASO**

Nesta etapa, este estudo tem por objetivo dimensionar sistemas fixos de combate a incêndio por meio de gás: FM-200, NOVEC 123 e E-CARO 25, faremos o estudo em duas salas de TI, onde são armazenados servidores que alimentam o sistema de informação da empresa.

Os dois locais visitados e escolhidos para realizar este projeto, são: Industria de Cera e uma Imobiliária, ambas precisam armazenar seus dados de funcionários, clientes e fornecedores, por pelo menos 5 anos. Por uma questão de organização e normativa.

Faremos um comparativo de qual gás instalar para cada edificação, entendendo sua viabilidade econômica e de instalação.

##### **4.1 Sala TI – Industria de Cera**

Para dar início ao projeto, devemos identificar onde estão instalados os equipamentos que vamos dimensionar e assim protege-los. O servidor desta empresa está instalado uma sala no primeiro andar da edificação, onde há presença de colaboradores da durante o horário comercial. A sala possui central de ar-condicionado que funcionam por 24 horas, fazendo assim a função de manter a temperatura ideal de operacionalização dos equipamentos elétricos.

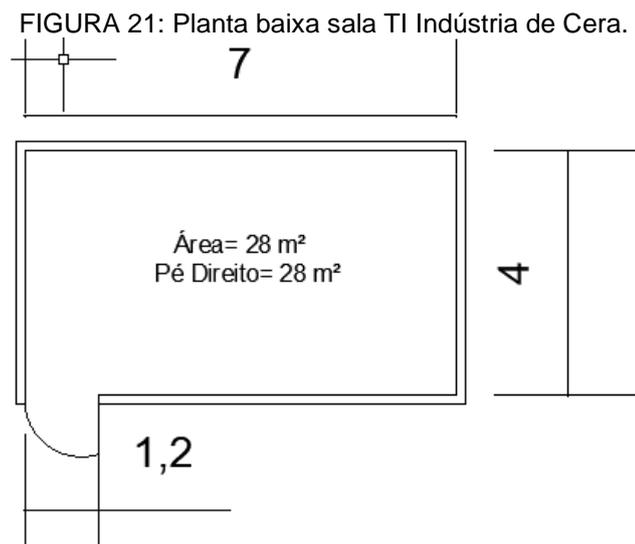
Foi observado que o local está adequado para ser projetado pelo sistema de agente limpo, fazendo com que o combate ao incêndio seja eficaz e de forma rápida, impossibilitando o dano dos materiais presentes no ambiente, sem gerar a perda de informações importante que devem ser guardadas. Além dos equipamentos, devemos também possibilitar a proteção dos funcionários presentes no momento do disparo do gás, deixando claro o tempo necessário para deixar o local e não haver nenhuma lesão a saúde do ser humano.

Para a realização deste projeto, foi realizado a medição do local que possui as seguintes características:

- \* Área total do da sala de TI: 28,00m<sup>2</sup>;
- \* Altura do pé direito: 3,00m<sup>2</sup>;

- \* Volume de 84 m<sup>3</sup>;
- \* O dimensionamento será para a proteção de dois servidores que armazenam todos os dados da empresa;
- \* O local possui mesas e cadeiras que são ocupados por funcionários da área e armários para arquivar pastas;
- \* A sala possui parede, piso e teto em alvenaria;
- \* A sala projetada não há nenhum empecilho presentes no local que possam interferir na emissão correta do agente, e os servidores presentes no ambiente tem altura adequada, incapaz de impedir a descarga do gás;
- \* Os cilindros instalados no local serão indicados no dimensionamento do projeto;
- \* Classe de incêndio de proteção dos servidores: C;
- \* Descarga do gás adota-se 10 segundos;
- \* A temperatura de projeto será de 20°C.

A figura 21 abaixo apresenta a planta baixa do local a ser protegido.



FONTE: Elaborado por autoras (2022)

O projeto a seguir foi dimensionado para gases de halocarbono: FM200, NOVEC 123 e E-CARO 25. As informações listadas acima são comuns para os três

tipos gases instalados neste projeto, após a coleta dos dados será realizado o dimensionamento de cada um dos agentes limpos individualmente, os cálculos foram realizados em planilha do Excel, que está apresentada em anexo I, confeccionados pelas autoras.

Inicialmente, foi decidido qual concentração de projeto utilizar, em vista da condição do ambiente apresentada, como a intenção desse projeto é dimensionar sistemas de combate a incêndio de classe C, utilizamos as concentrações máximas para esse tipo de combate, já multiplicado pelo fator de segurança 1,35, conforme a tabela 12.

Tabela 12 – Concentração final de projeto

FM 200 HFC-227ea	NOVEC 123 FK5-1-12	ECARO 25 HFC-125
8%	5%	9%

FONTE: NFPA 2001, 2012

Observe que para o gás FM 200, a concentração de agente utilizada é de 7,83% onde para efeito de cálculo e dimensionamento foi arredondado para 8%. O mesmo aconteceu para o gás NOVEC, sua porcentagem de 4,72% foi arredondada para 5%. Para o cálculo da quantidade de agente necessário para inundar 95% do ambiente, informados na tabela 13.

Tabela 13 – Levantamento de dados

TIPO DE GÁS:	VOLUME ESPECÍFICO (m <sup>3</sup> /kg)	FATOR DE SEGURANÇA (W/V)	Tempo de Descarga (seg)
<b>FM200</b> (HFC-227ea)	0,1373	0,6335	10
<b>NOVEC 1230</b> (FK5-1-12)	0,0719	0,7322	10
<b>ECARO 25</b> (HFC-125)	0,1972	0,5016	10

FONTE: tabela A.5.5.1 NFPA 2001, 2012 (adaptado)

Após encontrarmos os dados acima na tabela 13, é possível obter o resultado do agente ativo (W), por meio da equação 01, informado anteriormente, foi encontrado os valores abaixo:

Tabela 14 – Dimensionamento de Agente (W)

	<b>FM200 (HFC-227ea)</b>	<b>NOVEC 1230 (FK51-12)</b>	<b>ECARO 25 (HFC-125)</b>
<b>Agente Ativo W - (Kg)</b>	51,97	57,89	42,13

FONTE: Elaborado por autoras (2022)

A partir do valor encontrado é possível dimensionar qual cilindro deve ser utilizado no sistema. Nesse caso, para determinar o tamanho nominal do cilindro é necessário verificar a tabela do fornecedor dos agentes, que usaremos Janus para os cilindros FM 200 e NOVEC 123; e *Fike* para o agente ECARO -25.

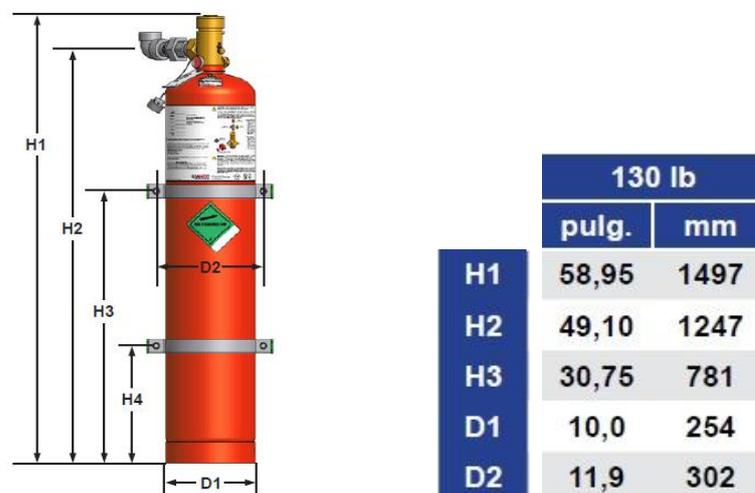
A tabela 15 demonstrará que os sistemas FM 200 e NOVEC 123, são supridos por um cilindro de 130 lb individualmente, será necessário a instalação de uma unidade para inundação total do ambiente. As informações do cilindro serão dadas na figura 21.

Tabela 15 – Dimensionamento de Cilindro – Fornecedor Janus (FM 200 E NOVEC 123)

TAMANHO NOMINAL DO CILINDRO	CAPACIDADE			
	MÍNIMO		MÁXIMO	
	lb	kg	lb	kg
<b>40 lb</b>	22	10,0	43	19,5
<b>80 lb</b>	41	18,6	81	36,7
<b>130 lb</b>	66	29,9	131	59,4

FONTE: Janus,2011

Figura 22 – Cilindro de 130 lb Janus



FONTE: Janus, 2011

Se caso, a instalação de apenas um cilindro não suprir a necessidade dos cálculos no sistema, a norma NFPA 2001, permiti fazer balanceamento de cilindros na instalação. Já para o sistema, ECARO 25, fabricado pela *Fike*, disponibiliza o dimensionamento dos cilindros de acordo tabela 16, onde informa que o cilindro que deverá ser instalado no sistema é de 150 lb.

Tabela 16 – Dimensionamento de Cilindro

TAMANHO NOMINAL DO CILINDRO	CAPACIDADE			
	MÍNIMO		MÁXIMO	
	lb	kg	lb	kg
5	4	2,0	4	2,0
10	4	2,0	8	3,5
20	8	3,5	16	7,5
35	14	6,5	30	13,5
60	25	11,5	54	24,5
100	39	18,0	87	39,0
150	54	24,5	120	54,5
215	78	35,5	173	78,5
375	136	61,5	302	137,0
650	236	107,0	528	239,5
1000	374	169,5	836	379,5

FONTE: *Fike*, 2012

Figura 23 – Cilindro 150 lb *Fike*



Dimensionamento	
Diâmetro (mm)	Altura (mm)
508	616

FONTE: *Fike*, 2012

Para os difusores, serão instaladas duas unidades de 360° para as três possibilidades de agente. Analisando a geometria do espaço, somente uma unidade seria suficiente, mas como o servidor está no final da sala, no canto da parede, foi dimensionado duas unidades, cumprindo o distanciamento mínimo de 3,3 m entre os bocais.

O volume de agente limpo encontrado suficiente para inundar a sala é de acordo com a equação 02, foi dimensionado a partir de  $W/V$  de cada agente, conforme tabela 17, e encontramos os seguintes valores em  $m^3$ :

Tabela 17 – Volume de agente  $m^3$

	FM 200 HFC-227ea	NOVEC 123 FK5-1-12	ECARO 25 HFC-125
$W/V$ (kg/ $m^3$ )	0,6335	0,7322	0,5016
$W$ (kg)	51,97	57,89	42,13
$V$ ( $m^3$ )	82,036	79,063	21,132

FONTE: Elaborado por autoras (2022)

A vazão mássica do agente, para inundar o ambiente em 10 segundos, é de dimensionado em kg/s de acordo com a equação 03 e através dele podemos dimensionar a tubulação utilizada no projeto, como mostra a tabela.

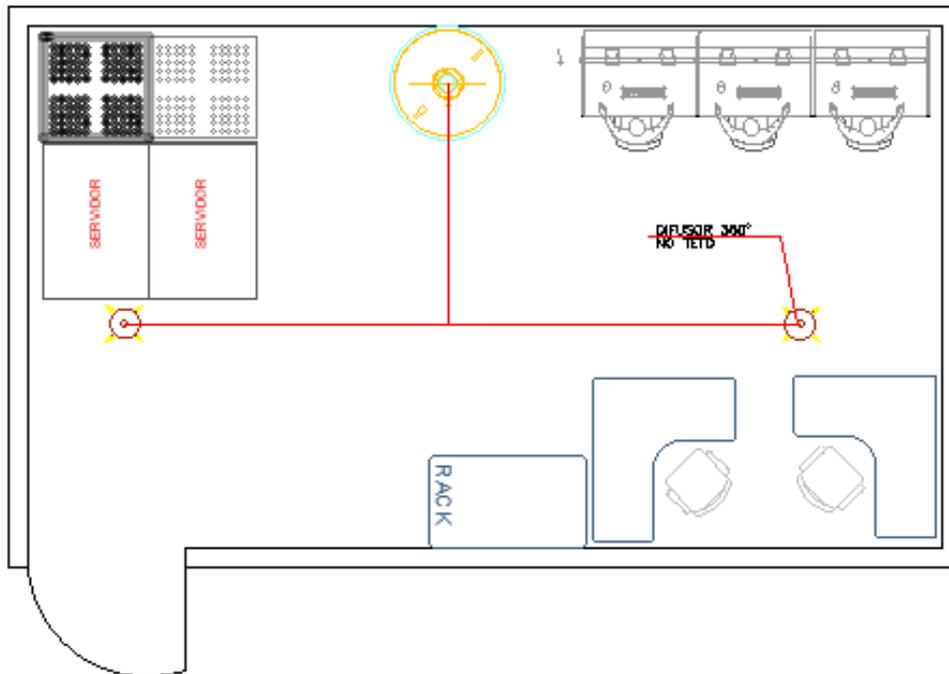
Tabela 18 – Dimensionamento de massa e tubulação

	FM 200 HFC-227ea	NOVEC 123 FK5-1-12	ECARO 25 HFC-125
$t$ (seg)	10	10	10
$W$ (kg)	51,97	57,89	42,13
$m$ (kg/s)	5,197	5,789	4,213
$m$ (kg/min)	311,82	347,34	252,78
Tubulação SCH 40	40 mm	50 mm	40 mm
Tubulação SCH 40	1.1/2"	2"	1.1/2"

FONTE: Elaborado por autoras (2022)

O fator de correção de projeto devido ao  $n^\circ$  de T, não se aplicará para nenhuma das situações, pois a rede de distribuição possui apenas um T. O fator de correção de altitude também não se aplica, pois Fortaleza possui uma altitude de 16 metros, estando dentro da tolerância da norma de 11% (911 metros) informados na norma NFPA, 2001.

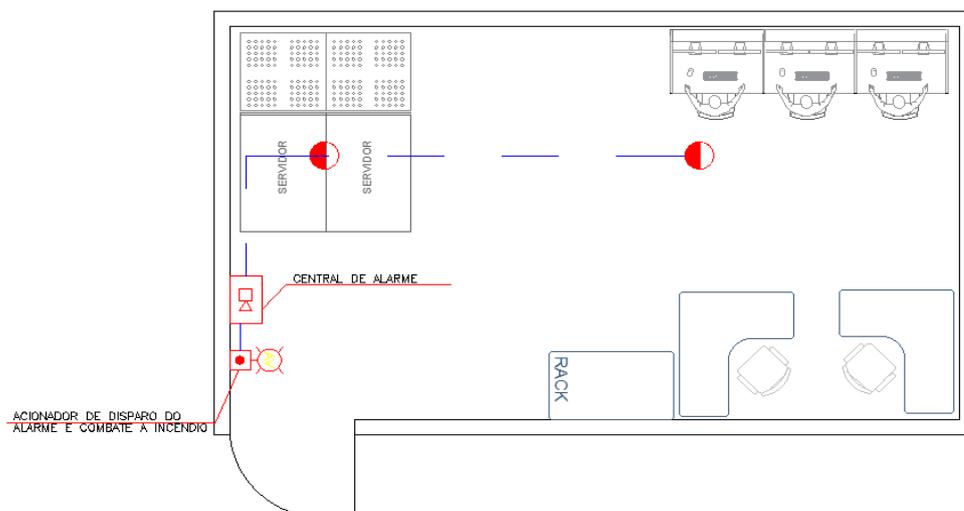
Figura 24 – Dimensionamento sistema fixo de gás FM 200



FONTE: Elaborado por autoras (2022)

O dimensionamento de detecção e alarme de incêndio, se dará por meio de instalação de uma central de alarme dentro da sala, onde será instalado: 02 detectores de fumaça, 01 acionador e 01 audiovisual. A disposição dos equipamentos que serão instalados, estão na imagem 25 abaixo.

Figura 25 – Dimensionamento de detecção e alarme



FONTE: Elaborado por autoras (2022)

## 4.2 Sala TI – Imobiliária

O servidor desta empresa está instalado uma sala no térreo da edificação, onde não há presença de colaboradores durante todo o horário comercial, as visitas são esporádicas. A sala possui central de ar-condicionado que funciona por 24 horas, fazendo assim a função de manter a temperatura ideal de operacionalização dos equipamentos elétricos.

Foi observado que o local está adequado para ser projetado pelo sistema de agente limpo, fazendo com que o combate ao incêndio seja eficaz e de forma rápida, impossibilitando o dano dos materiais presentes no ambiente, sem gerar a perda de informações importante que devem ser guardadas.

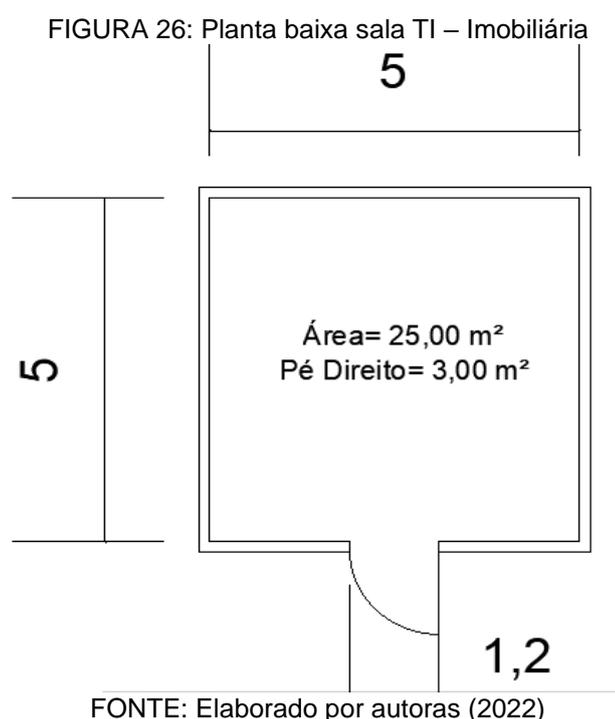
Além dos equipamentos, devemos também possibilitar a proteção dos funcionários presentes no momento do disparo do gás, deixando claro o tempo necessário para deixar o local e não haver nenhuma lesão a saúde do ser humano. Para a realização deste projeto, foi realizada a medição do local que possui as seguintes características:

- \* Área total do da sala de TI: 25,00m<sup>2</sup>;
- \* Altura do pé direito: 3,00m<sup>2</sup>;
- \* Volume de 75 m<sup>3</sup>;
- \* O dimensionamento será para a proteção de três servidores que armazenam todos os dados da empresa.
- \* O local possui mesas e cadeiras que são ocupadas temporariamente por funcionários quando estão na sala;
- \* A sala possui parede, piso e teto em alvenaria;
- \* A sala projetada não há nenhum empecilho presentes no local que possam interferir na emissão correta do agente, e os servidores presente no ambiente tem altura adequada, incapaz de impedir a descarga do gás;
- \* Os cilindros instalados no local serão indicados no dimensionamento do

projeto;

- \* Classe de incêndio de proteção dos servidores: C;
- \* Descarga do gás adota-se 10 segundos;
- \* A temperatura de projeto será de 20°C.

A figura 26 abaixo apresenta a planta baixa do local a ser protegido, por agente limpo.



O projeto a seguir foi dimensionado para gases de halocarbono: FM200, NOVEC 123 e E-CARO 25. As informações listadas acima são comuns para os três tipos gases instalados neste projeto, após a coleta dos dados será realizado o dimensionamento de cada um dos agentes limpos individualmente, os cálculos foram realizados em planilha do Excel, que está apresentada no anexo I, confeccionados pelas autoras.

Inicialmente, foi decidido qual concentração de projeto utilizar, em vista da condição do ambiente apresentada, como a intenção desse projeto é dimensionar sistemas de combate a incêndio de classe C, utilizamos as concentrações máximas para esse tipo de combate, já multiplicado pelo fator de segurança 1,35, conforme a tabela 19.

Tabela 19 – Concentração final de projeto

FM 200 HFC-227ea	NOVEC 123 FK5-1-12	ECARO 25 HFC-125
8%	5%	9%

FONTE: NFPA 2001, 201

Observe que para o gás FM 200, a concentração de agente utilizada é de 7,83% onde para efeito de cálculo e dimensionamento foi arredondado para 8%. O mesmo aconteceu para o gás NOVEC 123, sua porcentagem de 4,72% e foi arredondado para 5%. Para o cálculo da quantidade de agente necessário para inundar 95% do ambiente em 10 segundos, a 20°C, foram encontrados os seguintes dados informados na tabela 20.

Tabela 20 – Levantamento de dados

TIPO DE GÁS:	VOLUME ESPECÍFICO (m <sup>3</sup> /kg)	FATOR DE SEGURANÇA (W/V)	Tempo de Descarga (seg)
<b>FM200</b> (HFC-227ea)	0,1373	0,6335	10
<b>NOVEC 1230</b> (FK5-1-12)	0,0719	0,7322	10
<b>ECARO 25</b> (HFC-125)	0,1972	0,5016	10

FONTE: tabela A.5.5.1 NFPA 2001, 2012 (adaptado)

Após encontrarmos os dados acima na tabela 20, é possível obter o resultado do agente ativo (W), por meio da equação 01, informado anteriormente, foi encontrado os valores abaixo:

Tabela 21 – Dimensionamento de Agente (W)

	FM200 (HFC-227ea)	NOVEC 1230 (FK51-12)	ECARO 25 (HFC-125)
<b>Agente Ativo W - (Kg)</b>	46,40	51,68	37,61

FONTE: Elaborado por autoras (2022)

A partir do valor encontrado é possível dimensionar qual cilindro deve ser utilizado no sistema. Nesse caso, para determinar o tamanho nominal do cilindro é necessário verificar a tabela do fornecedor dos agentes, que usaremos Janus para os cilindros FM 200 e NOVEC 123; e Fike para o agente ECARO -25.

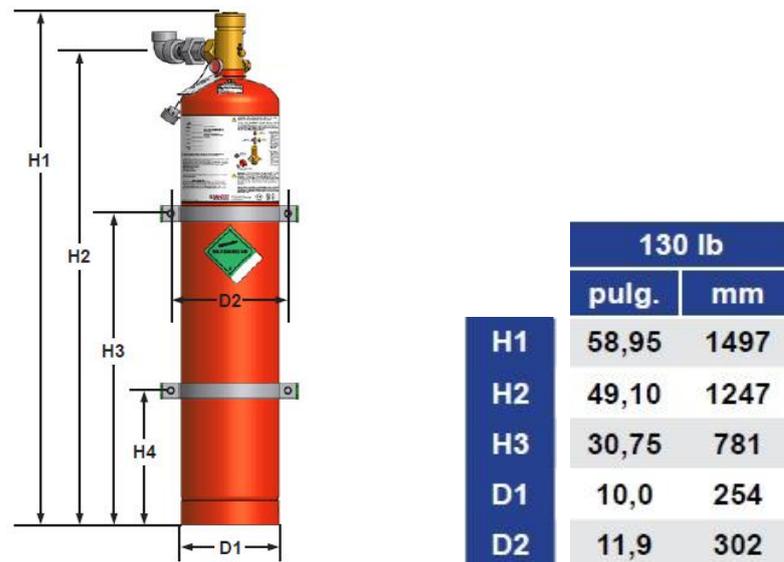
A tabela 22 demonstrará que os sistemas FM 200 e NOVEC 123, são supridos por um cilindro de 130 lb individualmente, será necessário a instalação de uma unidade para inundação total do ambiente. As informações do cilindro serão dadas na figura 27.

Tabela 22 – Dimensionamento de Cilindro – Fornecedor Janus (FM 200 E NOVEC 123)

TAMANHO NOMINAL DO CILINDRO	CAPACIDADE			
	MÍNIMO		MÁXIMO	
	lb	kg	lb	kg
<b>40 lb</b>	22	10,0	43	19,5
<b>80 lb</b>	41	18,6	81	36,7
<b>130 lb</b>	66	29,9	131	59,4

FONTE: Janus,2011

Figura 27 – Cilindro de 130 lb Janus



FONTE: Janus, 2011

Se caso, a instalação de apenas um cilindro não suprir a necessidade dos cálculos no sistema, a norma NFPA 2001, permiti fazer balanceamento de cilindros na instalação. Já para o sistema, ECARO 25, fabricado pela *Fike*, disponibiliza o dimensionamento dos cilindros de acordo tabela 23, onde informa que o cilindro que deverá ser instalado no sistema é de 100 lb.

Tabela 23 – Dimensionamento de Cilindro

TAMANHO NOMINAL DO CILINDRO	CAPACIDADE			
	MÍNIMO		MÁXIMO	
	lb	kg	lb	kg
5	4	2,0	4	2,0
10	4	2,0	8	3,5
20	8	3,5	16	7,5
35	14	6,5	30	13,5
60	25	11,5	54	24,5
100	39	18,0	87	39,0
150	54	24,5	120	54,5
215	78	35,5	173	78,5
375	136	61,5	302	137,0
650	236	107,0	528	239,5
1000	374	169,5	836	379,5

FONTE: *Fike*, 2012Figura 28 – Cilindro 150 lb *Fike*

Dimensionamento	
Diâmetro (mm)	Altura (mm)
273	1006,5

FONTE: *Fike*, 2012

Para os difusores, serão instaladas uma unidade de 360° para as três possibilidades de agente. Analisando a geometria do espaço, somente uma unidade será suficiente para proteção de todo o ambiente.

O volume de agente limpo encontrado suficiente para inundar a sala é de acordo com a equação 02, foi dimensionado a partir de W/V de cada agente, conforme tabela 24, e encontramos os seguintes valores em m<sup>3</sup>:

Tabela 24 – Volume de agente m<sup>3</sup>

	FM 200 HFC-227ea	NOVEC 123 FK5-1-12	ECARO 25 HFC-125
W/V (kg/m <sup>3</sup> )	0,6335	0,7322	0,5016
W (kg)	46,40	51,68	37,61
V (m <sup>3</sup> )	73,243	70,581	74,98

FONTE: Elaborado por autoras (2022)

A vazão mássica do agente, para inundar o ambiente em 10 segundos, é de dimensionado em kg/s de acordo com a equação 03 e através dele podemos dimensionar a tubulação utilizada no projeto, como mostra a tabela 25.

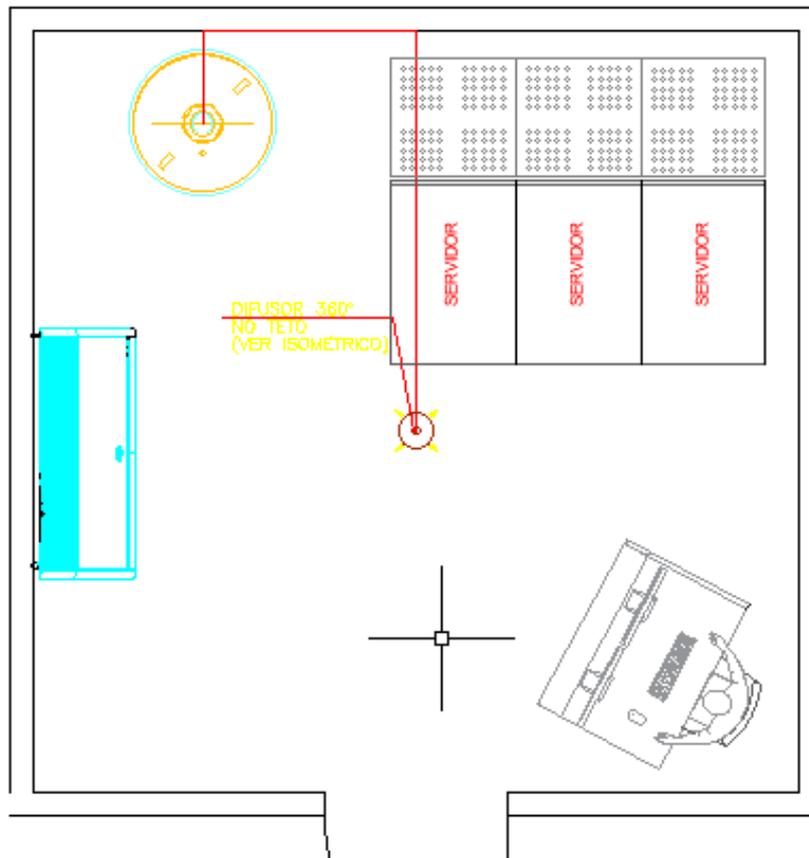
Tabela 25 – Dimensionamento de massa e tubulação

	FM 200 HFC-227ea	NOVEC 123 FK5-1-12	ECARO 25 HFC-125
t (seg)	10	10	10
W (kg)	46,40	51,68	37,61
m (kg/s)	4,640	5,168	3,761
m (kg/min)	278,4	309,72	255,66
Tubulação SCH 40	40 mm	40 mm	40 mm
Tubulação SCH 40	1.1/2"	1.1/2"	1.1/2"

FONTE: Elaborado por autoras (2022)

O fator de correção de projeto devido ao n° de T, não se aplicará para nenhuma das situações, pois a rede de distribuição possui apenas um T. O fator de correção de altitude também não se aplica, pois Fortaleza possui uma altitude de 16 metros, estando dentro da tolerância da norma de 11% (911 metros) informados na norma NFPA, 2001.

Figura 29 – Dimensionamento sistema fixo de gás - Imobiliária

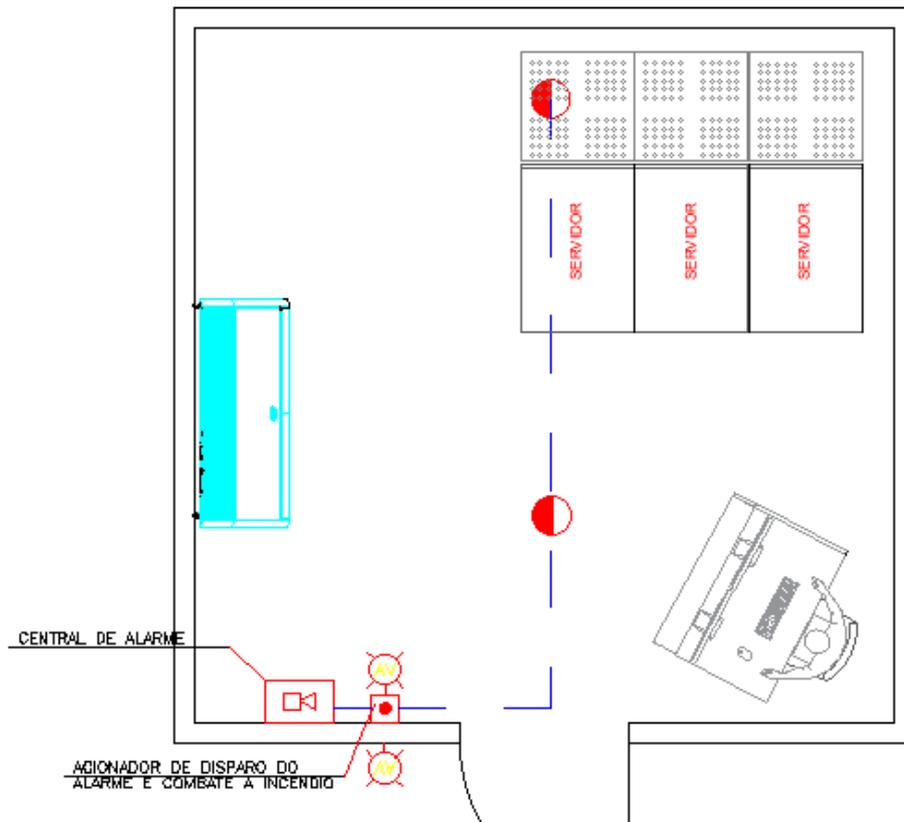


FONTE: Elaborado por autoras (2022)

O dimensionamento de detecção e alarme de incêndio, se dará por meio de instalação de uma central de alarme dentro da sala, onde será instalado: 02 detectores de fumaça, 01 acionador manual e 01 audiovisual.

A disposição dos equipamentos que serão instalados, estão na imagem 30 abaixo. Será instalado um audiovisual do lado externo da sala, pois nem sempre há fluxo de pessoas dentro do ambiente, dessa forma a população externa pode ser informada que está havendo uma emergência no local.

Figura 30 – Dimensionamento de detecção e alarme



FONTE: Elaborado por autoras (2022)

Dessa forma, em vistas das informações, o sistema considera-se dimensionado para o local proposto.

#### 4.3 Viabilidade Econômica

Foi realizado o orçamento para os projetos acima, afim de verificarmos a viabilidade econômica dos sistemas para cada uma das situações. Na tabela 26, é possível verificar os comparativos de preço de cada um dos gases para as empresas escolhidas no estudo de caso.

Tabela 26: Comparativo econômico dos gases para cada edificação

	Comparativo econômico dos gases para cada edificação		
	FM 200	NOVEC 123	E-CARO 25
Indústria de Cera	R\$ 210.320,00	R\$ 220.870,00	R\$ 150.264,99
Imobilária	R\$ 220.000,00	R\$ 230.915,30	R\$ 120.376,00

FONTE: Elaborado por autoras (2022)

Os valores encontrados na tabela 26 são referentes a todos os materiais necessário para a realização as instalações, no qual podemos listar:

- \* Painel de Controle e supervisão de incêndio (SPCI);
- \* Detectores de fumaça elétrico;
- \* Sinalizador audiovisual;
- \* Cilindro;
- \* Difusores;
- \* Tubulação em SCH40;
- \* Eletrodutos 3/4" pvc vermelho;

Os valores também são referentes aos encargos e frete embutidos no material, porém não foi levado em consideração o valor de mão de obra para execução das instalações do sistema.

Todos os orçamentos, foram realizados por empresas de São Paulo, como informado anteriormente, ainda não existem empresas no Estado do Ceará que fornecem os cilindros e os equipamentos necessários para instalação.

Uma dificuldade encontrada são os orçamentos para o gás E-caro 25, no qual é fornecido pela *Fike*, pois a empresa é europeia e não possui sede no Brasil, existe apenas uma representante em minas gerais, diferente dos outros gases.

Por conta disso, o gás da fabricante *Fike* torna-se uma alternativa menos conveniente em relação aos outros, pois possui difícil acesso de manutenção e reposição do gás. Os gases FM200 e NOVEC 123, possuem maior número de fabricantes e representantes no estado de São Paulo, que facilita a execução de orçamento, manutenção e reposição dos mesmos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em vista das informações acima, conclui-se com êxito este trabalho mediante o objetivo proposto, iniciando com a compreensão de quais sistemas são mais utilizados para combate a incêndio atualmente no mercado e quais são os sistemas mais indicados para áreas que possuem material elétrico.

Sistemas fixos de combate a incêndio, por meio de agente limpo, é um sistema teoricamente novo, mas que está ganhando espaço no mercado por todo o Brasil. No Ceará a tendência é que cada vez mais empresas instalem esses equipamentos com o intuito de proteger suas informações armazenadas em servidores e continuidade de serviço sem interrupção por problemas técnicos.

Foram abordados os três gases mais comuns no mercado: FM 200, NOVEC 123 e ECARO 25, fazendo os cálculos e dimensionamentos para cada um deles, na intenção de decidir qual seria o melhor sistema fixo a ser instalado nas empresas propostas. Todos os cálculos foram otimizados por meio de planilha de Excel, incluídas no anexo I.

Foi possível perceber que, o dimensionamento dos agentes se dá de forma simples, seguindo os passos das normas e que é possível realizar instalações em cada vez mais empresas, para ambientes controlados. Foi determinado que a instalação dos três gases para a indústria de cera e a imobiliária é totalmente eficaz, pois cumprem os padrões normativos. Além disso, é possível observar que esse sistema é compacto, de fácil instalação, viabilidade econômica relativamente acessível e ainda aumenta o grau de segurança dos seus equipamentos e informações.

Contudo, o sistema de extinção de incêndio por meio de gás não poluente protege o patrimônio, mas principalmente protegem vidas, pois incêndios quando tomam grandes proporções tem resultados devastadores. A detecção precoce pode evitar danos maiores, através de um sistema operacional e inteligente de detecção e alarme de incêndio, aliado a inundação do gás limpo. Dessa forma, a sociedade está se encaminhando para combate a incêndio inteligente, eficaz e não poluente.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIAS, FABRICIA RIBEIRO. **SISTEMA DE SUPRESSÃO DE INCÊNDIO COM AGENTE LIMPO: PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA E PROJETO**. 2011. 106 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia mecânica) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>. Acesso em: 16 mar. 2022.

FRITZ, JONATAS. **SISTEMA FIXO DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO POR AGENTES LIMPOS: INSTRUMENTAÇÃO E PROJETO**. Orientador: Prof. Me. Roger Schildt Hoffmann. 2015. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2015.

INCÊNDIO, SMH - SISTEMA CONTRA. **A importância da proteção contra Incêndio em Ambientes de Missão Crítica**. Revista RTI, São Paulo, 21 jul. 2020. Mensal.

JANUS, Fire Systems. **Sistema de Extinção de Incêndio por Agente Limpo Novec™ 1230**. Manuais Séries Mv, Lv e Sv, 2011. Disponível em <<http://www.argusengenharia.com.br/site/sistemas/sistema-de-gas/supressao-por-novec-1230/>>. Acesso em: 05 de abril de 2022.

KIDDE Novec™ 1230. **Kidde Engineered Fire Suppression System Designed for use with 3M™ Novec™ 1230 Fire Protection Fluid**. Design, Installation, Operation and Maintenance Manual. Ano de publicação 2005.

NFPA – NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **Standart on clean agente fire extinguishing system**. NFPA 2001, Mass, USA, 2012.

POLICIA MILITAR DE SÃO PAULO. **INSTRUÇÃO TÉCNICA nº 26**, de 29 de abril de 2019. Sistema fixo de gases para combate a incêndio. INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº 26/2019, SÃO PAULO, 2019. Disponível em: <http://www.corpodebombeiros.sp.gov.br/portalc/b/>. Acesso em: 29 abr. 2022.

**Protocolo de Montreal** sobre as Substâncias que Empobrecem a Camada de Ozônio. Ano de publicação 1989. Ano de revisão 2000;

PAGNUSSATT, Felipe Soares. **SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL UTILIZANDO A NORMA DE DESEMPENHO NBR 15.575 E A LEGISLAÇÃO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**. 2017. 132 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia Civil) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL ESCOLA DE ENGENHARIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL, Rio Grande do Sul, 207. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>. Acesso em: 14 mar. 2022.

SILVA, D. A R. D. **SISTEMAS FIXOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIO POR AGENTES GASOSOS**. Orientador: Professor Engenheiro João Lopes Porto. 2010. TCC (Especialização) - Curso de ENGENHARIA CIVIL, Universidade de Porto, Porto, 2010.

SEITO, Alexandre Itiu; GILL, Alfonso Antonio; PANNONI, Fabio Domingos; SILVA, Rosaria Ono Silvio Bento da; CARLO, Ualfrido Del; SILVA, Valdir Pignatta e. **A segurança CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL**. 1. ed. São Paulo: Projeto editora, 2008. 484 p. v. 1.

SILVA, V. G. **Estudo de Sistemas Fixos de Combate a Incêndio por Agentes Gasosos**. Orientador: Prof. Marcio Nele de Souza, D.Sc.. 2014. Dissertação (Mestrado) - Curso de Processos Químicos e Bioquímicos, Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

TOLLER, Márcio. **Projeto de um plano de proteção e prevenção contra incêndio (PPCI) em busca de uma edificação na cidade de Porto Alegre-RS**. Orientador: Cláudio Alberto Hanssen. 2012. 48 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em engenharia de segurança do trabalho) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, [S. l.], 2012. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>. Acesso em: 10 mar. 2022.

3M RESUMO TÉCNICO. **3M Novec™ 1230 Fluido para Combate a Incêndio. Propriedades Ambientais do Fluido Novec™ 1230**. 3M (2014). Disponível em: <http://multimedia.3m.com/mws/media/802366O/3mtm-novectm-1230-fire-protectionfluid-bulletin.pdf?fn=Novec%201230%20Product%20Info%20Bulletin>>. Acesso em: 20 mar.2022

# ANEXOS

Pag.

---

<b>ANEXO I – PLANILHA DE EXCEL.....</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO II – PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO POR MEIO DE GÁS.....</b>	<b>78</b>

---



PROTEÇÃO

DADOS GERAL

RAZÃO SOCIAL:

NOME FANTASIA:

ENDEREÇO:

MUNICÍPIO:  UF:

ÁREA DE ATUAÇÃO:

SETOR PARA DIMENSIONAMENTO:

ALTURA:

CNPJ:

TEL:

N°  CEP:

ÁREA(m²):

VOLUME (m³)

DADOS CONCENTRAÇÃO MÍNIMA DE PROJETO PARA CLASSE C

TIPO DE GÁS:	CONCENTRAÇÃO (%)	TEMPERATURA DE PROJETO(°C)	VOLUME ESPECÍFICO (m³/kg)	VOLUME DE PERIGO (W/V)	Tempo de Descarga (seg)
FM200 [HFC-227ea]	7,83	20	0,1373	0,6335	10
NOVEC 1230 [FK5-1-12]	4,72	20	0,0719	0,7322	10
ECARO 25 [HFC-125]	9	20	0,1972	0,5016	10

**TIPO DE GÁS:** Gás escolhido para dimensionamento do projeto

**CONCENTRAÇÃO:** Valor encontrado de acordo com a tabela na norma NFPA 2001, 2012. Disponível em "**TABELAS**".

**TEMPERATURA DE PROJETO:** Temperatura definida de acordo com sugerida na norma, sendo indicado até 21°C

**VOLUME ESPECÍFICO:** Valor determinado de acordo com a temperatura. Tabela norma NFPA, 2001, 2012.

**FATOR DE SEGURANÇA:** Valor determinado de acordo com a concentração. Tabela norma NFPA, 2001, 2012.

**TEMPO DE DESCARGA:** Tempo definido de acordo com a norma NFPA 2001,2012.

anexo A - Pag 59 FK5112  
 anexo A - Pag 65 HFC125  
 anexo A - Pag 67 HFC227

pág. 18 - Item 5.7.1.2.1\*



PROTEÇÃO

DADOS GERAL

INFORMAÇÕES

DIMENSIONAMENTO

TABELAS

RESULTADO GERAL



ENGENHARIA

## DIMENSIONAMENTO PARA CADA TIPO DE GÁS

	RESULTADO		
	FM200 (HFC-227ea)	NOVEC 1230 (FK51-12)	ECARO 25 (HFC-125)
I) Agente Ativo W - (Kg)	51,97	57,89	42,13
II) CILINDRO(lb)	130	130	150
III) Vazão mássica do agente (Kg/s)	5,1973	5,789	4,213

PASSO A PASSO DO RESULTADO:

I) PARA DIMENSIONAR O AGENTE ATIVO, DEVE-SE UTILIZADOS A FORMULA:

$$W = \frac{v}{s} \times \left( \frac{c}{100 - c} \right)$$

II) CILINDRO ENCONTRADO DE ACORDO COM O AGENTE ATIVO, DETERMINADO NA TABELA, RESPECTIVAMENTE.

III) PARA DIMENSIONAR A VAZÃO MÁSSICA DO AGENTE (Kg/s), DEVE-SE UTILIZADOS A FORMULA:

$$M = W \times \frac{1}{t}$$



ENGENHARIA

## TABELAS PARA CONSULTA

CONCENTRA  
ÇÃO

FM200

NOVEC

ECARO

CORREÇÃO -  
ALTITUDE

TUBULAGEM

CORREÇÃO -  
N° T



## TABELA PARA CONSULTA DE DADOS - NOVEC123

DIMENSIONAMENTO DE CILINDRO					Requisitos de peso do volume de perigo, C/V (kg/m³) <sup>b</sup>											
TAMANHO NOMINAL DO CILINDRO	CAPACIDADE				tempo(T) (°C)c	Vapor específico Volume(s) (m³/kg)d	concentração de projeto (% por volume)e									
	MÍNIMO		MÁXIMO				6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	lb	kg	lb	kg												
40 lb	22	10,0	43	19,5	-10	0,1215	0,5254	0,6196	0,7158	0,8142	0,9147	1,0174	1,1225	1,2301	1,3401	1,4527
80 lb	41	18,6	81	36,7	-5	0,1241	0,5142	0,6064	0,7005	0,7987	0,8951	0,9957	1,0985	1,2038	1,3114	1,4216
130 lb	66	29,9	131	59,4	0	0,1268	0,5034	0,5936	0,6858	0,78	0,8763	0,9748	1,0755	1,1785	1,2839	1,3918
					5	0,1294	0,4932	0,5816	0,6719	0,7642	0,8586	0,955	1,0537	1,1546	1,2579	1,3636
					10	0,132	0,4834	0,57	0,6585	0,749	0,8414	0,936	1,0327	1,1316	1,2328	1,3264
					15	0,1347	0,474	0,5589	0,6457	0,7344	0,8251	0,9178	1,0126	1,1096	1,2089	1,3105
					20	0,1373	0,465	0,5483	0,6336	0,7205	0,8094	0,9004	0,9934	1,0886	1,1859	1,2856
					25	0,1399	0,4564	0,5382	0,6217	0,7071	0,7944	0,8837	0,975	1,0684	1,164	1,2618
					30	0,1425	0,4481	0,5284	0,6104	0,6943	0,78	0,8676	0,9573	1,049	1,1428	1,2388
					35	0,145	0,4401	0,519	0,5996	0,6819	0,7661	0,8522	0,9402	1,0303	1,1224	1,2168
					40	0,1476	0,4324	0,5099	0,5891	0,6701	0,7528	0,8374	0,923	1,0124	1,1029	1,1956
					45	0,1502	0,425	0,5012	0,579	0,6586	0,7399	0,823	0,908	0,995	00.001	1,1751
					50	0,1527	0,418	0,4929	0,5694	0,6476	0,7276	0,8093	0,8929	0,9784	00.001	1,1555
					55	0,1553	0,4111	0,4847	0,56	0,6369	0,7156	0,796	0,8782	0,9623	1,0484	1,1365
					60	0,1578	0,4045	0,477	0,551	0,6267	0,7041	0,7832	0,8641	0,9469	1,0316	1,1183
					65	0,1604	0,398	0,4694	0,5423	0,6167	0,6929	0,7707	0,8504	0,9318	1,0152	1,1005
					70	0,1629	0,3919	0,4621	0,5338	0,6072	0,6821	0,7588	0,8371	0,9173	0,9994	1,0834
					75	0,1654	0,3859	0,455	0,5257	0,5979	0,6717	0,7471	0,8243	0,9033	0,9841	1,0668
					80	0,1679	0,3801	0,4482	0,5178	0,589	0,6617	0,736	0,812	0,8898	0,9694	1,0509
					85	0,1704	0,3745	0,4416	0,5102	0,5803	0,6519	0,7251	0,8	0,8767	0,9551	1,0354
					90	0,173	0,369	0,4351	0,5027	0,5717	0,6423	0,7145	0,7883	0,8638	0,9411	1,0202



## TABELA PARA CONSULTA DE DADOS - NOVEC123

TAMANHO NOMINAL DO CILINDRO	DIMENSIONAMENTO DE CILINDRO			
	CAPACIDADE			
	MÍNIMO		MÁXIMO	
	lb	kg	lb	kg
40 lb	22	10.0	43	19.5
80 lb	41	18.6	81	36.7
130 lb	66	29.9	131	59.4

tempo(T) (°C)c	Vapor específico Volume(s) (m³/kg)d	Requisitos de peso do volume de perigo, W/V (kg/m³)b							
		concentração de projeto (% por volume)e							
		3	4	5	6	7	8	9	10
-20	0,060914	0,5077	0,684	0,864	1,0479	1,2357	1,4275	1,6236	1,8241
-15	0,6022855	0,4965	0,669	0,845	1,0248	1,2084	1,3961	1,5879	1,7839
-10	0,063657	0,4859	0,6545	0,8268	1,0027	1,1824	1,366	1,5337	1,7455
-5	0,0650285	0,4756	0,6407	0,8094	0,9816	1,1575	1,3372	1,5209	1,7087
0	0,0664	0,4658	0,6275	0,7926	0,9613	1,1336	1,3096	1,4895	1,6734
5	0,0677715	0,4564	0,6148	0,7766	0,9418	1,1106	1,2831	1,4593	1,6395
10	0,069143	0,4473	0,6026	0,7612	0,9232	1,0886	1,2576	1,4304	1,607
15	0,0705145	0,4386	0,5909	0,7464	0,9052	1,0674	1,2332	1,4026	1,5757
20	0,071886	0,4302	0,5796	0,7322	0,8879	1,0471	1,2096	1,3758	1,5457
25	0,0732575	0,4222	0,5688	0,7184	0,8713	1,0275	1,187	0,0001	1,5167
30	0,074629	0,4144	0,5583	0,7052	0,8553	1,0086	1,1652	1,3252	1,4888
35	0,0760005	0,4069	0,5482	0,6925	0,8399	0,9904	1,1442	1,3013	1,462
40	0,077372	0,3997	0,5385	0,6802	0,825	0,9728	1,1239	1,2783	1,4361
45	0,0787435	0,3928	0,5291	0,6684	0,8106	0,9559	1,1043	1,256	1,4111
50	0,080115	0,386	0,5201	0,657	0,7967	0,9395	1,0854	1,2345	1,3869
55	0,0814865	0,3795	0,5113	0,6459	0,7833	0,9237	1,0671	1,2137	1,3636
60	0,082858	0,3733	0,5029	0,6352	0,7704	0,9084	1,0495	1,1936	1,341
65	0,0842295	0,3672	0,4947	0,6249	0,7578	0,8936	1,0324	1,1742	1,3191
70	0,085601	0,3613	0,4868	0,6148	0,7457	0,8793	1,0158	1,1554	1,298
75	0,0869725	0,3556	0,4791	0,6052	0,7339	0,8654	0,9998	1,1372	1,2775
80	0,088344	0,3501	0,4716	0,5958	0,7225	0,852	0,9843	1,1195	1,2577
85	0,0897155	0,3447	0,4644	0,5866	0,7115	0,839	0,9692	1,1024	1,2385
90	0,091087	0,3395	0,4574	0,5778	0,7008	0,8263	0,9547	1,0858	1,2198
95	0,0924585	0,3345	0,4507	0,5692	0,6904	0,8141	0,9405	1,0697	1,2017
100	0,09383	0,3296	0,4441	0,5609	0,6803	0,8022	0,9267	1,054	1,1842



## TABELA PARA CONSULTA DE DADOS - ECARO 25

Requisitos de peso do volume de perigo, W/V (kg/m<sup>3</sup>)b

TAMANHO NOMINAL DO CILINDRO	DIMENSIONAMENTO DE CILINDRO			
	CAPACIDADE			
	MÍNIMO		MÁXIMO	
	lb	kg	lb	kg
5	4	2,0	4	2,0
10	4	2,0	8	3,5
20	8	3,5	16	7,5
35	14	6,5	30	13,5
60	25	11,5	54	24,5
100	39	18,0	87	39,0
150	54	24,5	120	54,5
215	78	35,5	173	78,5
375	136	61,5	302	137,0
650	236	107,0	528	239,5
1000	374	169,5	836	379,5

tempo(T) (°C)c	Vapor específico Volume(s) (m <sup>3</sup> /kg)d	concentração de projeto (% por volume)e									
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
-45	0,1496	0,503	0,5811	0,6609	0,7425	0,826	0,9113	0,9986	1,0879	1,1793	1,2729
-40	0,1534	0,4906	0,5668	0,6446	0,7242	0,8055	0,8888	0,9739	0,0001	1,1502	1,2415
-35	0,1572	0,4788	0,5532	0,6292	0,7069	0,7863	0,8675	0,9506	1,0356	1,1227	1,2118
-30	0,1609	0,4677	0,5404	0,6146	0,6905	0,7681	0,8474	0,9286	1,0116	1,0966	1,1837
-25	0,1646	0,4572	0,5282	0,6007	0,6749	0,7507	0,8283	0,9076	0,9888	1,0719	1,157
-20	0,1683	0,4472	0,5166	0,5876	0,6602	0,7343	0,8102	0,8878	0,9672	1,0485	1,1317
-15	0,172	0,4377	0,5056	0,5751	0,6461	0,7187	0,793	0,8689	0,9466	1,0262	1,1076
-10	0,1756	0,4286	0,4952	0,5632	0,6327	0,7038	0,7765	0,8509	0,927	1,0049	1,0847
-5	0,1792	0,4199	0,4851	0,5518	0,6199	0,6896	0,7608	0,8337	0,9082	0,9845	1,0627
0	0,1829	0,4116	0,4756	0,5409	0,6077	0,6759	0,7458	0,8172	0,8903	0,9651	1,0417
5	0,1865	0,4037	0,4664	0,5304	0,5959	0,6629	0,7314	0,8014	0,8731	0,9465	1,0216
10	0,19	0,3961	0,4576	0,5204	0,5847	0,6504	0,7176	0,7863	0,8566	0,9286	1,0023
15	0,1936	0,3888	0,4491	0,5108	0,5739	0,6384	0,7043	0,7718	0,8408	0,9115	0,9838
20	0,1972	0,3817	0,441	0,5016	0,5635	0,6268	0,6916	0,7578	0,8256	0,895	0,966
25	0,2007	0,375	0,4332	0,4927	0,5535	0,6157	0,6793	0,7444	0,811	0,8791	0,9489
30	0,2043	0,3685	0,4257	0,4841	0,5439	0,605	0,6675	0,7315	0,7969	0,8639	0,9324
35	0,2078	0,3622	0,4184	0,4759	0,5347	0,5947	0,6562	0,719	0,7833	0,8492	0,9165
40	0,2114	0,3561	0,4114	0,4679	0,5257	0,5848	0,6452	0,707	0,7702	0,8349	0,9012
45	0,2149	0,3503	0,4047	0,4603	0,5171	0,5752	0,6346	0,6954	0,7576	0,8213	0,8864
50	0,2184	0,3446	0,3982	0,4528	0,5088	0,5659	0,6244	0,6842	0,7454	0,808	0,8721
55	0,2219	0,3392	0,3918	0,4457	0,5007	0,5569	0,6145	0,6733	0,7336	0,7952	0,8583
60	0,2254	0,3339	0,3857	0,4387	0,4929	0,5483	0,6049	0,6628	0,7221	0,7828	0,8449
65	0,2289	0,3288	0,3798	0,432	0,4853	0,5399	0,5957	0,6527	0,7111	0,7708	0,832
70	0,2324	0,3238	0,3741	0,4255	0,478	0,5318	0,5867	0,6429	0,7004	0,7592	0,8195
75	0,2359	0,319	0,3686	0,4192	0,4709	0,5239	0,578	0,6333	0,69	0,748	0,8073
80	0,2394	0,3144	0,3632	0,4131	0,4641	0,5162	0,5696	0,6241	0,6799	0,7371	0,7956
85	0,2429	0,3099	0,358	0,4072	0,4574	0,5088	0,5614	0,6151	0,6702	0,7265	0,7841
90	0,2464	0,3055	0,3529	0,4014	0,4509	0,5016	0,5534	0,6064	0,6607	0,7162	0,773
95	0,2499	0,3012	0,348	0,3958	0,4447	0,4946	0,5457	0,598	0,6515	0,7062	0,7623



ENGENHARIA

DADOS GERAL

INFORMAÇÕES

DIMENSIONAMENTO

TABELAS

RESULTADO GERAL

## CONCENTRAÇÃO MÍNIMA DE PROJETO ATÉ 21°C

INFORMAÇÕES	FM - 200	NOVEC 123	E-CARO 26
Concentração mínima de projeto para classe A	5,2-5,8%	3,50%	6,70%
Concentração final de projeto para classe A	6,25-7%	4,20%	8%
Concentração mínima de projeto para classe B	6,70%	4,50%	8,7%
Concentração de projeto para classe B	8,70%	5,90%	11,3%
Concentração mínima de projeto para classe C	5,2-5,8%	3,50%	6,70%
Concentração de projeto para classe C	7,02-7,83%	4,72%	9%
Tempo de Descarga	< 10 seg	< 10 seg	< 10 seg
Tempo de exposição humana ao agente	5 min	5 min	6 min



ENGENHARIA

DADOS GERAL

INFORMAÇÕES

DIMENSIONAMENTO

TABELAS

RESULTADO GERAL

## FATORES DE CORREÇÃO DEVIDO AOS NUMEROS DE T

N° T	FATOR DE CORREÇÃO
0-4	0
5	0,01
6	0,02
7	0,03
8	0,04
9	0,05
10	0,06
11	0,07
12	0,07
13	0,08
14	0,09
15	0,09
16	0,1
17	0,11
18	0,11
19	0,12



ENGENHARIA

DADOS GERAL

INFORMAÇÕES

DIMENSIONAMENTO

**TABELAS**

RESULTADO GERAL

## FATORES DE CORREÇÃO DEVIDO A ALTITUDE

ALTITUDE EQUIVALENTE (m)	FATOR DE CORREÇÃO ATMOSFERICA
-0,92	1,11
-0,61	1,07
-0,3	1,04
0	1
0,3	0,96
0,61	0,93
0,91	0,89
1,22	0,86
1,52	0,82
1,83	0,78
2,13	0,75
2,45	0,72
2,74	0,69
3,05	0,66



ENGENHARIA

DADOS GERAL

INFORMAÇÕES

DIMENSIONAMENTO

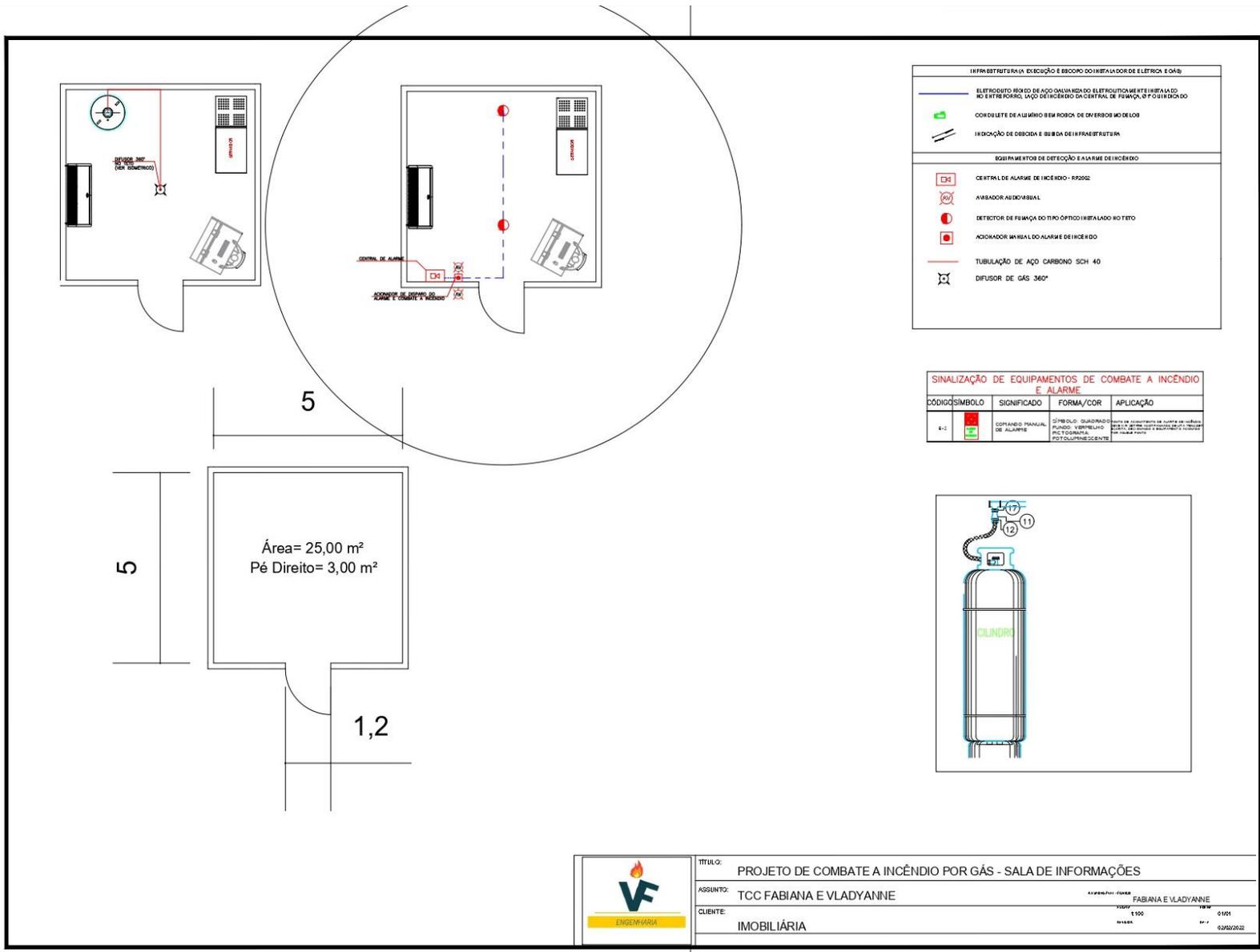
**TABELAS**

RESULTADO GERAL

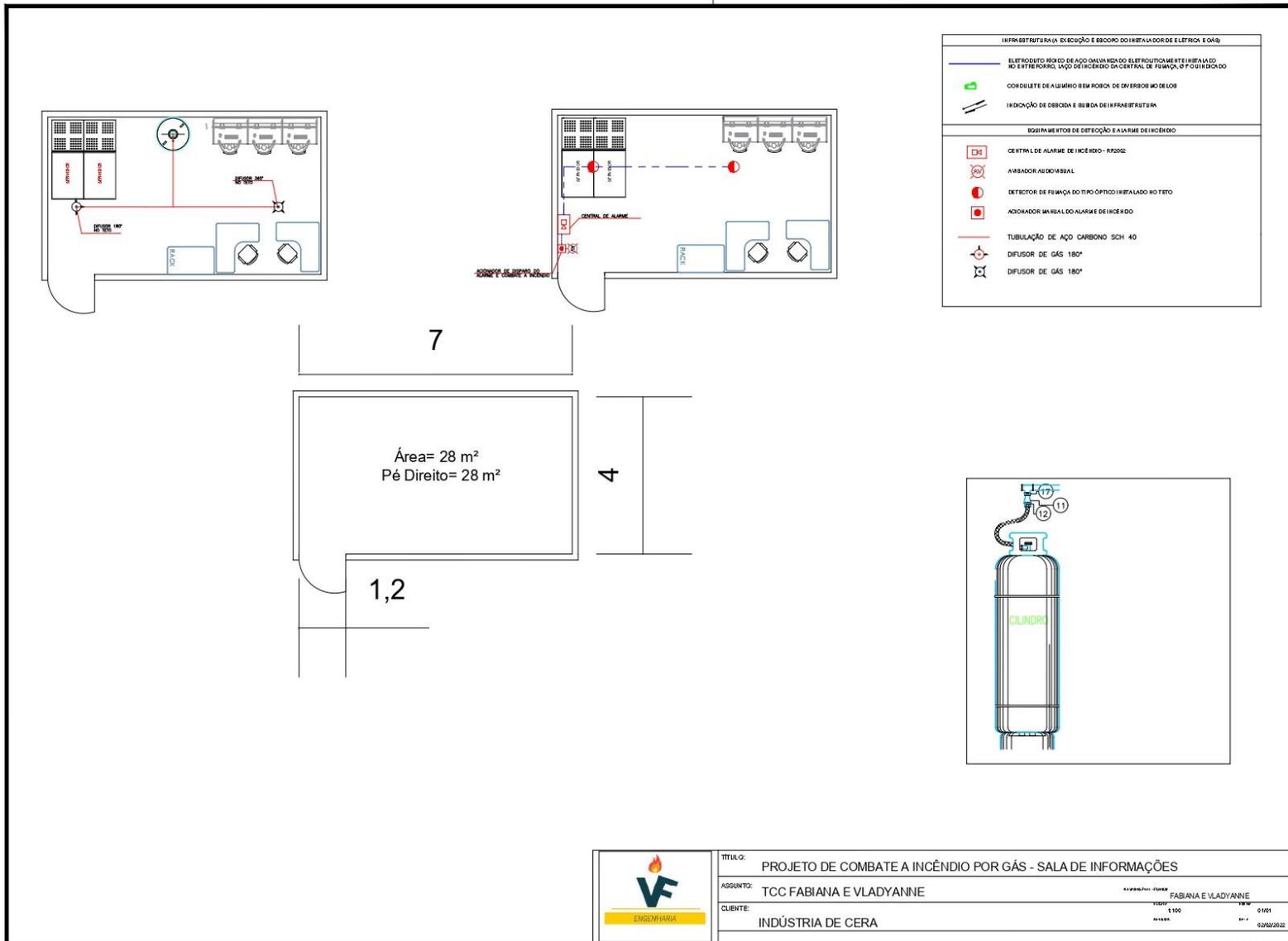
## TABELA DE DIMENSIONAMENTO DE TUBULAGEM

DIÂMETRO		QUANTIDADE DE AGENTE NECESSÁRIO [kg/min]
mm	polegadas	máximo
15	1/2"	42
20	3/4"	82
15	1"	130
32	1 1/4"	232
40	1 1/2"	318
50	2	480
65	2 1/2"	682
80	3"	1065
100	4"	1860
125	5"	2940
150	6"	4200





<p>ENGENHARIA</p>	TÍTULO: PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO POR GÁS - SALA DE INFORMAÇÕES
	ASSUNTO: TCC FABIANA E VLADYANNE
	CLIENTE: IMOBILIÁRIA
	REPRESENTANTE: FABIANA E VLADYANNE ESCALA: 1:100 DATA: 02/03/2022



TITULO: PROJETO DE COMBATE A INCÊNDIO POR GÁS - SALA DE INFORMAÇÕES

ASSUNTO: TCC FABIANA E VLADYANNE

CLIENTE: INDÚSTRIA DE CERA

PROJETO: FABIANA E VLADYANNE

ESCALA: 1:100

DATA: 02/03/2022