

ILAN CÉSAR SAFIOTTI PACHECO

**INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO NA DETECÇÃO CONTRA
INCÊNDIO**

EPMI
ESP/EST-2008
P115i

São Paulo
2008

ILAN CÉSAR SAFIOTTI PACHECO

**INFLUÊNCIA DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO NA DETECÇÃO CONTRA
INCÊNDIO**

Monografia apresentada à Universidade de São Paulo, Escola Politécnica da USP, para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

São Paulo
2008

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Osmar Alves Pacheco Jr. e Maria Heloisa Safiotti Pacheco, que ofereceram as melhores condições de estudo e acreditaram no meu sonho.

Às minhas irmãs, Larissa Helena Safiotti Pacheco e Thaís Helena Safiotti Pacheco, duas pessoas essenciais para a minha vida.

A minha família, com amor, admiração e gratidão por esses anos de apoio, carinho e admiração.

AGRADECIMENTOS

A Luci Ramos, Cléo Ramos e Maria Del Carmen que acreditaram e propiciaram o início da realização do curso de pós graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho.

À Escola Politécnica da USP, pela oportunidade de realização do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho.

A engenheira, e amiga, Karla Vieira de Carvalho Gouvêa que mostrou, incentivou, ajudou e ensinou que não há obstáculos insuperáveis, e que para atingir nossos objetivos profissionais basta querer e se preparar.

Aos meus eternos amigos, Alvin Hiroshi Baito, Cristiane Gussi e Ilka Gonçalves, pela amizade, companheirismo, respeito, admiração, sinceridade e carinho.

Ao Sr. José de Oliveira Assunção, pela autorização das informações técnicas de equipamentos e sistemas utilizadas neste trabalho.

Às pessoas que, diretamente ou indiretamente, ajudaram com informações técnicas para a realização deste trabalho.

RESUMO

Sistemas de detecção e combate a incêndio, quando instalados incorretamente, apresentam grande risco aos equipamentos protegidos, assim como à vida humana. O correto dimensionamento, instalação e integração dos sistemas têm sido apontadas como itens fundamentais para o funcionamento eficaz do sistema. Os sistemas de proteção detectam as partículas de fumaça provenientes da queima dos materiais envolvidos no ambiente protegido. Já os sistemas de combate a incêndio agem após a detecção, extinguindo o incêndio propriamente dito. Quando existem sistemas de ar condicionado instalados no ambiente a ser protegido, a detecção e o combate podem estar comprometidos se alguns levantamentos não forem realizados. Embora existam normas para instalar, projetar e interligar estes sistemas, não há informações sobre o que pode acontecer se o projeto ou a instalação destes sistemas forem elaborados e executados incorretamente. No presente trabalho, apresentarei dados e testes que comprovam a influência do sistema de ar condicionado na detecção e combate a incêndio, baseado nas normas NBR 9441 e NFPA 2001. Como o sistema de detecção é fundamental para detectar as partículas de fumaça, este trabalho mostrará as tecnologias e métodos para escolher o sistema adequado para cada situação, analisando as características dos equipamentos protegidos, assim como a adequação a cada ambiente. Para os agentes extintores mais utilizados no Brasil serão apresentados os gases HFC 227ea e CO₂. Os resultados deste trabalho reforçam a importância de se escolher um sistema de detecção adequado ao ambiente protegido, juntamente com o a análise do ambiente caso exista um sistema de ar condicionado instalado.

Palavras-chave: Sistemas de detecção e combate a incêndio. Ar condicionado. Incêndio. Agentes extintores.

ABSTRACT

Detection and fire combat systems, when improperly installed, offer a great risk to the protected equipments as much as to the human lives involved. The correct dimensioning, installation and system integration have been pointed as fundamental items to the efficient operation of the system. The protection systems detect the smoke particles which proceed from the materials burning in the protected environment. The fire combat systems act after the detection is done, more specifically extinguishing the fire. When there are air conditioning systems installed in the environment that will be protected, the detection and the fire combat may not work properly if some data gathering are not done. Although there are some rules to install, project and interconnect these systems, there are no information on what may happen if the project or the installation of these systems are incorrectly done or executed. In the present work, I shall present the data and tests that confirm the influence of the air conditioning system in the detection and fire combat, based on the NBR 9441 and NFPA 2001 rules. As the detection system is fundamental to detect the smoke particles, this work will show the methods and technologies to choose the adequate system for each situation, analyzing which are the characteristics of the protected equipments, and also the adjustment for each environment. For the extinguishing agents mostly used in Brazil, shall be presented the HFC 227ea and CO₂ gases. The results of this work reinforce the importance of choosing the proper detection system for each protected environment, altogether with the environment analysis in case there is an air conditioning system installed.

Keywords: Detection and fire combat systems. Air conditioning. Fire. Extinguishing agents.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tetraedro do Fogo	6
Figura 2. Sistema In-cabinet	19
Figura 3. Exemplos de aplicação do Sistema In-cabinet	19
Figura 4. Difusor de descarga ADA	20
Figura 5. Sistema ADS	21
Figura 6. Bateria de cilindros do sistema ADS	21
Figura 7. Cilindro contendo nitrogênio e agente extintor FM 200	22
Figura 8 – Câmara de ensaios	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Curva isométrica da pressão/temperatura do FM 200	24
Gráfico 02: Influência das trocas de ar na cobertura de detectores de fumaça	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Concentração NOAEL e LOAEL em % v/v	15
Tabela 2 - Agentes limpos incluídos na NFPA edição 2004	15
Tabela 3 - Características do agente extintor FM200	17
Tabela 4 - Características do agente extintor CO ₂	27
Tabela 5 - Influência das trocas de ar na área de cobertura de detectores de fumaça	33
Tabela 6 - Resultado das trocas de ar na área de cobertura de detectores de fumaça	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

NFPA	National Fire Protection Association
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
NBR	Norma Brasileira Regulamentada
CFC	CloroFluorCarbonos
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level
LOAEL	Lowest Observable Adverse Effect Level
UL	Underwriters Laboratories
FM	Factory Mutual
CO2	Dióxido de Carbono
ADS	Advanced Delivery System
ADA	Agent Distribution Assembly
PVC	Policloreto de Vinila
°C	Graus Celsius
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.2. JUSTIFICATIVA	2
2. REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1. A HISTÓRIA DO FOGO	4
2.2. SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO	5
2.3. SISTEMAS DE COMBATE A INCÊNDIO	12
2.3.1. AGENTE FM 200	16
2.3.1.1. FORMAS DE UTILIZAÇÃO DO AGENTE FM 200	18
2.3.2. AGENTE DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂)	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS	28
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	32
5. CONCLUSÃO	38
6. REFERÊNCIAS	39
7. ANEXOS	40
ANEXO A – Certificação de equipamentos de proteção contra incêndio	40
ANEXO B – Perfil UL	43
ANEXO C – Ensaio práticos de detectores de fumaça	44
ANEXO D – Concentrações de projeto para risco Classe	49
ANEXO E – Inundação total de FM 200	50

1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia, em razão da intensa aplicação da tecnologia da informação, desde seu projeto até a sua implantação e uso, passou-se a exigir maior segurança contra incêndio na proteção dos equipamentos.

Os problemas advindos desta situação já estão provocando um movimento no sentido de se encontrar um caminho comum, ou seja, integrar da melhor forma possível à segurança elétrica, a segurança contra incêndio e a segurança e qualidade do meio ambiente. Em recente artigo publicado pela revista *NFPA Journal Latinoamericano* (edição de setembro/2005), fica demonstrada essa preocupação, pois entidades e associações de respeito geradoras das normas e códigos *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) e a *National Fire Protection Association* (NFPA) resolveram trabalhar juntos para, de alguma forma, integrar as normativas, aumentando e garantindo a segurança das pessoas.

Um dos itens mais importantes contra o incêndio é a prevenção. Detectar algum princípio de incêndio o mais rápido possível diminui drasticamente a possibilidade de um evento transformar-se em algo catastrófico e fora de controle. Junto com a rápida detecção está a interligação do sistema de detecção e combate a incêndio ao sistema de ar condicionado, pois muitas vezes este sistema pode prejudicar a eficiência dos detectores de fumaça.

Tanto é verdade que hoje se investe mais em tecnologia de prevenção exatamente para se evitar a evolução do sinistro.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é mostrar aos leitores e usuários de sistemas de detecção e combate a incêndio, a importância de verificar a influência que um sistema de ar condicionado pode ter sobre aqueles sistemas, assim como escolher e instalar um sistema de proteção contra incêndio.

Antes de escolher um sistema de proteção é necessário analisar o ambiente e as características do equipamento que será protegido.

Para isso, este trabalho mostra alguns dados que nos ajudam a verificar qual o melhor sistema de detecção a ser instalado. Através da tabela do anexo B da norma NBR 9441, e alguns testes realizados em laboratório, vamos analisar, verificar os dados, discutir e propor soluções para que a influência do sistema de ar condicionado não prejudique a detecção e o combate a incêndio.

1.2 JUSTIFICATIVA

Sistemas de proteção contra incêndio foram desenvolvidos para proteger equipamentos de alto valor e principalmente proteger a vida dos trabalhadores.

Muitos sistemas são projetados e instalados incorretamente, colocando em risco os equipamentos e a vida dos trabalhadores. Apesar de existirem normas, tanto nacionais quanto internacionais, 80% dos clientes desconhecem as exigências que são adotadas em cada uma.

Isto porque, os sistemas de proteção contra incêndio são vistos como itens exigidos por seguradoras a fim de se reduzir o valor do seguro da propriedade, e não sistemas de segurança projetados para garantir o funcionamento dos equipamentos e assegurar a qualidade de vida dos funcionários que trabalham no local.

De acordo com a tabela do anexo B, da norma NBR 9441, e testes realizados em laboratório, verificaremos os resultados a fim de comprovar a influência que um sistema de ar condicionado pode ter na eficiência dos detectores de fumaça.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1A HISTÓRIA DO FOGO

Durante milhares de anos o fogo foi assunto de mistério, medo, superstição e adoração. Os homens primitivos associavam fogo à catástrofe. Muitas vezes eles se apavoravam ao ver raios incendiando florestas e vulcões em erupção, transformando as paisagens num inferno de lava incandescente. Ainda hoje, quando sentamos perto de uma fogueira, nossa imaginação cria estranhas visões nas chamas ardentes.

De acordo com a revista *NFPA Journal* (edição de setembro/2005), em certa época da evolução, o homem aprendeu a dominar o fogo. Nas cavernas foram encontrados vestígios do uso do fogo pelo homem de Neanderthal há 50.000 anos e pelo homem de Pequim há 250.000 anos. Esses e outros homens primitivos descobriram como usar o fogo para aquecimento, para cozinhar o alimento, para proteger-se contra animais selvagens e como tocha flamejante na escuridão da noite.

Com o passar do tempo o homem procura meios mais simples de obter fogo. Até épocas relativamente recentes, a produção do fogo era tão difícil que o homem seria capaz de percorrer quilômetros para aproveitar a chama de um fogo já aceso, em vez de tentar obtê-lo onde estivesse. Para produzir fogo, o homem primitivo esfregava dois gravetos com a mão, servindo-se de um arco ou atritando uma pedra de tal forma que se produzia uma faísca. No processo do arco e da broca girava-se rapidamente um graveto num orifício existente em um pedaço de madeira macia. A fricção produzia uma poeira fina e inflamável e o calor capaz de incendiar o pó. A pequenina chama produzida dessa forma era usada para acender pequenas mechas - pedaços de cortiça, capim seco ou o revestimento de algumas sementes. A tocha

em fogo era, então, utilizada para acender galhos e troncos anteriormente preparados.

Apesar de o fogo ser grande auxiliar do homem, é também um de seus maiores inimigos em potencial. De dois em dois minutos ocorre um incêndio num lar do Brasil. Em cada hora morre pelo menos uma pessoa em consequência de incêndios.

Do ponto de vista científico, o fogo ocorre quando estão presentes os três fatores: combustível oxigênio e calor suficiente para levar o combustível ao ponto de ignição. Por trás desses três fatores está o próprio homem, responsável por três quartos dos incêndios destruidores, devido à falta de precaução ou descuido. A quarta parte restante tem causas diversas, possivelmente estáveis.

Os incêndios nas florestas são quase todos iniciados pelo descuido de fumantes ou de pessoas que, estejam acampadas. Cerca de quarenta incêndios domésticos diários são causados pelo esquecimento de ferros elétricos ligados. A falta de cuidado no uso de fósforo e hábitos descuidados de fumar são as principais causas de incêndios.

Outras causas comuns são fios elétricos em mau estado, defeitos da ignição dos automóveis, esquecimento de desligar o fogão elétrico ou a gás, defeitos nos fornos, falta de cuidado com a gasolina ou qualquer outro líquido inflamável¹.

2.2 SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

Atualmente, em razão da intensa aplicação da tecnologia TI, desde seu projeto até a sua implantação e uso, passou-se a exigir maior segurança contra incêndio na proteção dos equipamentos.

Os problemas advindos desta situação já estão provocando um movimento no sentido de se encontrar um caminho comum, ou seja, integrar da melhor forma

¹ Informação fornecida no curso do 15º Batalhão do Corpo de Bombeiro do Estado de São Paulo, realizado em 2006 na cidade de Campinas/SP.

possível à segurança elétrica, a segurança contra incêndio e a segurança e qualidade do meio ambiente.

Em recente artigo publicado pela revista *NFPA Journal Latinoamericano* (edição de setembro/2005), fica demonstrada essa preocupação, pois entidades e associações de respeito geradoras das normas e códigos *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) e a *National Fire Protection Association* (NFPA) resolveram trabalhar lado a lado para, de alguma forma, integrar as normativas para aumentar e garantir a segurança das pessoas que trabalham com eletricidade.

O incêndio é o resultado da combinação de quatro elementos:

- Combustível;
- Oxigênio;
- Calor;
- Reação em cadeia.



Figura 1. Tetraedro do Fogo.
Fonte: Bentrano (2005, p.45)

Isso significa que em qualquer lugar onde essa combinação seja possível, o perigo está literalmente no ar. Por esse motivo, o sistema de detecção e combate a incêndio deve ser considerado um item de extrema importância em qualquer empreendimento.

A proteção ativa é constituída de instalações de equipamentos de proteção contra incêndio que necessitam de um acionamento manual ou automático para garantir seu funcionamento em caso de incêndio. Estas instalações têm como

objetivo a rápida detecção do incêndio, o alerta aos usuários para o abandono seguro e o eficiente combate e controle do fogo. Dentre os principais sistemas de proteção ativa estão:

- Sistema de alarme manual de incêndio (botoeiras ou acionadores manuais);
- Sistema de detecção e alarme automático de incêndio (detector de fumaça, temperatura, chama e gás, ligados a alarmes automáticos);
- Sistema de combate manual de incêndios (extintores e hidrantes);
- Sistema de extinção automática de incêndio (chuveiros automáticos (sprinklers) e sistemas especiais de água (dilúvio) ou agentes limpos, como por exemplo: FM 200; CO2, NOVEC, ARGONITE, etc).

Desde a invenção do detector de incêndio em 1940², empresas de sistema de detecção e combate a incêndio vêm investindo fortemente em novas tecnologias para assegurar que:

- O princípio de incêndio seja rapidamente detectado e reportado;
- As providências adequadas sejam tomadas de forma eficaz e precisa;
- O incêndio seja controlado e extinto causando o menor dano possível às propriedades e bens para assim garantir a continuidade de seus negócios.

Para que se defina o tipo de proteção adequada, é preciso conhecer as características do equipamento a ser protegido e, no caso de um princípio de incêndio, esta análise de risco prévia dirá ao projetista do sistema de proteção qual dos fenômenos abaixo irá ocorrer com maior rapidez, indicando o tipo de detecção e extinção a ser adotado para o equipamento:

- Fumaça;
- Temperatura;
- Chama;

² Informação disponível em: <HTTP:// www.siemens.com.br/sbt >. Acesso em: 11 julho 2007.

- Gás.

No caso de equipamentos elétricos, devido às suas características construtivas e aos materiais empregados na sua fabricação e montagem, um princípio de incêndio causa, na grande maioria das vezes, uma emissão de gases de combustão na fase inicial, seguida de fumaça cuja quantidade aumenta, nessa segunda fase, rapidamente. A fase da geração de fumaça pode se prolongar dependendo das características do equipamento, como por exemplo, máquinas elétricas, painéis elétricos e de comando, transformadores, etc. para então termos a geração de chamas³.

Porém, em função da evolução tecnológica, praticamente qualquer equipamento elétrico sofre danos consideráveis já na fase inicial, ou seja, já na emissão de gases de combustão sem fumaça visível, pois placas de circuitos eletrônicos já sofreram danos irreversíveis, levando a falhas de funcionamento e conseqüentemente parada de outros equipamentos e máquinas dependentes deste primeiro elemento.

Quanto mais rápido se detectar um problema, maiores serão as chances de eliminá-lo ou reduzir consideravelmente os potenciais dos danos causados pelo fogo.

Basicamente, devem ser analisados cinco itens relativos à detecção:

- Detecção no ambiente;
- Detecção no entre piso;
- Detecção no entre forro;
- Detecção interna de máquinas e/ou equipamentos;
- Presença de ar condicionado, fluxo de ar e quantidade de trocas de ar/hora.

³ Artigo publicado pela revista NFPA *Journal Latinoamericano* (edição de setembro/2005).

Para detecção no ambiente, deve-se então analisar como o ambiente no entorno do equipamento a ser protegido irá influenciar nos resultados e na capacidade de detecção do sistema adotado. O mesmo acontece para a detecção no entre piso e entre forro, pois geralmente os cabos que alimentam os equipamentos estão presentes nestes dois ambientes.

Na detecção interna de máquinas e/ou equipamentos devem-se também levar em consideração diversos itens que podem se não inviabilizar, pelo menos dificultar ou baixar a qualidade da detecção a níveis não aceitáveis do ponto de vista da segurança:

- Configuração interna do equipamento;
- Fluxo de ar de refrigeração, se natural ou forçada;
- Tipo de componentes e/ou materiais construtivos utilizados;
- Tipo de máquina a ser protegida.

Geralmente, em ambientes fechados, as máquinas são resfriadas por baixo, onde o insuflamento do ar condicionado está instalado no piso falso da sala e o retorno do ar é feito por cima.

Apesar das potenciais dificuldades encontradas, hoje em dia existem alternativas técnicas que podem de forma individual ou em conjunto apresentar soluções perfeitamente aceitáveis e de acordo com os padrões exigidos pelas normas e seguradoras, entre elas:

- Detecção de fumaça tipo pontual fotoelétrica ou iônica;
- Detecção de temperatura tipo pontual;
- Detecção por cabo sensor pressurizado;
- Detecção linear;
- Detecção por amostragem de ar;

- Detecção de chama;
- Detecção de gás.

Todos os sistemas, acima apresentados, possuem vantagens e desvantagens, e, portanto a melhor forma de garantir uma proteção correta e confiável passa pela análise do risco do que será protegido e do ambiente no qual está inserido o equipamento e/ou máquina.

Para proteção dos equipamentos inseridos em um ambiente fechado, com altura inferior a 8 (oito) metros, tem-se a clássica e conhecida detecção de fumaça ou temperatura por meio de detectores pontuais, que podem ser convencionais, analógicos ou digitais (inteligentes). Esses elementos devem ser distribuídos conforme o layout da sala, sendo importante considerar os seguintes itens na execução do projeto:

1. Tipo de ventilação do ambiente.

Dependendo da potência de insuflamento de ar; quantidade de trocas de ar no ambiente, distribuição das grelhas; entre outros, deverão ser definidas a quantidade e a disposição dos pontos de detecção. A norma NBR 9441 apresenta uma tabela que relaciona a área de cobertura dos detectores em função da quantidade de ar trocada no ambiente.

2. Ambiente no qual os equipamentos estão inseridos.

Qual o layout e a disposição dos equipamentos? Qual a compartimentação do ambiente? A área é aberta ou particionada por divisórias? Os equipamentos como gabinetes e armários podem complicar a circulação da fumaça no ambiente? O ambiente possui sistema de ar condicionado? Quantas trocas de ar/hora são realizadas?

Estas perguntas devem ser feitas antes de se projetar ou escolher o sistema a ser instalado. Outro item muito importante a ser considerado é a contaminação do ar, isto porque se por qualquer motivo existir um nível alto de partículas tais como gases, névoas ou poeira, o sistema poderá não operar corretamente e causar um nível de falsos alarmes ou falhas inaceitáveis.

3. Qual o tipo de detecção que deverá ser utilizada: fumaça, temperatura ou chama?

Os equipamentos elétricos, quando sofrem uma pane, de uma forma geral superaquecem e emitem muita fumaça antes de realmente chegarem ao estágio das chamas, sendo, portanto recomendada a utilização de detectores de fumaça. A quantidade de detectores vai depender tanto do layout do ambiente a ser protegido quanto da ventilação e refrigeração. É possível uma situação tal que as trocas de ar, assim como, o seu fluxo de ar no ambiente podem simplesmente provocar uma situação de elevada diluição da fumaça e gases, o que provocaria um tempo de resposta do sistema inaceitável, forçando o projetista a procurar outro tipo de proteção.

Com base nas análises acima descritas, podemos então partir para exemplificar alguns sistemas que atenderiam às necessidades de proteção do ambiente, tais como:

- Sistema baseado em detectores pontuais de fumaça e/ou temperatura do tipo convencional, analógico ou inteligente, quando o sistema de ar condicionado não efetuar mais do que 8,6 trocas de ar/hora. O quantitativo de pontos sofrerá influência em função da área ou áreas a serem protegidas, bem como da compartimentação das mesmas; influência da ventilação e refrigeração em função da diluição da fumaça.

- Sistema por amostragem de ar.

No caso da aplicação de sistema de detecção de fumaça por aspiração, as vantagens advêm da pouca influência da ventilação e refrigeração, por possuir filtros internos reduzindo ao mínimo o problema de falsos alarmes ou falhas por contaminação, além do tempo de resposta muito rápido em razão das características técnicas dessa tecnologia.

- Detecção de temperatura por tubo pressurizado.

O sistema apresenta também como vantagem uma rápida detecção, além de ser praticamente imune a influência por ambientes agressivos contendo gases corrosivos, altamente contaminados por névoas, poeira, óleo, etc. Outra característica positiva é a sua flexibilidade de montagem nos diversos ambientes, não necessitando de infra-estrutura pesada como no caso de sistemas pontuais.

Este tipo de detecção também é empregado em casos mais específicos, como túneis de cabos e aplicações na qual o cabo é passado ao redor do equipamento elétrico a ser protegido.

Outra questão importante é que, na maioria das vezes, a extinção pode causar mais danos que o próprio fogo, portanto, também são necessários critérios para a extinção das chamas.

2.3 SISTEMAS DE COMBATE A INCÊNDIO

O agente extintor mais utilizado para a extinção de incêndio classe C ⁴, era o gás halon 1301. No entanto o Protocolo de Montreal, assinado em 16 de setembro de 1987 por 46 países, que está em vigor há quase duas décadas, exigiu cortes de 50% em relação aos níveis de 1986, tanto na produção quanto no consumo de cinco

⁴ Classe C – Incêndios que envolvem equipamentos elétricos energizados.

principais clorofluorcarbonos (CFC) até 1999. A produção e o consumo de três halons principais foram congelados devido ao agente destruir a camada de ozônio.

Em março de 1988 foi publicado o relatório da Comissão de Tendências do Ozônio, revisando particularmente evidências de expedições antárticas dos Estados Unidos em 1986 e 1987, que forneceu, pela primeira vez, argumentos convincentes de ligação entre a destruição do ozônio e os CFCs.

Oposições aconteceram e países que ratificaram o protocolo de controle de substâncias perderam a força, e a indústria passou a concentrar recursos no desenvolvimento de alternativas aos gases não destruidores de ozônio.

Uma característica importante do Protocolo de Montreal era sua flexibilidade, planejada para permitir seu futuro desenvolvimento à luz de novos conhecimentos científicos e avanços tecnológicos. Mesmo antes de entrar em vigor, em 1º de janeiro de 1989, planos estavam sendo efetuados para fortalecer suas condições, avançando-se cronogramas de eliminação para os CFCs e halons nele especificados e acrescentando mais produtos químicos à lista de produtos nocivos ao planeta.

Os chamados agentes limpos ou gases alternativos ao halon 1301 estão relacionados na norma *Clean Agent Fire Extinguishing System – NFPA 2001* (*National Fire Protection Association*) e os requisitos técnicos para sua aplicação, projetos e limitações estão regulamentadas no mesmo documento. A norma original foi publicada em 1994 e sofreu revisões posteriores. Nela encontramos todos os agentes gasosos aprovados e certificados para o uso em sistemas de combate a incêndios em ambientes normalmente ocupados por pessoas.

Entre os agentes aprovados, um tem apresentado maior comercialização e aceitação no Brasil, o chamado FM 200, produzido pelo laboratório americano *Great Lakes Chemical Corporation*, hoje denominado *Chemtura*.

Devido a processos físico-químicos diferentes no combate a incêndios, a norma NFPA 2001 separa os agentes gasosos em dois grupos distintos.

O primeiro grupo, destinado aos gases inertes, combate incêndios reduzindo a concentração de oxigênio presente no ar até 12% em volume, que, segundo a norma NFPA 2001, é a mínima concentração de O₂ sem riscos para a respiração humana. São formados basicamente por uma composição de argônio e nitrogênio e são representados pelos produtos argonite, argon e inergen.

Com a finalidade de garantir a segurança em ambientes normalmente ocupados, a norma NFPA 2001, limita o tempo de exposição em seres humanos em cinco minutos, na concentração de *No Observed Adverse Effect Level* (NOAEL). Isto significa que, em ambientes normalmente ocupados por pessoas, a norma limita a utilização de agentes gasosos a concentrações que não podem provocar efeitos nocivos à saúde, tais como problemas respiratórios, intoxicação, taquicardia, etc. Em termos práticos, por exemplo, o gás FM 200 é projetado para uma concentração entre 6,25% a 9% e os gases inertes de 37% a 43% (NOAEL).

Outro parâmetro conhecido é o *Lowest Observable Adverse Effect Level* (LOAEL) que mede a menor concentração para a qual os primeiros efeitos toxicológicos e fisiológicos são observados, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Concentração NOAEL e LOAEL em % v/v.

Nome Genérico	Mínima Concentração de Projeto	NOAEL	LOAEL
Halon 1301	5.0	5.0	7.5
FM 200	6.25	9.0	10.5
FE-13	18.0	30.0	50.0
Novec 1230	4.2	>10	
FE-25	8.0	7.5	10.0

Fonte: NFPA 2001 edição 2004.

De acordo com a NFPA 2001, para ser considerado um agente extintor limpo o produto deve atender as seguintes condições:

- Possuir propriedades extintoras;
- Não ser tóxico às pessoas na concentração de projeto;
- Não deixar resíduos nem ser corrosivo após a aplicação;
- Não ser condutor de energia;
- Ser ambientalmente seguro;
- Ser tridimensional ou gasoso.

A Tabela 2 apresenta a relação de todos os produtos aprovados como agentes extintores limpos e incluídos na NFPA 2001 edição de 2004.

Tabela 2 – Agentes limpos incluídos na NFPA edição 2004.

Nome Genérico	Nome Comercial	Grupo	Composição Química
HFC-23	FE-13	HFC	CHF ₃
HFC-125	FE-25	HFC	CF ₃ CHF ₂
HFC-227ea	FM-200	HFC	CF ₃ CFCF ₃
HFC-236fa	FE-36	HFC	CF ₃ CH ₂ CF ₃
FK-5-1-12	Novec 230 Fluid	HFE	CF ₃ CF ₂ C(O)CF(CF ₃) ₂
IG-01	Argotec	Inert Gas	A
IG-100	NN100	Inert Gas	N ₂
IG-55	Argonite Inert	Gas Blend	N ₂ +A
IG-541	Inergen Inert	Gas Blend	N ₂ +A+CO ₂

Fonte: NFPA 2001 edição 2004.

A escolha do agente extintor dependerá de análise técnica e financeira, assim como de alguns fatores importantes para a garantia de manutenção da confiabilidade do sistema:

- Adequação do agente extintor ao tipo de incêndio esperado;
- Tempo de extinção;
- Toxicidade x concentração de projeto;
- Espaço de armazenamento;
- Pressão de armazenamento x Efeitos da descarga;
- Segurança ambiental;
- Compatibilidade com materiais do risco protegido;
- Disponibilidade do agente extintor no mercado nacional em solução de longo termo através de canal de distribuição confiável e com homologação Underwriters Laboratories USA (UL) e Factory Mutual USA (FM).
- Disponibilidade de estação de recarga no mercado nacional, com homologação de organismo confiável;
- Disponibilidade de equipamento para aplicação do agente extintor com aprovação UL e FM ou equivalente;
- Aspectos econômicos.

Para efeito de trabalho, apresentarei os agentes FM 200 e CO₂ que são mais utilizados no Brasil, apesar de existirem outros agentes, como por exemplo os agentes Novec 1230, Argonite, entre outros.

2.3.1 AGENTE FM 200

A implantação de sistemas fixos de gás FM 200 no Brasil apresentou como grande impulso o crescimento da telefonia nos anos 90, sendo adotados como

sistema de proteção contra incêndio padrão nas centenas de estações de telefonia celular em todo o País.

Quimicamente o FM 200 é o heptafluoropropano ($\text{CF}_3\text{CHF}\text{CF}_3$) que, em condições normais, é um gás incolor, inodoro, não condutor de eletricidade e que por não deixar resíduo e não danificar a camada de ozônio é considerado um agente limpo. O agente FM 200 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.

Tabela 3 - Características do agente extintor FM200

HEPTAFLUOROPROPANO – PROPRIEDADES FÍSICAS	
Nome químico	Heptafluoropropano
Fórmula Química	$\text{CF}_3\text{CHF}\text{CF}_3$
ODP (Ozone Depletion Potential)	0
GWP (Global Warming Potential)	2900
Peso molecular	170
Temperatura crítica	101.7°C
Pressão crítica	29.12 bar
Densidade a 20° C	1407 kg/m ³
Densidade de carga	1.15 kg/l
NOAEL	9%
LOAEL	10.5%
Tempo de descarga	10 segundos
Concentração de projeto	7,0% **

Fonte: NFPA 2001 edição 2004.

** A concentração de projeto depende do risco a ser protegido. Neste caso, risco classe C sem desligamento da energia elétrica. Quando protegemos equipamentos energizados que são desligados num princípio de incêndio, podemos utilizar a concentração de 6,25%, pois os mesmos funcionam como material sólido – classe A.

A extinção do fogo se dá por uma ação químico-física, atuando sobre a chama, não alterando significativamente a concentração de oxigênio do ambiente. Portanto, o FM 200, tem um nível de toxicidade aceitável, podendo ser usado em ambientes ocupados por pessoas, respeitando a norma NFPA 2001.

Embora o FM 200 seja considerado não tóxico para seres humanos na concentração necessária para extinção do fogo, deve-se evitar a exposição

desnecessária ao gás, pois no momento do combate pode haver a liberação de produtos decompostos resultantes do contato do agente com o fogo ou outros combustíveis. Normalmente, como agente é descarregado em 10 segundos ou menos (limitando-se em 6 segundos), causando uma rápida extinção das chamas, a quantidade de produtos formados é mínima.

O FM 200 é efetivo na extinção de diversos tipos de riscos, como:

- Líquidos inflamáveis;
- Equipamentos elétricos tais como: transformadores, geradores elétricos, disjuntores, etc;
- Fitotecas;
- Equipamentos eletrônicos de controle e processamento;
- Combustíveis sólidos como: papel, madeira e tecidos.

O FM 200, inicialmente, age resfriando fisicamente a chama no nível molecular. Por ser um excelente condutor térmico, literalmente remove energia térmica do incêndio, a tal ponto que a reação de combustão não consegue se sustentar.

Simultaneamente, a ação química do FM 200, através dos radicais livres agindo sobre o fogo, definitivamente inibe a reação em cadeia entre combustível, comburente e calor, interrompendo a combustão.

2.3.1.1 FORMAS DE UTILIZAÇÃO DO AGENTE FM 200

A instalação do sistema de FM 200 pode ser feita de três maneiras distintas, dependendo do tipo de equipamento utilizado.

SISTEMA IN CABINET

No modo de aplicação da Figura 2, temos o sistema In-Cabinet projetado especificamente para proteger pequenos equipamentos, de elevado valor, onde a proteção necessita ser localizada.

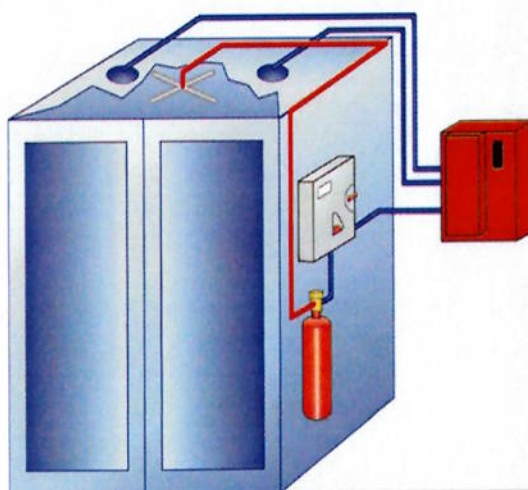


Figura 2. Sistema In-cabinet
Fonte: Kidde Brasil

Esta aplicação é mais barata em relação às outras, pois além de não utilizarem muita infra-estrutura, as mesmas podem ser utilizadas de cobre ou aço inoxidável. Veja alguns exemplos na Figura 3.



Figura 3. Exemplos de aplicação do Sistema In-cabinet
Fonte: Kidde Brasil

Os difusores de descarga também não são os mesmos utilizados em aplicações de Sistemas *Advanced Delivery System* (ADS) ou ECS. A Kidde

desenvolveu e patenteou o *Agent Distribution Assembly* (ADA) que distribui uniformemente o agente FM 200, assim como diminui o impacto da descarga nos equipamentos (Figura 4).



Figura 4. Difusor de descarga ADA
Fonte: Kidde Brasil

Para estas aplicações não é necessário utilizar softwares de cálculos hidráulicos. Basta utilizar o manual do sistema para encontrar a maneira correta de projetar o sistema.

SISTEMA ADS

O sistema ADS FM 200 possui aprovação UL e FM. Estes sistemas são designados para aplicação de inundação total, de acordo com a NFPA 2001.

Para aplicação da Figura 5, temos a instalação do sistema ADS, na qual utiliza um cilindro de nitrogênio interligado ao cilindro do agente extintor. Na Figura 5, o cilindro de nitrogênio é representado pela cor preta e o cilindro do agente extintor pela cor vermelha.



Figura 5. Sistema ADS
Fonte: Kidde Brasil

Na Figura 6, temos uma bateria de cilindros de FM 200 comandada por um cilindro de nitrogênio.

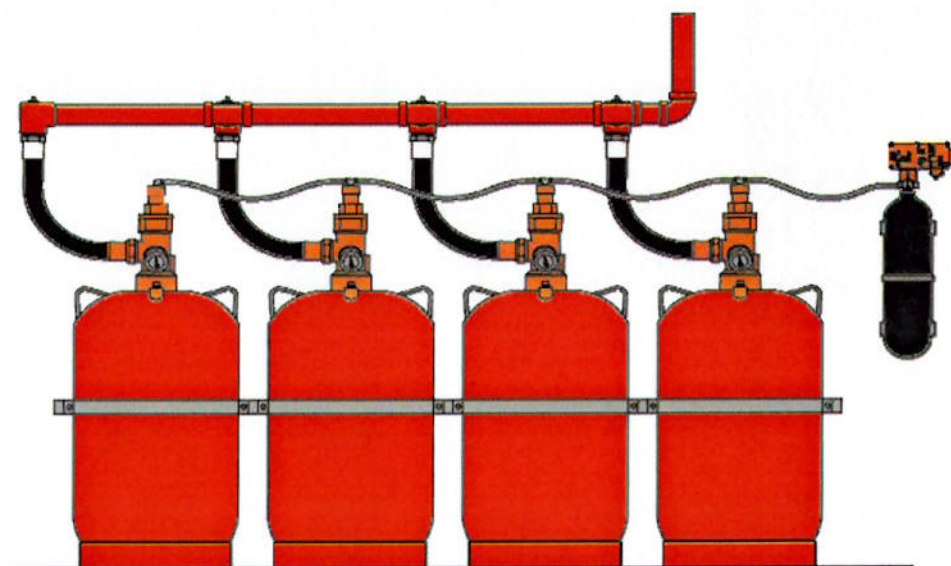


Figura 6. Bateria de cilindros do sistema ADS
Fonte: Kidde Brasil

Uma das grandes vantagens deste sistema em relação ao sistema ECS é que o cilindro do agente extintor é utilizado apenas para armazenamento do agente,

fazendo com que, em alguns casos, a quantidade de cilindro diminua, reduzindo o custo da instalação.

Para este sistema, assim como para o sistema ECS, empresas desenvolveram um software, com certificação UL e FM, que faz toda análise da concentração de gás em cada trecho da tubulação do sistema, assim como nos auxilia a calcular a quantidade de gás necessária para extinguir um princípio de incêndio no ambiente a ser protegido.

Sistemas que protegem riscos Classe A ou Classe C, a concentração mínima de projeto 6,25% por ser utilizada. Vale ressaltar que para utilizar esta concentração em Classe C, temos que garantir que todos os equipamentos elétricos estejam desenergizados antes do disparo do agente extintor.

Já sistemas que protegem riscos Classe B, é necessário verificar a concentração de projeto conforme Anexo D.

SISTEMA ECS

A principal diferença entre o sistema ECS e o ADS é que no sistema ECS, o nitrogênio é armazenado no mesmo cilindro que o agente extintor, conforme Figura 7. Este tipo de sistema é encontrado em 99% das instalações brasileiras.

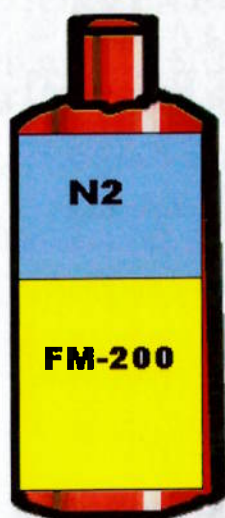


Figura 7. Cilindro contendo nitrogênio e agente extintor FM 200.
Fonte: Kidde Brasil

O sistema ECS é listado pela UL e aprovado pela FM. Estes sistemas são projetados para inundação total do ambiente, de acordo com a norma NFPA 2001.

A complexidade do projeto destes sistemas, tanto o sistema ADS quanto o ECS, não permite nenhum método simples de cálculo manual. Por esta razão, os cálculos de fluxo do agente e os critérios de projeto foram incorporados em um software aprovado pela UL e FM.

A rotina do programa calcula o fluxo do agente em etapas, que vai do início da descarga ao término.

O projetista do sistema deve estar familiarizado com as regras e normas, para que os parâmetros de entrada estejam coerentes com o funcionamento correto do sistema. Há um número de limitações a estes parâmetros de entrada que devem ser observados a fim de se obter resultados satisfatórios.

O sistema ECS combina um agente ambiental seguro, dispositivos altamente eficazes e especialmente desenvolvidos para uma rápida descarga do agente.

Os cilindros, contendo o agente extintor e nitrogênio, podem ser instalados na área protegida, diminuindo a tubulação.

A temperatura de operação para todos os componentes do sistema ECS é de 0°C a 54°C. O software de cálculo do sistema ECS é projetado para uma temperatura padrão de 21°C. No entanto, alguns ambientes podem trabalhar com uma temperatura maior, por exemplo, em uma faixa de 16° C a 27°C.

Esta informação é muito importante para o cálculo, pois se a temperatura inserida no programa não estiver correta, uma quantidade insuficiente de gás pode ser descarregada em um ou mais difusores de descarga. Esse dado é um dos principais parâmetros de entrada.

O agente FM 200 é armazenado, na forma líquida, em cilindros de aço em uma pressão de 25 bar a uma temperatura de 21°C. A pressão de armazenamento varia substancialmente com a troca de temperatura, conforme Gráfico 1. Quando descarregado, o FM 200 vaporiza nos difusores e distribui uniformemente para as áreas protegidas.

Portanto, temos outro parâmetro de entrada muito importante para o funcionamento correto do sistema.

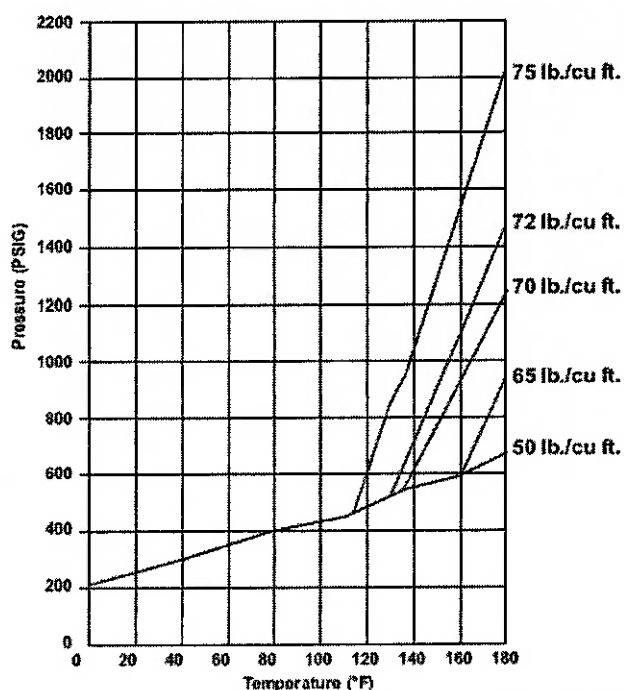


Gráfico 1. Curva isométrica da pressão/temperatura do FM 200.
Fonte: Kidde Brasil

Para determinarmos a quantidade necessária de FM 200 devemos multiplicar o volume total da área protegida pelo fator multiplicador da tabela do Anexo E correspondente a temperatura e concentração de projeto desejada

Da mesma forma que o sistema ADS, sistemas que protegem riscos classe A ou C, a concentração de projeto de 7,0%, utilizando mecanismos de atuação automática, pode ser utilizada. Caso os equipamentos, antes da descarga estejam desenergizados, a concentração de 6,25% pode ser utilizada.

Para todos os sistemas que protegem riscos classe A ou C, atuados somente por meios manuais, uma concentração de projeto de 7,6% deve ser usada conforme NFPA 2001.

2.3.2 AGENTE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

O Dióxido de Carbono (CO₂) tem sido utilizado por muitos anos como agente extintor indicado principalmente para a proteção de incêndios envolvendo equipamentos energizados: salas elétricas, subestações elétricas, depósitos de líquidos inflamáveis e, em menor escala, incêndios envolvendo materiais típicos da classe A como papéis, plásticos, etc.

É um agente incolor, inodoro, eletricamente não condutor, não reagente com a maioria das substâncias e não deixa resíduo o que o torna uma interessante alternativa para o combate a incêndio.

No entanto, nos últimos anos nota-se especial atenção da NFPA à segurança física das pessoas, como no caso da NFPA 12, sistemas de CO₂, revisada em 2005, que proíbe, com algumas exceções, a instalação de sistemas de CO₂ por inundação total em ambientes normalmente ocupados por pessoas.

Os sistemas de extinção de incêndio com CO₂ são utilizados dentro dos limites determinados pela norma NFPA 12 para riscos específicos ou equipamentos nas seguintes ocupações:

- Onde um agente inerte e eletricamente não condutivo seja essencial;
- Onde o agente não possa deixar resíduo;
- Onde sua instalação represente maior economia quando comparada a outros sistemas;
- Local não ocupado ou freqüentado por seres humanos.

Outros riscos em equipamentos que os sistemas de dióxido de carbono podem proteger satisfatoriamente incluem:

- Depósitos de líquidos inflamáveis;
- Riscos elétricos, como: transformadores, quadros elétricos, no-breaks, equipamentos rotativos e equipamentos eletrônicos;
- Combustíveis como: papel, madeira, têxteis, além de riscos sólidos.

Existem dois mecanismos principais pelos quais o CO_2 extingue o fogo. O efeito mais importante é o de redução do nível de oxigênio de 21% a um nível inferior a 15%. A maioria dos incêndios é incapaz de existir em uma atmosfera onde o nível de oxigênio tenha sido reduzido a 15%, ainda que alguns incêndios necessitem reduzir mais o nível de oxigênio para garantir a extinção. O segundo mecanismo pelo qual o dióxido de carbono apaga o fogo se dá pela absorção de calor e convertendo-se em uma espécie de nuvem de vapor durante a saída pelos difusores de descarga.

O CO_2 é armazenado em estado líquido nos cilindros e, no momento da descarga, uma considerável quantidade de líquido vaporiza, passando rapidamente a forma gasosa. Esta vaporização contribui para a absorção de calor, e conseqüente redução da temperatura.

O CO_2 reduz a concentração de oxigênio a níveis que resultam na impossibilidade de sobreviver, portanto aconselha-se tomar as devidas medidas de precaução.

Os sistemas atuais de dióxido de carbono deverão contar com um temporizador de disparo, chaves de bloqueio e sirenes de evacuação sempre que exista a possibilidade da presença de pessoas na área protegida.

Os projetos e cálculos dos sistemas deverão ser executados por profissional qualificado com experiência comprovada em sistemas de CO_2 e submetidos à

aprovação dos órgãos locais competentes. Os projetos deverão mostrar todos os detalhes de cálculo de concentração, isométricos de tubulação com os devidos diâmetros e encaminhamentos, detalhes dos cilindros e componentes.

A Tabela 4 apresenta as informações técnicas do agente extintor dióxido de carbono

Tabela 4 - Características do agente extintor CO₂

DIÓXIDO DE CARBONO – PROPRIEDADES FÍSICAS	
Nome químico	Dióxido de Carbono
Fórmula Química	CO ₂
ODP (Ozone Depletion Potential)	0
GWP (Global Warming Potential)	1
Peso molecular	44.01
Temperatura crítica	31.0°C
Pressão crítica	73.82 bar
Densidade a 20° C	777 kg/m ³
Densidade de carga	0.750 kg/l
Tempo de descarga	60 segundos

Fonte: NFPA 2001 edição 2004.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido com base em normas nacionais e internacionais, visitas técnicas realizadas durante inspeções solicitadas por clientes, testes realizados em laboratório, análise técnica de projetos após o sistema de proteção falhar no combate ao incêndio, tecnologias e métodos para escolher o sistema adequado a cada ambiente e equipamento protegido.

Para a realização dos testes, foram utilizados os seguintes materiais:

Materiais:

- 24 peças de fios de 1,5 mm², nas cores vermelha, azul, branco e preto e comprimento de 10cm;
- 24 peças de madeira de 1cm x 2cm x 5cm;
- Um aquecedor elétrico de 110/220 Vca, 1500W, com diâmetro de aproximadamente 200mm de diâmetro, resistência blindada e temperatura final de 600° C.

Testes realizados:

1. Madeira (queima sem chama)

- Devem ser utilizados pedaços de madeira de pinho, com dimensões de 1cm x 2cm x 3,5cm, secos durante 48h em estufa ventilada, com temperatura de (60 +/- 3)°C;
- Os pedaços de madeira devem ser posicionados sobre um aquecedor com diâmetro de aproximadamente 220 mm, conforme Figura 03 do Anexo C;
- O aquecedor deve ser capaz de elevar a temperatura na superfície a 600°C, em 11 min. Deve-se tomar cuidado para evitar a formação de chamas.

2. PVC (queima sem chama)

- Devem ser utilizados pedaços de fios rígidos, com capa de revestimento feito à base de PVC, seção transversal de $1,5 \text{ mm}^2$, comprimento de 10 cm, isolamento mínima de 1000 Vca, em quantidades iguais, nas cores branca, preta, azul e vermelha e sem retirar o condutor elétrico de cobre;
- Os pedaços de fios elétricos devem ser posicionados sobre um aquecedor com diâmetro de aproximadamente 220 mm, conforme Figura 6 do Anexo C.

Com base na tabela do anexo B da norma NBR 9441, verificaremos a influência que um sistema de ar condicionado pode ter no princípio da detecção da fumaça, assim como no combate a incêndio. Isto porque, quanto mais trocas de ar/hora no ambiente, menor é o raio de ação dos detectores de fumaça.

O sistema de ar condicionado utilizado para esta simulação é um sistema tipo *Split*⁵.

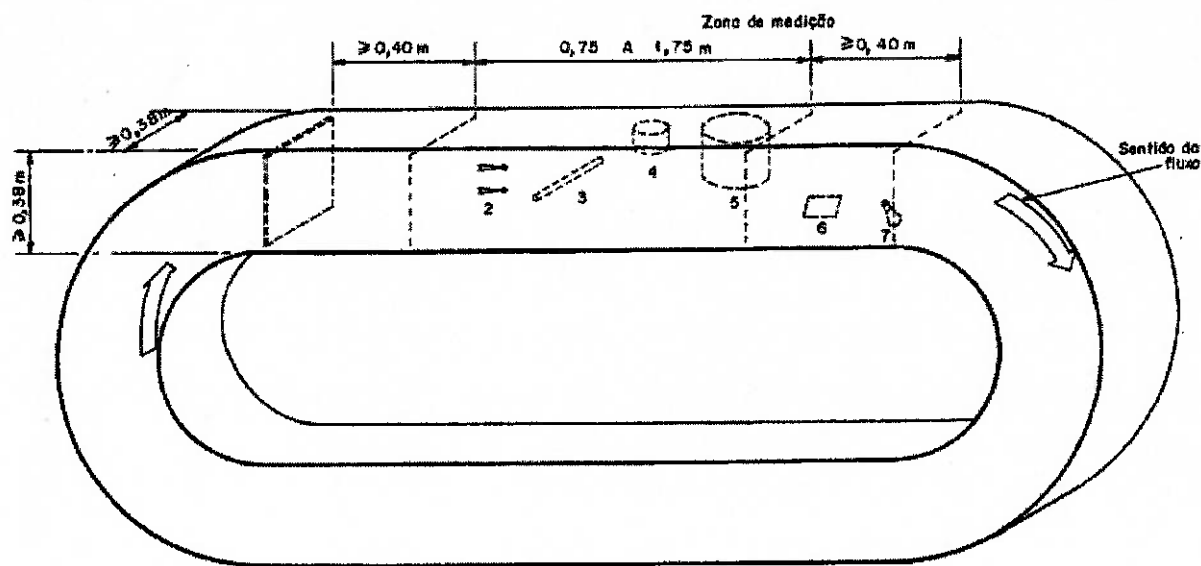
Para cada medição, foram realizados os três testes apresentados acima, pois o desgaste da queima do material poderia alterar o tempo de detecção do equipamento.

Método de ensaio:

O objetivo deste ensaio é avaliar o comportamento dos detectores ópticos de fumaça, em condições simuladas de incêndio, na qual existe a presença do sistema de ar condicionado. Para isto, os detectores de fumaça devem ser submetidos a diferentes tipos de fogo, conforme apresentado acima, em uma câmara de ensaios.

A disposição dos detectores e dos instrumentos de medição está apresentada na Figura 8. O teto da sala deve ser horizontal e possuir uma superfície plana.

⁵ Split: tem essa denominação pelo fato do sistema estar "dividido" em duas partes. O evaporador (refrigerador) fica *indoor* e o condensador fica *outdoor*



LEGENDA

- 1 - Conjunto de telas
- 2 - Medidores de velocidade e temperatura do ar
- 3 - Sistema óptico (princípio da transmissão de luz)
- 4 - Detector a ser ensaiado
- 5 - Câmara iônica de referência
- 6 - Aquecedor
- 7 - Gerador de aerossol

Figura 8 – Câmara de ensaios.
Fonte: Laboratório da Kidde, localizado na Noruega.

Devem ser providos os seguintes instrumentos de medição, no interior da sala de ensaios:

- Um medidor óptico de fumaça, baseado no princípio de transmissão de luz⁶;
- Uma câmara iônica de referência, para medição de detectores iônicos de fumaça. Caso este trabalho estamos utilizando apenas detectores ópticos de fumaça, e, portanto estes valores não serão avaliados;
- Um medidor de temperatura;
- Um aquecedor para queima sem chama, com medidor de temperatura;
- Dispositivos de suporte para fixação dos detectores de fumaça e aquecedor.

⁶ Transmissão de luz: Princípio de detecção baseado na luz de uma fonte visível ou invisível, incidindo diretamente sobre uma célula ou elemento fotossensível. A passagem de fumaça ou gases de combustão obscurece a luz recebida, provocando diminuição do sinal obtido, que é proporcional à concentração de partículas.

O detector óptico de fumaça deve ser instalado na câmara de ensaios, em sua posição normal de operação, através de dispositivos próprios para este fim. O detector de fumaça deve ser conectado aos seus equipamentos de controle entre 15 e 20 minutos, antes do início das medições.

A velocidade do ar no interior da câmara de ensaios, gerado pelo sistema de ar condicionado, nas proximidades do detector de fumaça, deve ser $(0,2 \pm 0,04 \text{ m/s})$ e temperatura $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ para todos os ensaios descritos acima. Em todas as medições dos valores limites de resposta para um mesmo tipo de detector, a temperatura do ar na câmara de ensaios não deve variar mais do que 5°C .

Em todos os ensaios, a voltagem de alimentação dos detectores deve ser entre 99% e 101% de sua voltagem nominal⁷. Esta alimentação é gerada pela central de alarme de incêndio, na qual dispõem de um laço de comunicação exclusivo para este fim.

Antes e após cada ensaio, no qual o valor limite de resposta é medido, a indicação mostrada no instrumento de medição deve ser comparada com a indicação em ar sem a presença de partículas geradas pela queima do material, a fim de verificar e confrontar o tempo de resposta do detector de fumaça.

Para que possamos verificar a estabilidade de cada detector de fumaça, os mesmos devem ser testados durante um período de sete dias, em condições normais de temperatura $((23 \pm 5)^\circ\text{C})$, após o qual devem ser medidas novamente as sensibilidades, nas mesmas condições de ensaio, quatro vezes para cada detector. A relação entre os valores médios de sensibilidade de cada detector, obtidos antes e após o período de sete dias, não deve ser superior a 1,6.

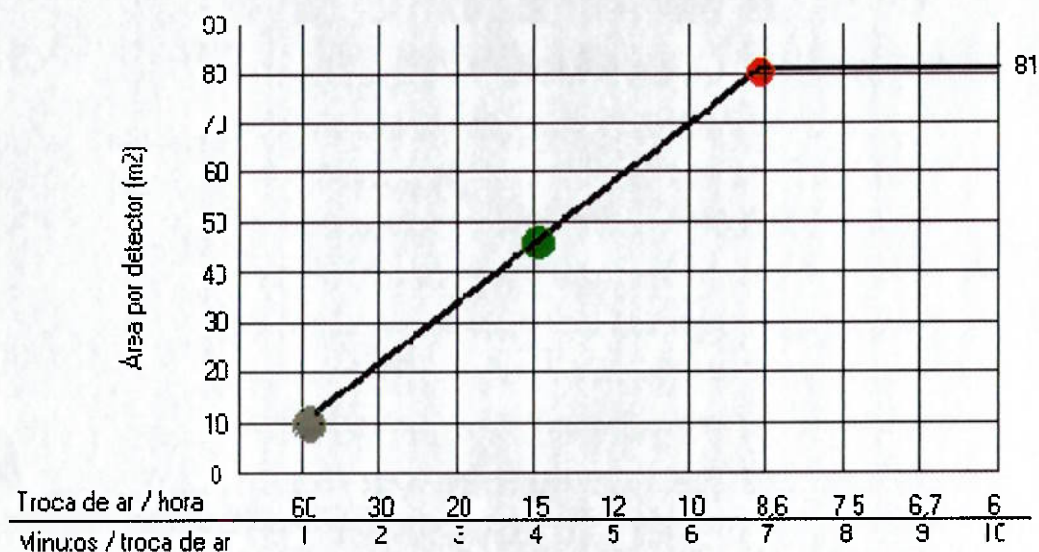
⁷ A tensão nominal, dos detectores óticos de fumaça, especificado pelo fabricante dos equipamentos foi de 24Vcc.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após apresentarmos os materiais e métodos utilizados para este trabalho, vamos analisar os resultados dos testes, a fim de verificar a influência que o sistema de ar condicionado tem no princípio da detecção e combate a incêndio.

Estes resultados comprovam que, quando o sistema de ar condicionado efetuar mais 10 trocas de ar/hora, o sistema de detecção contra incêndio está comprometido e deve ser projetado e ajustado para eliminar esta interferência.

Para iniciarmos a análise dos resultados sobre a influência que um sistema de ar condicionado pode ter em relação aos sistemas detecção e combate a incêndio, vamos entender os dados abaixo, representados pelo Gráfico 2 e Figura 9 do anexo B da norma NBR 9441.



LEGENDA:

- Não sofre influência do sistema de ar condicionado;
- Sofre influência do sistema de ar condicionado, fazendo com que a área de cobertura do detector seja de 10m²;
- Sofre influência do sistema de ar condicionado, fazendo com que a área de cobertura do detector seja de, aproximadamente 45m²;

Gráfico 02: Influência das trocas de ar na cobertura de detectores de fumaça

Fonte: Norma NBR 9441 – Anexo B

Tabela 5. Influência das trocas de ar na área de cobertura de detectores de fumaça

Minutos / troca de ar	Troca de ar / hora	m ² / detector
1	60	10
2	30	22
3	20	35
4	15	47
5	12	58
6	10	70
7	8,6	81
8	7,5	81
9	6,7	81
10	6	81

$$\text{Troca de ar} = \frac{\text{Volume de ar insuflado no ambiente}}{\text{Volume do ambiente}}$$

Fonte: Norma NBR 9441- Anexo B.

Pela tabela 5 verificamos que, se o sistema de ar condicionado efetuar 8,6 trocas de ar/hora ou menos a área de cobertura do detector não é afetada e conseqüentemente o sistema de detecção de alarme não precisa sofrer modificações.

No entanto à medida que essa troca de ar/hora aumenta, a área de cobertura do detector reduz significadamente.

Na primeira linha da tabela 5, se um sistema de ar condicionado realizar 60 trocas de ar/hora em um ambiente, a área de cobertura do detector será de 10m². Ou seja, a medida que o sistema de ar condicionado realiza maior número de trocas de ar/hora a área de cobertura dos detectores diminui.

Isto porque, as trocas de ar geradas pelo sistema de ar condicionado cria um fluxo de ar laminar e uma condição de turbulência, fazendo com que a fumaça incipiente não tenha radiação térmica suficiente para alcançar o nível dos detectores no teto. A fumaça, especialmente nas etapas iniciais do incêndio, move-se no sentido do fluxo do ar até o retorno do sistema de ar condicionado.

Devido ao grande fluxo de ar, qualquer fumaça proveniente de um princípio de incêndio será imediatamente levada e misturada ao ar limpo de retorno ao sistema de ar condicionado. O resultado será uma baixa concentração de fumaça a ser detectada.

Para que possamos diminuir a interferência que o sistema de ar condicionado provoca, um dos recursos é interligar a central de alarme ao painel do sistema de ar condicionado. Geralmente essa interligação é feita por um relé ou módulo que possui um contato reversível (contato aberto / contato fechado). Quando um detector entra em alarme, o painel de incêndio envia um sinal elétrico para a bobina deste relé, fazendo com que o contato seja ativado.

Outra maneira para eliminar esta influência é aumentar o número de detectores no ambiente, pois à medida que acrescentamos mais detectores os raios de ação se interligam fazendo com que os detectores possam detectar, com eficiência, as partículas de fumaça suspensas no ar ambiente.

Existem outros sistemas que não sofrem, tanto, a interferência do sistema de ar condicionado, no entanto é, cerca de 2 vezes o valor, mais caro.

Os sistemas por amostragem de ar captam o ar, através de bicos de aspiração, e analisam o ar contaminado em relação ao ar limpo. Desta forma não importa quantas trocas de ar são feitas, pois os bicos não analisam densidade de fumaça, e sim o que tem no ar ambiente.

De acordo com os testes realizados, mostram que em condições normais, ou seja até 8,6 trocas de ar/hora, os detectores de fumaça detectam a presença de fumaça em 2 segundos.

A medida que aumentamos as trocas de ar/hora, mantendo a mesma dimensão e instalação dos detectores, o tempo de detecção passa a aumentar significativamente, conforme Tabela 6:

Tabela 6 - Resultado das trocas de ar na área de cobertura de detectores de fumaça.

Troca de ar / hora	m ² / detector	Tempo de detecção
60	10	Não detectou após 2 minutos
30	22	Não detectou após 2 minutos
20	35	Não detectou após 2 minutos
15	47	Não detectou após 2 minutos
12	58	9 segundos
10	70	5 segundos
8,6	81	2 segundos
7,5	81	2 segundos
6,7	81	2 segundos
6	81	2 segundos

Fonte: Ensaio realizado no laboratório da empresa Kidde.

De acordo com os resultados da tabela 6, verificamos que os detectores de fumaça não funcionaram quando o sistema efetuou 15 trocas de ar/hora, mantendo a mesma quantidade de detectores e instalação física.

Os detectores de fumaça não detectaram a fumaça porque a densidade da fumaça era insuficiente para refletir a luz emitida pelo fotodiodo contido nos detectores. Isto ocorre devido a velocidade do fluxo de ar gerado pelo sistema de ar condicionado, no qual faz com que as partículas de fumaça sejam "diluídas" no movimento do ar provocado pelo sistema.

Esse problema é muito comum encontrarmos em empresas, quando somos chamados para fazermos uma inspeção no sistema de proteção contra incêndio. Muitas vezes, usuários do sistema colocam a culpa nos equipamentos instalados e esquecem de verificar e avaliar se o sistema foi projetado e instalado corretamente.

Os problemas são gerados pela falta de conhecimento nesta área, assim como por mudanças que são feitas no ambiente sem a consulta de profissionais qualificados. Muitas empresas, devido ao crescimento contínuo de seus negócios, modificam o layout das salas para armazenar mais e mais equipamentos, e esquecem que existe um sistema de proteção instalado que foi projetado para aquelas características e dimensões.

À medida que as salas aumentam ou diminuem, os detectores perdem a eficiência na qual foi projetada, e caso exista um sistema de combate a incêndio a situação é um pouco mais crítica, pois a quantidade de agente extintor é determinada pelo volume da sala.

Outro recurso para diminuir a probabilidade de uma falha na detecção de fumaça é instalar detectores de duto. A mesma forma que o sistema de ar condicionado insufla ar para dentro do ambiente, ele capta o ar de dentro do ambiente para renovação, através do retorno. Instalando detectores de duto no retorno do ar condicionado aumentamos a eficiência na detecção.

Isto é muito utilizado quando estamos protegendo o ambiente com sistemas de combate a incêndio. Em ambientes como esses é freqüente encontrarmos *dampers* para isolar os ambientes.

Para o combate em ambientes onde exista *dampers*, se faz necessário fechá-los antes do disparo do agente extintor, pois os dampers possuem um determinado volume no qual não convém ser protegido para que a quantidade de agente extintor não aumente, inviabilizando, às vezes, o custo do projeto.

No caso de incêndio, o fogo deve ser rapidamente isolado, pois uma das formas mais rápidas de propagação é através dos dutos de ar.

Para isso é necessário um sistema de proteção de *dampers*. São sistemas e/ou equipamentos acoplados ao sistema de *Heating Ventilation and Air Conditioning* (HVAC), ou seja, aquecimento, ventilação e ar condicionado.

Os *dampers* possuem solenóides de fechamento e abertura que podem ser interligados ao painel de incêndio. Quando os detectores captam a presença de fumaça, um sinal de alarme é enviado para a central de alarme.

Muitas centrais de alarme possuem saídas que são acionadas ao receber este alarme, podendo enviar um sinal elétrico de 24 Vcc à solenóide ao *damper*.

Os resultados mostram e comprovam que é fundamental analisar as características do ambiente antes de projetarmos e instalarmos os sistemas de proteção, pois dependendo das características do ambiente devemos tomar uma série de medidas para que o sistema seja eficiente.

5 CONCLUSÃO

É fundamental analisar as condições existentes no espaço a proteger, que tipo de fumaça será produzido no momento em que os materiais começarem a se decompor e liberar fumaça devido a um superaquecimento.

Dentro do possível, é recomendável fazer testes de movimento de fumaça para se ter certeza de seu deslocamento dentro do espaço protegido. É igualmente importante conhecer as tecnologias disponíveis, como os detectores pontuais de grande sensibilidade, os sistemas de detecção precoce de fumaça, sistemas de aspiração, entre outros.

Qualquer equipamento de detecção de fumaça será ativado, sempre e quando a fumaça necessária chegar até ele.

REFERÊNCIAS

BERTO, A.F. " Medidas de proteção contra incêndio: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios". São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado) – FAUUSP

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 72:**
National Fire Alarm Code. 1999 Edition

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 2001:**
Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems. 2000 Edition

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 12:**
Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems. 2000 Edition

GEORGE A. KRABBE, Automatic suppression systems Inc., IL [IM]
Rep. Fire Suppression Systems Assn.

Clifford R. Sinopoli II, Baltimore Gas & Electric, MD [U]
Rep. Edison Electric Inst.

James M. Mundy Jr., Siemens Cerberus Division, NY [M]
Rep. Automatic Fire Alarm Assn., Inc.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9441:**
informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11836:**
informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 1991.

NORMA REGULAMENTADORA. **NR23**

ANEXOS

ANEXO A – Certificação de equipamentos de proteção contra incêndio

Os equipamentos de proteção contra incêndio têm uma característica muito especial. Depois de instalados, raramente são solicitados a entrar em funcionamento. De fato, torcemos para que realmente nunca precisem atuar. Alguns podem permanecer no estado de dormência por um ano, como é o caso de extintores portáteis, antes de serem submetidos a testes e à manutenção. Outros, como os sprinklers automáticos, podem ficar até 50 anos sem qualquer tipo de manutenção. Entretanto, quando inativo há um ou 50 anos, o funcionamento do equipamento pode ser solicitado a qualquer momento, e, portanto, precisa atuar corretamente da forma originalmente planejada, em situações críticas onde qualquer falha pode colocar em risco vidas e bens materiais.

Para atender a essa característica especial, é fundamental que todas as possibilidades de falha sejam analisadas com antecedência e assim, o usuário pode depositar alto grau de confiança no equipamento. A atividade de certificação é, portanto, essencial para que um equipamento de proteção contra incêndios seja considerado confiável.

Como maior certificadora mundial na área de proteção contra incêndio, a UL avalia a resistência ao fogo dos mais variados produtos, o desempenho de sistemas de supressão, o comportamento de materiais de construção em situações de incêndio e a confiabilidade de sistemas de alarme e sinalização há mais de um século. Além disso, realiza pesquisas sobre inúmeros temas relacionados à segurança ao fogo, e possui centenas de normas técnicas próprias, constantemente atualizadas, que são referência no setor e utilizadas por laboratórios em todo o planeta. A marca UL é

reconhecida mundialmente como atestado de qualidade para produtos de proteção contra incêndio.

Além da confiabilidade, a certificação de produtos traz uma série de vantagens para todos aqueles que atuam no setor, sejam eles usuários, fabricantes, bombeiros, autoridades fiscalizadoras ou seguradoras.

Os fabricantes têm na atividade de certificação um importante aliado: vários dos desenvolvimentos mais significativos na tecnologia atual de sprinklers, por exemplo, como os modelos de cobertura ampliada, de grande orifício e de sprinklers residenciais, contaram com a colaboração da UL, cujos laboratórios permitem a realização de testes de incêndio em escala real. Os fabricantes de todo o mundo também se valem da certificação para ter acesso ao mercado norte-americano e mercados onde, apesar de não exigida compulsoriamente, a marca UL é vista como atestado de qualidade de produto. Para os fabricantes, a certificação é também importante na introdução de novas tecnologias e na aceitação destas pelas autoridades responsáveis por aprovação e fiscalização de instalações. É indiscutível também que a certificação tem função de elevar o patamar de qualidade do mercado, e valorizar os fabricantes que zelam pela qualidade de seus produtos.

Os bombeiros são grandes incentivadores da atividade de certificação, pois torna seu trabalho mais seguro, tanto no lado operacional e no combate a incêndios de forma mais segura, quanto na atuação como entidade fiscalizadora, pois encontra na certificação o respaldo técnico que permite a aceitação de sistemas e instalações. A UL certifica todos os equipamentos de proteção pessoal utilizados pelos bombeiros, sejam eles roupas para combate a incêndio e para incidentes com produtos químicos perigosos, capacetes, calçados, equipamento de resgate e Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) em geral. Além disso, certifica viaturas e equipamentos

aéreos, como escadas e plataformas. Quando atuam na condição de “autoridade competente”, os bombeiros podem se valer das certificações UL para analisar produtos de tecnologia de ponta, ainda novos no mercado local.

As seguradoras são também grandes beneficiárias da atividade de certificação, sendo importantes incentivadoras do uso de produtos certificados. No processo de contratação de um seguro contra incêndio, a seguradora avalia o nível de proteção do estabelecimento e determina suas taxas de acordo com o grau de risco. Essa avaliação será melhor quanto mais conhecidas forem as variáveis analisadas. O uso de materiais de acabamento e equipamentos de proteção certificados dá à seguradora capacidade de realizar uma melhor avaliação, e maior grau de proteção aos segurados.

Para o usuário final, a compra de um produto certificado representa mais confiabilidade, segurança e desempenho, com menor probabilidade de falhas, que traduz maior nível de segurança de seu patrimônio e seus funcionários. Além disso, muitos usuários utilizam os diretórios UL, que apresenta as listagens de todos os produtos certificados, para a identificação de novos fornecedores.

Independente de sua atividade dentro da área de proteção contra incêndio, a certificação de produtos e serviços é essencial para garantirmos o maior nível possível de confiabilidade dos sistemas instalados e oferecer proteção garantida a vidas e bens.

ANEXO B – Perfil UL

Fundada nos Estados Unidos em 1895 e presente na América Latina desde 1994, a Underwriters Laboratories Inc. (UL) é uma organização independente, sem fins lucrativos, e uma das líderes em ensaios de segurança, certificação de produtos e avaliação de conformidade, além de inspeções e ensaios comerciais e registros do sistema de gestão ambiental e de qualidade (ISO 9000, QS 9000, TL 9000, ISO 14000, SA 8000, ISOTS 16949 e OHSAS 18001 entre outros). A UL avalia mais de 19 mil produtos em 97 países, possui 59 laboratórios e 5,7 mil profissionais em todo o mundo. Os produtos que levam o selo UL têm credibilidade diante dos consumidores, corporações, órgãos governamentais e agentes reguladores em todos os continentes.

ANEXO C – Ensaios práticos de detectores de fumaça

As seguintes quantidades máximas de materiais podem ser empregadas nos ensaios de aceitação:

- a) TF1 máx.: 6 kg de madeira montada em forma de crie, de acordo com a Figura 2;
- b) TF2 máx.: 24 peças de madeira de 1 cm x 2 cm x 5 cm sobre aquecedor de 1500 W, de acordo com a Figura 3;
- c) TF3 máx.: um conjunto de algodão completo com massa inferior a 100 g, de acordo com a Figura 4;
- d) TF4 máx.: dois cilindros de papel queimado em paralelo, com distância máxima entre eles de 50 cm, de acordo com a Figura 5;
- e) TF5 máx.: cinco placas de poliuretano, tamanho físico 50 cm x 40 cm x 2 cm, com densidade superficial de massa de 20 kg/m²;
- f) TF6 máx.: 24 peças de fios de 1,5 mm², com isolamento de PVC, de acordo com a Figura 6;
- g) TF7 máx.: 80 g de N-Heptana com 3% de tolueno, em recipiente de 100 cm² de superfície;
- h) TF8 máx.: 4 kg de álcool, em recipiente com superfície de 1900 cm².

Nota: Estas quantidades incluem as adicionais permitidas para áreas com movimento de ar.

Para efetuar os ensaios práticos de detectores de fumaça com menor perigo possível, escolhem-se os tipos TF2 e TF6.

Para estes ensaios são necessários:

- a) um aquecedor elétrico de 110/220 Vca, de aproximadamente 1500 W, com resistência blindada e temperatura final de 600°C;

- b) aproximadamente 24 peças de madeira de 1 cm x 2 cm x 5 cm;
- c) aproximadamente 24 fios de 1,5 mm² e 10 cm de comprimento;
- d) uma folha de alumínio de 50 cm x 50 cm para proteção do piso;
- e) uma ou duas pessoas de vigia com extintores manuais.

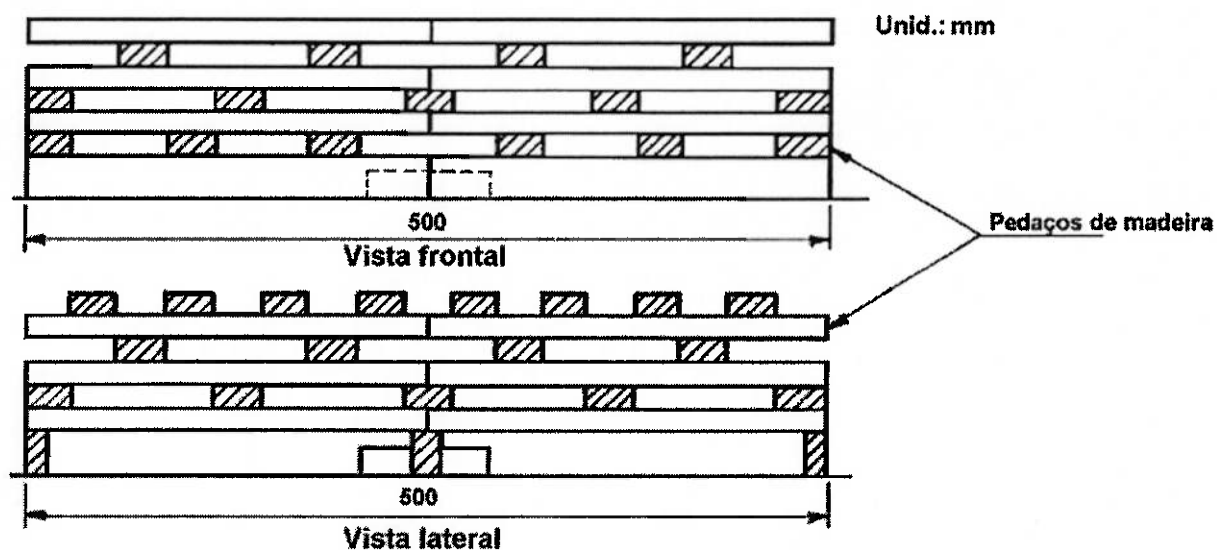


Figura 2 – Engradado de madeira para ensaio TF1.
Fonte: Norma NBR 9441 – Anexo A.

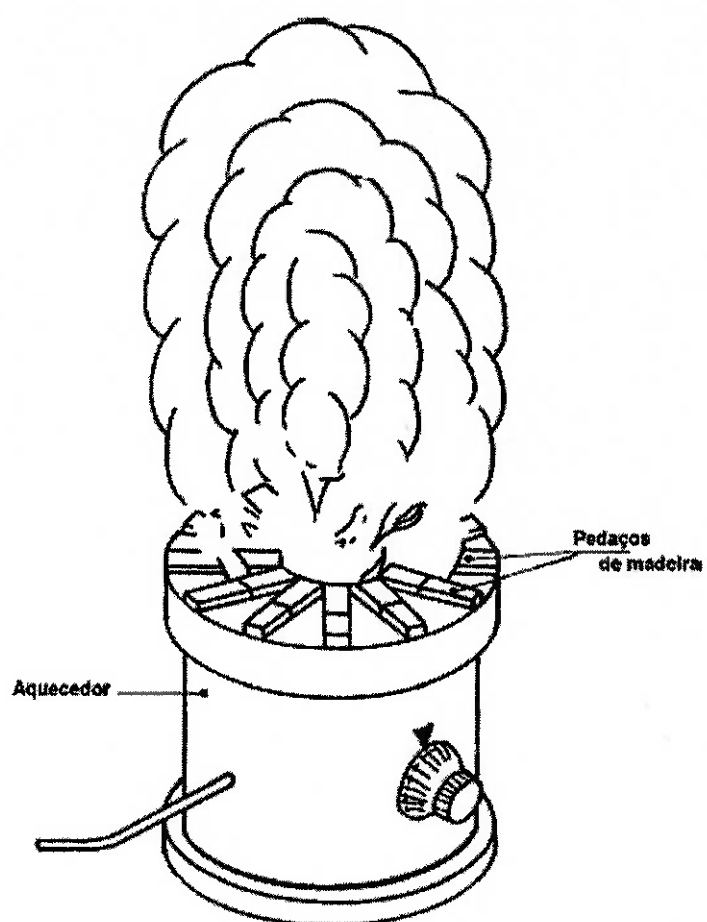


Figura 3 – Aquecedor para a queima de pedaços de madeira para o ensaio TF2.
Fonte: Norma NBR 9441 – Anexo A.

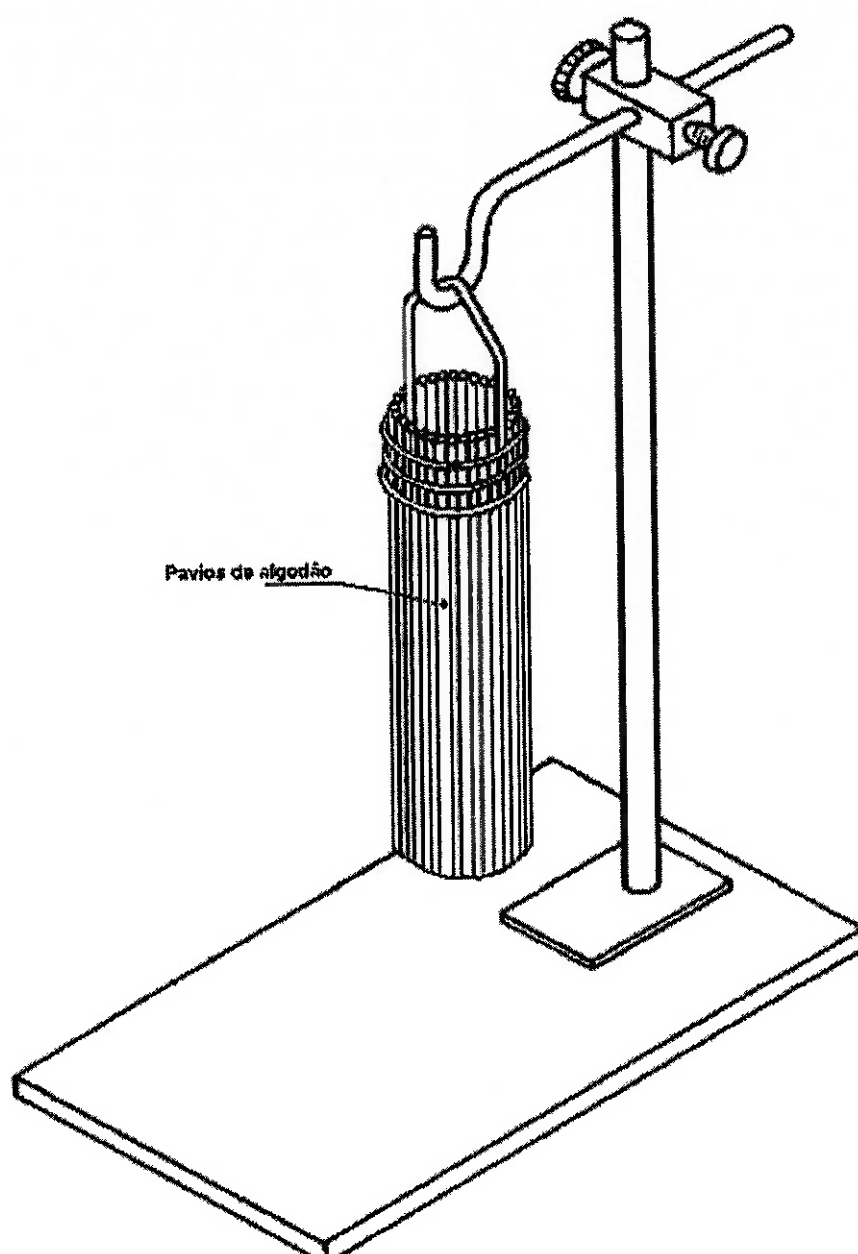


Figura 4 – Dispositivos para a queima de pavios de algodão para o ensaio TF3.
Fonte: Norma NBR 9441 – Anexo A

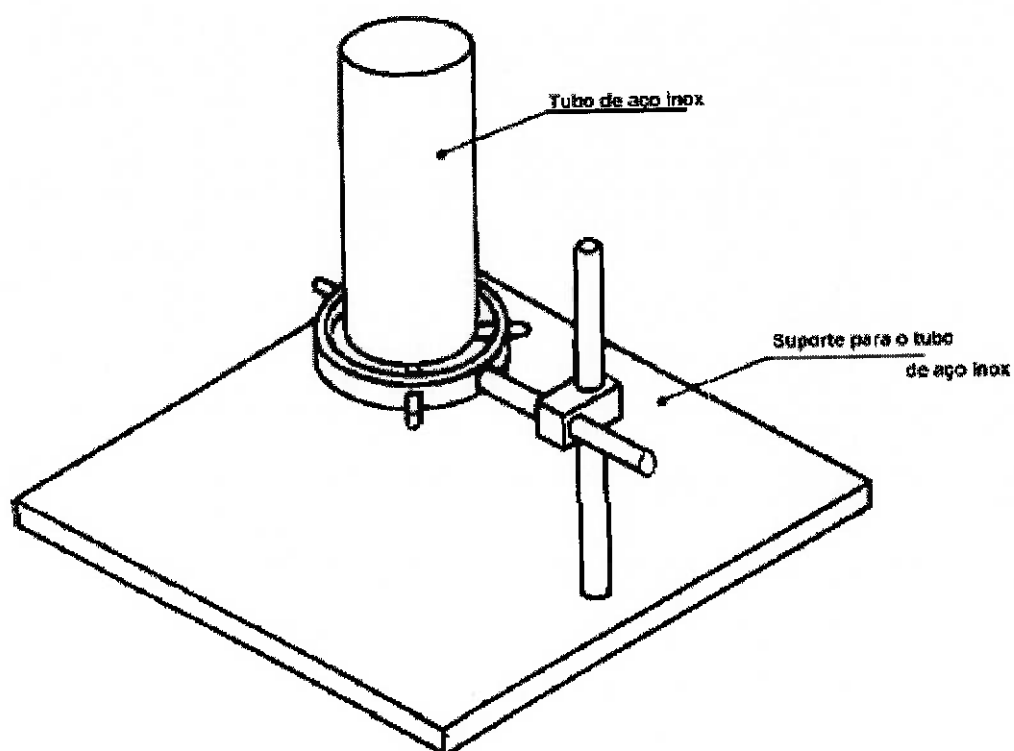


Figura 5 – Dispositivo para a queima de papel para o ensaio TF4.
Fonte: Norma NBR 9441 – Anexo A.

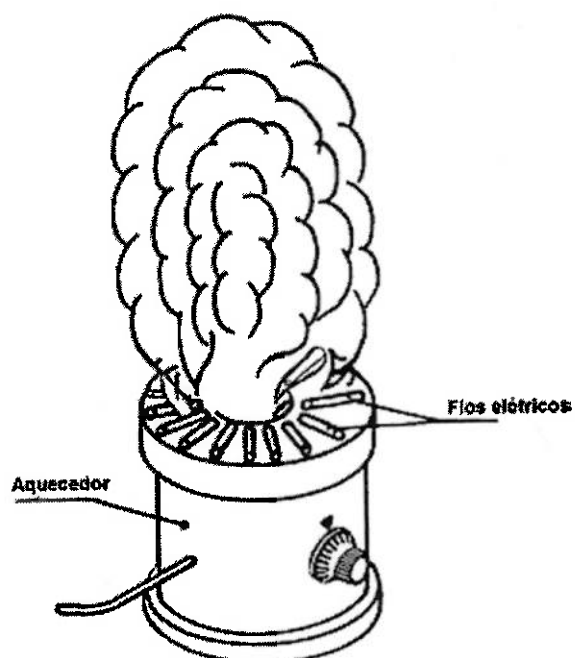


Figura 6 – Aquecedor para a queima de fios elétricos para o ensaio TF6.
Fonte: Norma NBR 9441 – Anexo A.

ANEXO D – Concentrações de projeto para risco Classe B

Fuel	Cup Burner (%v/v)	Design Concentration, 30% Safety Factor ¹ (%v/v)	Fuel	Cup Burner (%v/v)	Design Concentration, 30% Safety Factor ¹ (%v/v)
Acetone	6.9	9.0	1-Hexene	5.8	7.6
Acetonitrile	4.3	7.0	Hydraulic Fluid*	6.5	8.5
t-Amyl Alcohol	7.3	9.5	Hydraulic Oil*	5.9	7.7
AV Gas	6.5	8.5	Hydrogen	13.2	17.2
Benzene	5.5	7.2	Isobutyl Alcohol	7.6	9.9
n-Butane	6.6	8.6	Isopropanol	7.5	9.8
n-Butanol	7.6	9.9	JP4	6.9	9.0
2-Butoxyethanol*	7.4	9.6	JP5	6.9	9.0
2-Butoxyethyl Acetate*	6.9	9.0	Kerosene	7.4	9.6
n-Butyl Acetate	7.0	9.1	Methane	5.5	7.2
Carbon Disulfide	11.8	15.4	Methanol	10.4	13.5
Chloroethane	6.3	8.2	2-Methoxyethanol	9.4	12.2
Commercial Grade Heptane	6.7	8.7	Methyl Ethyl Ketone	7.4	9.6
Crude Oil*	6.5	8.5	Methyl Isobutyl Ketone	7.0	9.1
Cyclohexane	7.2	9.4	Mineral Spirits	6.6	8.6
Cyclohexylamine	8.3	8.7	Morpholine	7.9	10.3
Cyclopentanone	7.4	9.6	Nitromethane	9.9	12.9
1,2-Dichloroethane	5.8	7.6	n-Pentane	6.8	8.8
Diesel	6.7	8.7	Propane	6.7	8.7
N,N-Diethylethanolamine*	7.8	10.1	1-Propanol	7.7	10.0
Diethyl Ether	7.5	9.8	Propylene	6.2	8.1
Ethane	6.7	8.7	Propylene Glycol	8.6	11.2
Ethanol	8.3	10.8	Pyrrolidine	7.3	9.5
Ethyl Acetate	6.8	8.9	Tetrahydrofuran	7.4	9.6
Ethyl Benzene*	6.3	8.2	Tetrahydrothiophene	6.6	8.6
Ethylene	8.4	10.9	Toluene	5.6	7.3
Ethylene Glycol	7.6	9.9	Tolylene-2, 4-Diisocyanate	4.0	7.0
Gasoline-no lead	6.9	9.0	Transformer Oil	7.3	9.5
n-Heptane	6.7	8.7	Turbine Oil**	7.2	9.4
n-Hexane	6.9	9.0	Xylene	6.0	7.8

Tabela 01 – Concentrações de Projeto.
Fonte: Kidde Brasil

ANEXO E – Inundação total de FM 200

Temp t (°F) ^c	Specific Vapor Volume s (ft. ³ /lb.) ^d	Weight Requirements of Hazard Volume, W/V (lb./ft. ³) ^b Design Concentration (% by Volume) ^e								
		7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	1.9264	0.0391	0.0451	0.0513	0.0577	0.0642	0.0708	0.0776	0.0845	0.0916
20	1.9736	0.0381	0.0441	0.0501	0.0563	0.0626	0.0691	0.0757	0.0825	0.0894
30	2.0210	0.0372	0.0430	0.0489	0.0550	0.0612	0.0675	0.0739	0.0805	0.0873
40	2.0678	0.0364	0.0421	0.0478	0.0537	0.0598	0.0659	0.0723	0.0787	0.0853
50	2.1146	0.0356	0.0411	0.0468	0.0525	0.0584	0.0645	0.0707	0.0770	0.0835
60	2.1612	0.0348	0.0402	0.0458	0.0514	0.0572	0.0631	0.0691	0.0753	0.0817
70	2.2075	0.0341	0.0394	0.0448	0.0503	0.0560	0.0618	0.0677	0.0737	0.0799
80	2.2538	0.0334	0.0386	0.0439	0.0493	0.0548	0.0605	0.0663	0.0722	0.0783
90	2.2994	0.0327	0.0378	0.0430	0.0483	0.0538	0.0593	0.0650	0.0708	0.0767
100	2.3452	0.0321	0.0371	0.0422	0.0474	0.0527	0.0581	0.0637	0.0694	0.0752
110	2.3912	0.0315	0.0364	0.0414	0.0465	0.0517	0.0570	0.0625	0.0681	0.0738
120	2.4366	0.0309	0.0357	0.0406	0.0456	0.0507	0.0560	0.0613	0.0668	0.0724
130	2.4820	0.0303	0.0350	0.0398	0.0448	0.0498	0.0549	0.0602	0.0656	0.0711
140	2.5272	0.0298	0.0344	0.0391	0.0440	0.0489	0.0540	0.0591	0.0644	0.0698
150	2.5727	0.0293	0.0338	0.0384	0.0432	0.0480	0.0530	0.0581	0.0633	0.0686
160	2.6171	0.0288	0.0332	0.0378	0.0425	0.0472	0.0521	0.0571	0.0622	0.0674
170	2.6624	0.0283	0.0327	0.0371	0.0417	0.0464	0.0512	0.0561	0.0611	0.0663
180	2.7071	0.0278	0.0321	0.0365	0.0410	0.0457	0.0504	0.0552	0.0601	0.0652
190	2.7518	0.0274	0.0316	0.0359	0.0404	0.0449	0.0496	0.0543	0.0592	0.0641
200	2.7954	0.0269	0.0311	0.0354	0.0397	0.0442	0.0488	0.0535	0.0582	0.0631

^a The manufacturer's listing specifies the temperature range for operation.

^b W/V [agent weight requirements (lb./ft.³)] = pounds of agent required per cubic foot of protected volume to produce indicated concentration at temperature specified.

$$W = (V/s) \times [c/(100-c)]$$

^c *t* [temperature (°F)] = the design temperature in the hazard area

^d *s* [specific volume (ft.³/lb.)] = specific volume of superheated FM-200 vapor can be approximated by the formula:

$$s = 1.885 + 0.0046 \, t$$

where *t* = temperature (°F)

^e *C* [concentration (%)] = volumetric concentration of FM-200 in air at the temperature indicated.

Tabela 02 – Inundação total FM 200.
Fatores de Concentração (W/V), Unidade Americana
Fonte: NFPA 2001.

Temp. <i>t</i> (°C) ^c	Specific Vapor Volume <i>s</i> (m³/kg) ^d	Weight Requirements of Hazard Volume, <i>W/V</i> (kg/m³) ^b Design Concentration (% per Volume) ^e								
		7	8	9	10	11	12	13	14	15
-10	0.1215	0.6196	0.7158	0.8142	0.9147	1.0174	1.1225	1.2301	1.3401	1.4527
-5	0.1241	0.6064	0.7005	0.7967	0.8951	0.9957	1.0985	1.2038	1.3114	1.4216
0	0.1268	0.5936	0.6858	0.7800	0.8763	0.9748	1.0755	1.1785	1.2839	1.3918
5	0.1294	0.5816	0.6719	0.7642	0.8586	0.9550	1.0537	1.1546	1.2579	1.3636
10	0.1320	0.5700	0.6585	0.7490	0.8414	0.9360	1.0327	1.1316	1.2328	1.3364
15	0.1347	0.5589	0.6457	0.7344	0.8251	0.9178	1.0126	1.1096	1.2089	1.3105
20	0.1373	0.5483	0.6335	0.7205	0.8094	0.9004	0.9934	1.0886	1.1859	1.2856
25	0.1399	0.5382	0.6217	0.7071	0.7944	0.8837	0.9750	1.0684	1.1640	1.2618
30	0.1425	0.5284	0.6104	0.6943	0.7800	0.8676	0.9573	1.0490	1.1428	1.2388
35	0.1450	0.519	0.5996	0.6819	0.7661	0.8522	0.9402	1.0303	1.1224	1.2168
40	0.1476	0.5099	0.5891	0.6701	0.7528	0.8374	0.9240	1.0124	1.1029	1.1956
45	0.1502	0.5012	0.5790	0.6586	0.7399	0.8230	0.9080	0.9950	1.0840	1.1751
50	0.1527	0.4929	0.5694	0.6476	0.7276	0.8093	0.8929	0.9784	1.0660	1.1555
55	0.1553	0.4847	0.5600	0.6369	0.7156	0.7960	0.8782	0.9623	1.0484	1.1365
60	0.1578	0.4770	0.5510	0.6267	0.7041	0.7832	0.8641	0.9469	1.0316	1.1183
70	0.1629	0.4621	0.5338	0.6072	0.6821	0.7588	0.8371	0.9173	0.9994	1.0834
75	0.1654	0.455	0.5257	0.5979	0.6717	0.7471	0.8243	0.9033	0.9841	1.0668
80	0.1679	0.4482	0.5178	0.5889	0.6617	0.7360	0.8120	0.8898	0.9694	1.0509
85	0.1704	0.4416	0.5102	0.5803	0.6519	0.7251	0.8000	0.8767	0.9551	1.0354
90	0.1730	0.4351	0.5027	0.5717	0.6423	0.7145	0.7883	0.8638	0.9411	1.0202

^a The manufacturer's listing specifies the temperature range for operation.

^b *W/V* [agent weight requirements (kg/m³)] = kilograms of agent per cubic meter of protected volume to produce indicated concentration at temperature specified.

$$W = (V/s) \times [c/(100-c)]$$

^c *t* [temperature (°C)] = the design temperature in the hazard area

^d *s* [specific volume (m³/kg)] = specific volume of superheated FM-200 vapor can be approximated by the formula:

$$s = 0.1269 + 0.0005 t$$

where *t* = temperature (°C)

^e *C* [concentration (%)] = volumetric concentration of FM-200 in air at the temperature indicated.

Tabela 03 - Inundação total FM 200.
Fatores de Concentração (W/V), Metros.
Fonte: Kidde Brasil