

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA
DIRETORIA DE ENSINO
CENTRO DE ENSINO BOMBEIRO MILITAR
ACADEMIA BOMBEIRO MILITAR**

WAGNER JANUÁRIO CARDEAL

**COMBATE A INCÊNDIO ESTRUTURAL: UM ESTUDO SOBRE
O USO DE CÂMERAS DE IMAGEM TÉRMICA PELO
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA**

**FLORIANÓPOLIS
SETEMBRO 2015**

Wagner Januário Cardeal

**Combate a Incêndio Estrutural: um estudo sobre o uso de Câmeras de Imagem Térmica
pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**

Monografia apresentada como pré-requisito
para conclusão do Curso de Formação de
Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de
Santa Catarina.

Orientador: Major BM Marcos Aurélio Barcelos

**Florianópolis
Setembro 2015**

CIP – Dados Internacionais de Catalogação na fonte

- C266c Cardeal, Wagner Januário
Combate a Incêndio Estrutural: um estudo sobre o uso de Câmeras de Imagem Térmica pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. / Wagner Januário Cardeal. -- Florianópolis : CEBM, 2015.
91 f. : il.
- Monografia (Curso de Formação de Oficiais) – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Centro de Ensino Bombeiro Militar, Curso de Formação de Oficiais, 2015.
Orientador: Major BM Marcos Aurélio Barcelos, Esp.
1. Combate a Incêndio Estrutural. 2. Câmeras de Imagem Térmica. 3. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. I. Barcelos, Marcos Aurélio. II. Título.

CDD 363.3481

Wagner Januário Cardeal

Combate a Incêndio Estrutural: um estudo sobre o uso de Câmeras de Imagem Térmica pelo Corpo de Bombeiros Militar do Santa Catarina

Monografia apresentada como pré-requisito para conclusão do Curso de Formação de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Florianópolis (SC), 05 de Outubro de 2015.

Prof. Esp. Major BM Marcos Aurélio Barcelos
Professor Orientador

Prof. Esp. Major BM Marcos Alves da Silva
Membro da Banca Examinadora

Prof. Esp. Major BM Christiano Cardoso
Membro da Banca Examinadora

Dedico este trabalho aos meus pais, Humberto e Sueli, por estarem sempre presentes, apesar da distância; e aos meus filhos João Vitor e Maria Eduarda, minhas fontes de motivação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por sempre apoiarem minhas decisões e contribuírem para minha formação, como pessoa e como profissional.

Aos meus filhos, por tolerarem a ausência necessária para que pudesse empreender os estudos e me dedicar à inclusão e formação no Curso de Formação de Oficiais. Por darem sentido à minha vida e me proporcionarem tanta alegria e felicidade.

A todos os membros de minha família que me apoiaram e me auxiliaram cuidando de meus filhos durante minhas ausências. Essas pessoas foram e ainda são primordiais para realização desse sonho.

Aos amigos e irmãos do mundo civil, pelo apoio e torcida pelo meu sucesso. Por respeitarem minhas ausências nos momentos de confraternização e lazer.

Aos meus amigos de turma, pela força e união dispensadas nos momentos mais difíceis, e pela alegria e camaradagem dos momentos bons compartilhados durante curso. Sinto-me privilegiado por conhecê-los.

Ao meu orientador, pelo conhecimento e experiência transmitidos durante a elaboração deste trabalho.

A todos os colaboradores militares e civis do Centro de Ensino Bombeiro Militar, e a todos os instrutores, que se dedicaram de alguma maneira para minha formação e de todos os bombeiros militares catarinenses.

“O sábio nunca diz tudo o que pensa, mas
pensa sempre tudo o que diz.”

(Aristóteles)

RESUMO

O presente trabalho faz um estudo sobre as vantagens e desvantagens da utilização da Câmera de Imagem Térmica na atividade de combate a incêndio estrutural, verificando se o equipamento supre a necessidade da Corporação devido à falta de emprego de um recurso tecnológico de visibilidade em incêndios interiores. Para obtenção dos dados baseou-se nos conceitos extraídos da literatura de combate a incêndio estrutural, e nos conceitos de termografia. Foram consultados Corpos de Bombeiros de diversos Estados e também do estrangeiro sobre a utilização de Câmeras de Imagem Térmica em combate a incêndios. Foram realizados testes com a Câmera de Imagem Térmica no campo de instrução de combate a incêndio do 8º Batalhão Bombeiro Militar e nas dependências do Centro de Ensino Bombeiro Militar. Na conclusão, corrobora a hipótese da pesquisa, indicando a utilização de Câmera de Imagem Térmica como equipamento essencial para atendimento de ocorrências de combate a incêndio estrutural, potencializando o atendimento nas operações, nos aspectos de segurança e efetividade.

Palavras-chave: Combate a Incêndio Estrutural. Câmeras de Imagem Térmica. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

LISTA DE ABREVIATURAS

BBM – Batalhão Bombeiro Militar
CBMDF – Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal
CBMSC – Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
CEBM – Centro de Ensino Bombeiro Militar
CIT – Câmera de Imagem Térmica
EPI – Equipamento de proteção individual
EPR – Equipamento de proteção respiratória
GPCIN – Grupamento de Prevenção e Combate a Incêndio
IFSTA – International Fire Service Training Association
MTE – Ministério do Trabalho e Emprego
NFPA – National Fire Protection Association
NR – Norma Regulamentadora
NYFD – New York Fire Department
OBM – Organização Bombeiro Militar
SEDEI – Seção de Doutrina e Ensino

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Problema.....	13
1.2 Objetivos.....	13
1.2.1 Objetivos gerais.....	13
1.2.2 Objetivos Específicos.....	13
1.3 Justificativa.....	14
1.4 Metodologia.....	15
1.5 Estrutura do trabalho.....	16
2 FOGO E INCÊNDIO.....	18
2.1 Ciência do fogo.....	18
2.1.1 Tetraedro do fogo.....	19
2.1.2 Transferência de calor.....	23
2.1.2.1 <i>Condução</i>	23
2.1.2.2 <i>Convecção</i>	23
2.1.2.3 <i>Radiação</i>	23
2.1.3 Pontos de temperatura.....	24
2.1.4 Limites de inflamabilidade.....	24
2.2 Incêndio.....	25
2.2.1 Classificação.....	25
2.2.2 Tipos.....	26
2.2.3 Fases.....	27
2.2.3.1 <i>Ignição</i>	28
2.2.3.2 <i>Crescimento do fogo</i>	28
2.2.3.3 <i>Desenvolvimento completo</i>	29
2.2.3.4 <i>Diminuição</i>	29
2.2.4 Ignição súbita generalizada.....	29
2.2.5 Ignição explosiva.....	30
3 COMBATE A INCÊNDIO ESTRUTURAL.....	33
3.1 Métodos.....	33

3.1.1 Retirada do material combustível.....	33
3.1.2 Resfriamento.....	34
3.1.3 Abafamento.....	34
3.1.4 Quebra da reação em cadeia.....	34
3.2 Estratégias.....	35
3.2.1 Operação ofensiva.....	35
3.2.2 Operação defensiva.....	35
3.2.3 Operação marginal.....	36
3.3 Táticas.....	37
3.3.1 Resgate de vítimas.....	38
3.3.1.1 Busca primária.....	39
3.3.1.2 Busca secundária.....	40
3.3.1.3 Técnicas de busca e salvamento.....	40
3.3.2 Controle do fogo.....	41
3.3.2.1 Isolamento.....	42
3.3.2.2 Confinamento.....	42
3.3.2.3 Extinção.....	43
3.3.2.4 Técnicas de ataque.....	43
3.3.2.5 Ações de apoio e suporte.....	45
3.3.3 Conservação da propriedade.....	45
3.3.4 Preservação do local sinistrado.....	46
3.4 Segurança e gerenciamento de riscos.....	46
3.4.1 Equipamentos de proteção.....	48
4 CÂMERA DE IMAGEM TÉRMICA.....	50
4.1 Termografia.....	50
4.1.1 Conceito.....	50
4.1.2 Origem.....	52
4.2 Câmeras de Imagem Térmica.....	54
4.2.1 Características básicas.....	55
4.2.2 Aplicações.....	56
4.2.3 Especificações e recursos.....	58
4.2.4 Valores.....	60

5 CÂMERAS DE IMAGEM TÉRMICA NO COMBATE A INCÊNDIO

ESTRUTURAL.....	63
5.1 Evolução do combate a incêndio estrutural.....	63
5.2 Utilidade da CIT em ocorrências de combate a incêndio estrutural.....	65
5.2.1 Busca e salvamento.....	66
5.2.2 Localização do foco de incêndio.....	67
5.2.3 Tomada de decisões.....	68
5.3 Utilização em outras corporações.....	69
5.3.1 No mundo.....	69
5.3.2 No Brasil.....	71
5.4 Utilização no CBMSC.....	72
6 METODOLOGIA.....	73
6.1 Experimentos.....	73
6.1.1 Campo de instrução do 8o BBM.....	73
6.1.2 Dependências do CEBM.....	74
6.2 Resultados.....	75
6.2.1 Campo de instrução do 8o BBM.....	75
6.2.2 Dependências do CEBM.....	80
7 CONCLUSÃO.....	85

1 INTRODUÇÃO

O combate a incêndio estrutural é uma das principais áreas de atuação dos corpos de bombeiros, além de ser a sua atividade peculiar. É aquela que caracteriza e marca a profissão desde o seu surgimento, nos mais remotos tempos.

Desde a formação dos “vigiles”, na Roma Antiga, passando pelo Serviço de Extinção de Incêndios nos Arsenais de Marinha e Guerra, criado pelo Imperador Dom Pedro II, até os momentos atuais, o combate a incêndio em edificações tem evoluído constante e gradativamente em suas técnicas, estratégias e equipamentos.

Logicamente, mais recentemente é que o combate a incêndio tem contado com grandes ferramentas tecnológicas, que contribuem cada vez mais para uma atuação segura, célere e eficaz por parte do combatente.

Uma dessas recentes evoluções é a utilização de Câmeras de Imagem Térmica para a localização de vítimas e de focos de incêndio em ocorrências de incêndios interiores, nos quais a visão do bombeiro é muito prejudicada devido aos produtos da combustão, ou mesmo, por conta do corte de energia elétrica, em períodos noturnos, em estruturas submetidas ou não à ventilação.

Atualmente, a busca às cegas em um incêndio interior visa justamente, diminuir os riscos aos quais o combatente estará exposto na verificação da existência de vítimas durante a ocorrência, contudo, trata-se de uma técnica de busca que ainda se mostra rústica, considerando a urgência que as situações de incêndio exigem e as novas tecnologias que surgem a cada dia no ramo bombeiril.

Da mesma forma ocorre no momento da localização do foco de um incêndio. Existe uma grande dificuldade por parte do combatente em localizar celeremente o foco do incêndio. Essa dificuldade, muitas vezes, acaba por reduzir a eficácia do combate ao incêndio e permitir que os danos ocasionados pelo fogo e a quantidade de água dispensada para resolução da ocorrência se tornem ainda maiores.

Além disso, outros aspectos da atual atividade de combate a incêndio pelos corpos de bombeiros podem ser apontados como obstáculos da prestação de um serviço mais rápido e eficiente. Como exemplo, pode-se citar a falta de um instrumento que afira a temperatura em um ambiente, o que pode influenciar na decisão de entrada ou não do combatente numa edificação atingida por incêndio. A falta de ferramentas que possibilitem tal tomada de decisão, vem a trazer mais uma dificuldade na conclusão de uma ocorrência com sucesso.

Enfim, apesar da grande evolução tecnológica que seu deu até o atual momento, ainda são flagrantes as dificuldades enfrentadas pela guarnição de combate a incêndio em situações de incêndio interior. Fica cada vez mais evidente a necessidade de inclusão de novas tecnologias na

área do combate a incêndio estrutural, e é papel dos Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina efetuar os estudos necessários para manutenção da evolução de suas técnicas, estratégias e ferramentas.

As Câmeras de Imagem Térmica permitem a visão de objetos de acordo com sua radiação de calor, e sendo assim, poderiam auxiliar o combatente de incêndio de inúmeras maneiras em situações de ocorrência.

Assim, o presente trabalho tem o condão de verificar se a utilização da Câmera de Imagem Térmica na atividade de combate a incêndio estrutural, vem colaborar com a potencialização da prestação do serviço, em sua rapidez e eficiência, verificando ainda, se há interferência na segurança da equipe de combatentes e qual seria o melhor equipamento a ser utilizado.

1.1 Problema

Como a falta de emprego ou a inexistência de recursos tecnológicos de visibilidade em incêndios interiores podem afetar a segurança dos combatentes e comprometer a efetividade do serviço realizado?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos gerais

Analisar os pontos positivos e negativos do emprego da Câmera de Imagem Térmica pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina na atividade de combate a incêndio, verificando se o equipamento supriria a necessidade da Corporação por conta da falta de emprego de um recurso tecnológico de visibilidade em incêndios interiores.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Conceituar fogo e incêndio e as peculiaridades de cada um deles;
- b) Descrever os métodos, estratégias e táticas de combate a incêndio estrutural;
- c) Analisar a Câmera de Imagem Térmica, considerando o fim a que se destina, qual seja, a atividade de combate a incêndio, englobando critérios técnicos e financeiros.
- d) Verificar a quantidade de Câmeras de Imagem Térmica existentes no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina – CBMSC, sua localização e se o equipamento está sendo

utilizado, tanto pelas guarnições, quanto em instruções, explorando casos em que o equipamento foi utilizado para uma ação de combate a incêndio eficaz, dentro e fora da corporação;

e) Realizar testes com Câmeras de Imagem Térmica para o fim de analisar seu funcionamento em casos práticos e se sua utilização auxiliaria em ocorrências de combate a incêndio.

1.3 Justificativa

A importância do presente estudo se revela pela necessidade do CBMSC de estar sempre buscando a evolução tecnológica de seus equipamentos, a criação de novas técnicas de trabalho, o aprimoramento de seus serviços e o aumento da segurança dos combatentes envolvidos na atividade bombeiril.

Os serviços prestados pelo CBMSC, que compreendem a segurança e prevenção contra incêndio e pânico, a busca e salvamento e o combate a incêndios, vem sendo potencializados de incontáveis maneiras, de modo a garantir a proteção, cada vez mais eficaz, da vida e do patrimônio da população catarinense e da própria corporação.

No caso da atividade de combate a incêndio estrutural, essa potencialização pode ser exemplificada pela padronização do uso de algumas ferramentas, como os atuais equipamentos de proteção individual, que apresentam materiais que resistem por tempo e temperatura cada vez maiores; os atuais equipamentos de proteção respiratória, que permitem a permanência do combatente em local insalubre sem trazer prejuízo à saúde do sistema respiratório; o ventilador de combate a incêndio, que resfria e melhora a visibilidade em ambientes de incêndio interior, permitindo uma ação mais efetiva, além de evitar a ocorrência de eventuais *backdraft* ou *flashover*; as novas mangueiras e esguichos, que possibilitam um combate mais eficaz às chamas de um incêndio; o líquido gerador de espuma, que permite além do resfriamento da combustão, o seu abafamento; além de outras.

É flagrante que a atividade de combate a incêndio é uma tarefa complexa, que envolve uma série de cuidados para a produção de resultados eficientes e para que a integridade física dos combatentes e de possíveis vítimas sejam preservadas. Apesar da grande evolução que esse ramo bombeiril já enfrentou, ainda hoje tem-se notícia de situações no combate a incêndio que poderiam ter atingido menores proporções, ou que não obtiveram sucesso, indicando que esta evolução deve ser ampla e contínua.

Dessa forma, a utilização de Câmeras de Imagem Térmica, se mostra como um possível próximo passo na evolução do combate a incêndio estrutural catarinense. Trata-se de um

equipamento que já vem sendo utilizado em outros países e estados brasileiros e tende a muito auxiliar num combate mais efetivo e seguro.

1.4 Metodologia

Tratando-se de pesquisa com tema específico, visando a conclusão do Curso de Formação de Oficiais do CBMSC e seguindo as orientações da IG 40/01 BM, o método de procedimento para a elaboração do trabalho foi monográfico.

Objeto de pesquisa foi o combate a incêndio estrutural e sua evolução na tentativa de tornar a atuação da equipe de combate cada vez mais eficaz, sem esquecer da preocupação com a integridade e proteção dos mesmos. Mais especificamente, pretendeu-se investigar a relação do emprego de Câmeras de Imagem Térmica na potencialização do serviço realizado.

O método de abordagem foi o hipotético-dedutivo, descrito por Marconi e Lakatos (2010, p.88) como um método que: “se inicia pela percepção de uma lacuna nos conhecimentos, acerca da qual formula hipóteses e, pelo processo de inferência dedutiva, testa a predição da ocorrência de fenômenos abrangidos pela hipótese.”

Ou seja, através da pesquisa a elaborada, se demonstrou que as hipóteses levantadas buscam a solução do problema da falta de um equipamento que potencialize a prestação do serviço de combate a incêndio, colabore para um salvamento célere de eventuais vítimas e aumente a proteção dos combatentes empenhados nas ocorrências.

De acordo com os objetivos, o trabalho foi conduzido através de uma pesquisa exploratória, definida por Gil (2007, p. 41) como:

Pode-se dizer que estas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de ideias ou a descoberta de intuições. Seu planejamento é, portanto, bastante flexível, de modo que possibilite a consideração dos mais variados aspectos relativos ao fato estudado.

Assim, com a pesquisa exploratória, pretendeu-se aprofundar os conhecimentos acerca da utilização de um equipamento que não faz parte do cotidiano do CBMSC, e por isso, precisa ser avaliado de forma ampla.

Quanto aos procedimentos técnicos para elaboração do trabalho, a pesquisa se deu de forma bibliográfica, vez que foram analisados todos os aspectos de um incêndio estrutural, dos procedimentos de busca e salvamento em incêndios e acerca da proteção do combatente, o que levou em conta a doutrina específica acerca da matéria em seus mais variados tipos de publicações.

É o que sugere Marconi e Lakatos (2010, p. 166):

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicações avulsas, boletins,

jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico etc., até meios de comunicação orais: rádio, gravações em fita magnética e audiovisuais: filmes e televisão. Sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto, inclusive conferências seguidas de debates que tenham sido transcritos por alguma forma, quer publicadas, quer gravadas.

Para analisar os fatores que influenciaram o CBMSC a adquirir uma Câmera de Imagem Térmica, foi necessário que os procedimentos técnicos englobassem a pesquisa documental. Referida constatação demandou o acesso à seção competente da corporação, para aferir, através de documentos, quando e como se deu a sua aquisição, além de explorar as especificações técnicas do produto, exigidas para tanto.

Ainda quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa foi realizada pela forma experimental. Segundo Rudio (2012, p. 69):

Na pesquisa experimental, o pesquisador manipula deliberadamente algum aspecto da realidade, dentro de condições anteriormente definidas, a fim de observar se produz certos efeitos. A este procedimento denomina-se experimento: não existe pesquisa experimental sem experimento.

O experimento foi realizado na cidade de Tubarão, no campo de treinamento utilizado pelo 8º Batalhão Bombeiro Militar – BBM para instruções de combate a incêndio estrutural, visando verificar a utilidade da Câmera de Imagem Térmica.

Foi realizada simulação de situação de incêndio estrutural, em edificação própria para tanto, e através do equipamento avaliou-se a rapidez com que foi localizado o foco do incêndio, seja no exterior da edificação, através da localização do cômodo que apresenta maior temperatura, seja no seu interior, com a indicação exata da fonte principal de calor.

Outro ponto avaliado, foi a eficácia do equipamento quanto à aferição da temperatura existente em um ponto específico, no objetivo de relacionar com possíveis ocorrências de *backdraft* e *flashover*. Buscou-se ainda, avaliar a eficácia da Câmera de Imagem Térmica na localização de pessoas.

Todos esses fatores subsidiaram uma análise experimental da influência da Câmera na celeridade da resposta em situação de incêndio estrutural e consequente diminuição da exposição do combatente aos riscos inerentes à ocorrência.

1.5 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em 7 capítulos, sendo que o primeiro trata somente da introdução, enquanto que no segundo capítulo tratou-se sobre fogo e incêndio. Na ciência do fogo, foi abordado o tetraedro do fogo e seus componentes, transferência de calor,

pontos de temperatura e limites de inflamabilidade. Na tecnologia do incêndio, foram abordados a classificação do incêndio, tipos, fases, além dos fenômenos do *flashover* e do *backdraft*.

Posteriormente, no terceiro capítulo, tratou-se sobre o combate a incêndio estrutural, dando-se ênfase para métodos de extinção de incêndio, estratégias ofensiva, defensiva e marginal, e para táticas de combate a incêndio, principalmente a busca de vítimas, o controle do fogo, a conservação da propriedade e a preservação do local, além do gerenciamento dos riscos e equipamentos de proteção individual.

O quarto capítulo trata das Câmeras de Imagem Térmica – CIT, sendo abordados conceitos e origem da termografia, e as características básicas, aplicações, especificações técnicas, recursos e valores das CITs.

No quinto capítulo foi abordada a questão central do presente trabalho, a utilização de CITs na atividade de combate a incêndio estrutural. Este capítulo tratou da evolução do combate a incêndio estrutural, da utilidade da CIT em operações de combate a incêndio estrutural e sobre a utilização da mesma em Corporações de Bombeiros diversas e também no CBMSC.

O sexto capítulo trata da metodologia aplicada nos experimentos realizados, com suas devidas descrições e resultados, enquanto o sétimo capítulo se trata da conclusão do trabalho.

2 FOGO E INCÊNDIO

2.1 Ciência do fogo

A utilização do fogo foi o maior avanço conquistado pelo homem pré-histórico e contribuiu para tantos outros avanços na evolução da humanidade.

Na mais remota antiguidade o homem ainda não possuía controle sobre o fogo, utilizando-se do mesmo apenas quando produzido naturalmente, por meio de descargas atmosféricas que atingiam árvores, por exemplo.

Um pouco mais evoluído, o homem percebeu que o choque entre duas pedras geravam uma fálscia e que o atrito constante entre madeiras gerava brasa, que poderiam dar início ao fogo em materiais combustíveis, como folhas secas.

Com relação a este período mais remoto da relação do homem com o fogo, Cardoso (2014, p. 22, grifo do autor) afirma que:

Em cada momento histórico, representado na curva de evolução, o FOGO acompanhou o homem em sua marcha social, contribuindo com o seu desenvolvimento. O uso do fogo, a partir de uma fonte natural tornou-se indispensável para a sobrevivência dos indivíduos. Era usado no aquecimento de seus abrigos; na iluminação em deslocamentos noturnos e de seus abrigos; no cozimento de alimentos e para carbonizar as pontas de lanças e flechas, conferindo-lhes um grau de maior dureza, garantindo às armas, uma maior eficiência para abater suas caças.

Com o passar dos tempos, o homem alcançou novos progressos e com isso, foi aprimorando sua maneira de utilizar o fogo. Cardoso (2014, p. 23, grifo do autor) explica que:

As sociedades complexas também iniciaram a construção do seu modelo social, a partir do desenvolvimento de tecnologia científica no uso e controle do FOGO. A máquina vapor foi outra forma elaborada do uso e controle do fogo, revelando o grau de evolução das culturas, típicas das sociedades industriais.

Ao se referir ao fogo, Amorim (1982, p. 24) informa que: “Hoje sua utilidade é incalculável, mas apesar disso, se for mal usado se tornará um devorador de vida e bens.”

Certamente, o fogo continua sendo uma das necessidades básicas do ser humano em suas atividades cotidianas e um instrumento que fomenta as indústrias em vários níveis, não se vislumbrando mudanças quanto a sua importância e imprescindibilidade para a sociedade.

Tecnicamente, o fogo é um processo de combustão, definido como: “um processo (reação química) de oxidação rápida, autossustentável, acompanhada pela produção de luz e calor em intensidade variáveis.” (TUVE *apud* OLIVEIRA, 2005, p. 15).

Este também é o exato conceito trazido pelo CBMSC (2013, Lição 1, p.2), que ainda deixa claro que os conceitos fogo e combustão são conceitos diversos e não podem ser

confundidos. E ainda, refere que combustão: “[...] é uma reação química de oxirredução, exotérmica, entre uma substância combustível e um oxidante.”

Já Secco (1982, p.16) defende que a combustão é:

[...] uma reação química, de oxidação, exotérmica que toma lugar quando uma substância é combinada com o oxigênio ativada pelo calor e numa proporção suficiente para desenvolver energia luminosa, mais calor.
O calor desenvolvido na combustão é resultante da ruptura das ligações moleculares do combustível que estabelece a reação em cadeia [...]

Com base nisso é que o CBMSC (2013, Lição 1, p.2) conclui que o fogo é apenas uma das formas de combustão, sendo ainda a sua parte visível.

Corroborando com tal entendimento, Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 9), afirmam que: “O fogo é uma combustão. Esta é uma reação química particular acompanhada pela libertação de calor, isto é, uma reação exotérmica.”

2.1.1 Tetraedro do fogo

O processo de combustão necessita de alguns elementos para sua ocorrência e manutenção, a dizer: o combustível, o comburente, o calor e a reação em cadeia. Com base nesses quatro elementos, criou-se a ideia de uma representação gráfica do fogo (Figura 1), denominada de tetraedro do fogo. Esclarece-se que tal representação deriva de uma anterior, chamada de triângulo do fogo, que desconsiderava a existência da reação em cadeia, e não é mais utilizada.

Figura 1 – Tetraedro do fogo



Fonte: Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 9)

Para melhor compreensão do surgimento da teoria do tetraedro do fogo, cita-se Seito (2008, p. 35):

Inicialmente foi criada a teoria conhecida como Triângulo do Fogo que explicava os meios de extinção do fogo pela retirada do combustível, do comburente e do calor. Assim, a interpretação desta figura geométrica plana é: os três elementos que compõem cada lado do triângulo – combustível, comburente e calor – devem coexistir ligados para que o fogo se mantenha. Com a descoberta do agente extintor “halon”, foi necessário mudar a teoria, a qual atualmente é conhecida como tetraedro do fogo. A interpretação desta figura geométrica espacial é: cada uma das quatro faces representa um elemento do fogo – combustível, comburente, calor e reação em cadeia – e devem coexistir ligados para que o fogo se mantenha.

Oliveira (2005, p. 15) esclarece que para a ignição, ou início de um fogo são necessários três elementos: “[...] algo que queime (combustível), uma fonte de ignição (calor ou energia térmica) e o oxigênio (comburente). A oxidação é uma reação química onde um agente oxidante e um agente redutor se combinam para formar produtos menos reativos que os materiais de origem.”

Complementando, Oliveira (2005, p. 16) aborda a reação em cadeia da seguinte forma:

Afirmar que o processo de oxidação é auto-sustentável implica em dizer que a reação de combustão continuará como se fosse uma reação em cadeia. A reação deve continuar com suficiente rapidez para produzir suficiente energia, desprender luz e calor e, continuar a desenvolver-se. Essa combinação entre os termos rapidez e reação de oxidação auto-sustentável deu lugar a um quarto elemento que é a reação em cadeia.

Assim, enquanto houver os quatro elementos referidos, haverá fogo, razão pela qual é possível afirmar que trata-se de um processo autossustentável. Adiante, trataremos os principais conceitos relacionados a cada um desses elementos.

O combustível é o agente redutor de uma combustão, e é o elemento que sofrerá a oxidação no processo de oxirredução. Amorim (1982, p. 24) entende que o combustível é tudo que serve como campo de propagação do fogo e detalha que: “Com raras exceções, todos os elementos conhecidos são combustíveis. Os materiais orgânicos são combustíveis, ao passo que apenas alguns materiais inorgânicos, em condições normais, são combustíveis.”

De acordo com a *International Fire Service Training Association - IFSTA* (2001, p. 42), os combustíveis podem se apresentar nos estados físicos sólido, líquido e gasoso, contudo, a grande parte deles precisará passar para o estado gasoso para que reaja com o oxigênio, ou seja, para queimar.

Ainda com base na ideia da *IFSTA* (2001, p. 43), o combustível sólido se combinará com o oxigênio através da pirólise, que é a transformação química pelo calor, enquanto que o combustível líquido se combinará com o oxigênio através da vaporização, que é a conversão de um líquido ao estado gasoso.

Para Oliveira (2005, p. 18), a velocidade de queima de um combustível depende de sua capacidade de combinar-se com o oxigênio quando exposto ao calor, ou seja, do seu estado físico e também de sua fragmentação, ou seja, da sua área de contato com o oxigênio.

Na visão de Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 18) os seguintes fatores influenciam para a queima de um combustível, a dizer: a condutividade térmica, o estado de divisão, a densidade, as temperaturas características (como as temperaturas de inflamação, de combustão e de ignição), e, nos casos de combustíveis líquidos, a miscibilidade e a tendência de liberar vapores.

O comburente é o agente oxidante de uma combustão. É ele que fornecerá intensidade ao processo de oxirredução.

Ao tratar do comburente, Secco (1982, p. 19) menciona que: “Este é o elemento que possibilita vida às chamas e intensifica a combustão, assim é que em ambientes pobres de oxigênio o fogo não tem chamas e nos ambientes ricos elas são intensas, brilhantes e com elevada temperatura.”

Nota-se que o autor refere-se ao oxigênio, na citação acima. Isto porque, um dos comburentes mais comuns é o oxigênio. Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 17) comentam o seguinte, sobre outros comburentes:

Para além do oxigênio, há outros gases que podem comportar-se como comburentes para determinados combustíveis. Assim, o hidrogênio arde no seio do cloro, os metais leves (lítio, sódio, potássio, magnésio, etc.) ardem no seio do vapor de água e o cobre arde no seio de vapor de enxofre. O magnésio e o titânio, em particular, e se finamente divididos, podem arder ainda em atmosfera de gases normalmente inertes, como o dióxido de carbono e o azoto.

Oliveira (2005, p. 17) ainda cita como comburentes os bromatos, cloratos, nitratos, nitritos, ácido nítrico, percloratos, peróxidos, dentre outros.

É fácil concluir que o oxigênio é o comburente existente mais comum na natureza, já que ele compõe 21% do ar atmosférico. Oliveira (2005, p.17) descreve a influência do percentual de oxigênio presente no ar para o processo de combustão:

[...] em ambientes com a composição normal do ar, a queima desenvolve-se com velocidade e de maneira completa e notam-se chamas. [...] Quando a porcentagem do oxigênio do ar do ambiente passar de 21% para a faixa compreendida entre 16% e 8%, a queima tornar-se-á mais lenta, surgirão brasas e não mais chamas. Quando o oxigênio contido no ar do ambiente atingir concentrações menores de 8%, é muito provável, que a combustão deixe de existir.

E ainda, quando o percentual de oxigênio no ar do ambiente for superior a 21%, diz-se que a atmosfera está enriquecida com oxigênio. Neste caso, prega a *IFSTA* (2001, p. 42) que a queima do combustível será potencializada, sendo que alguns derivados de petróleo se tornariam auto inflamáveis e alguns materiais que normalmente não queimariam, poderiam sofrer combustão.

Um conceito de calor, extraído da Física e exposto por Bonjorno et al. (2003, p. 11), é o seguinte: “Calor é a energia térmica em trânsito, entre dois corpos e sistemas, decorrente apenas da existência de uma diferença de temperatura entre eles.”

Como elemento que compõe o tetraedro do fogo, o calor é referido por Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 16) como sendo a energia de ativação necessária para iniciar um processo de combustão.

Para Oliveira (2005, p. 19):

O calor é uma forma de energia que eleva a temperatura e é gerado através da transformação de outra energia através de processos físicos ou químicos. O calor pode ser descrito como uma condição da matéria em movimento, isto é, movimentação ou vibração das moléculas que compõem a matéria.

O CBMSC (2013, Lição 1, p.8) afirma que, na prática, o calor é qualquer elemento que faça com que um combustível sólido ou líquido desprenda gases combustíveis de seu corpo e venha a se inflamar, como uma faísca ou uma centelha.

Utilizando-se todos os conceitos anteriores, relativos ao tetraedro do fogo, é que se explicitará sobre o que é a reação em cadeia. Isso se faz necessário, porque a reação em cadeia é o elemento que une todos os outros, fazendo com que o fogo se mantenha num ciclo autossustentável, por tempo indeterminado, se presentes os quatro elementos do tetraedro do fogo.

Segundo Secco (1982, p. 20), a reação em cadeia formada na combustão, ocorre com a formação de produtos instáveis, como os radicais livres, que tendem a se combinar com novos radicais ou corpos estáveis, razão pela qual, sempre haverá radicais livres na combustão. E complementa o referido autor:

A estes radicais livres cabe a responsabilidade da transferência de energia necessária a transformação da energia química em calorífica, decompondo as moléculas ainda intactas e desta maneira provocando a propagação do fogo numa verdadeira cadeia de reação.

Trata-se de uma reação química, explicada didaticamente por Oliveira (2005, p. 21) da maneira que segue: “De forma simples, o calor irradiado das chamas atinge o combustível e este é decomposto em partículas menores, que se combinam com o oxigênio e queimam, irradiando outra vez o calor para o combustível, formando um ciclo constante.”

Assim, expostos os aspectos principais dos elementos que compõem o tetraedro do fogo, passa-se a abordar outras particularidades da reação de combustão do fogo.

2.1.2 Transferência de calor

Da maneira já exposta anteriormente, o calor é a energia térmica em trânsito entre dois corpos, decorrente da diferença de temperatura entre eles. Esta transferência térmica pode acontecer de três formas, quais sejam: a condução, a convecção e a irradiação, o que se verá adiante.

2.1.2.1 Condução

A transferência de calor pode ocorrer pela condução, ou seja, pela transmissão de calor através de um corpo sólido. De acordo com Secco (1982, p. 31): “A condução ou condutibilidade é o processo pelo qual o calor se transmite diretamente da matéria para matéria e de molécula para molécula, isto é sem intervalo entre os corpos.”

Um exemplo de condução seria o aquecimento de um metal numa de suas extremidades. Haverá transmissão de calor através de suas moléculas até que a extremidade oposta esteja aquecida.

2.1.2.2 Convecção

Já a convecção ocorre por conta da transferência de calor através de gases e líquidos que se deslocam através do próprio meio.

Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 27) explicam sobre a convecção, que:

A menor densidade dos gases aquecidos provoca correntes ascendentes dos gases quentes e correntes descendentes do ar circundante, mais frio, deslocando-se desta forma a matéria aquecida para outros pontos. Num edifício, esta forma de propagação faz-se por todas as comunicações interiores (caixas de elevadores, corredores, coretes, condutas de ventilação) e pela fachada.

Da mesma forma ocorre em meio líquido, afirma Oliveira (2005, p.25), pois a medida que a água é aquecida, ela se expande e fica menos densa provocando movimento para cima.

2.1.2.3 Radiação

Na transferência de calor pela radiação, ocorre a transmissão de energia através de ondas eletromagnéticas.

A *International Fire Service Training Association* (2001, p. 38) informa que a transmissão de calor por ondas eletromagnéticas se compara ao deslocamento da luz, das

ondas de rádio e até do raio X. Ainda menciona que todos os objetos transmitem calor, devido a agitação de suas moléculas.

O fato de sentir o calor de um ferro de passar roupas, apenas com a proximidade entre a pele de uma pessoa e a superfície aquecida do ferro, é um exemplo de como o calor é transmitido por radiação.

2.1.3 Pontos de temperatura

Alguns pontos de temperatura devem ser estudados para que se entenda o comportamento do fogo, mais especificamente, para entender o momento do início de uma combustão, com base no que já foi exposto acerca do tetraedro do fogo.

Nas definições de Secco (1982, p. 24), os pontos de temperatura são divididos em ponto de fulgor: quando um material combustível começa a liberar vapores que podem queimar ao contato com uma fonte de calor externa, mas não o suficiente para manter o fogo queimando; ponto de combustão: quando o combustível libera gases em quantidade suficiente para, em contato com uma fonte de calor externa, iniciar e manter a combustão; e ponto de ignição: quando os gases liberados pelo combustível entram em combustão com o simples contato com o oxigênio do ar, sem o contato com qualquer fonte de calor externa.

Como exemplo, cita-se o álcool, que atinge seu ponto de fulgor com a temperatura mínima de $-17,7^{\circ}\text{C}$ e seu ponto de ignição com a temperatura de 538°C , sendo que seu ponto de combustão se dará crescendo cerca de 4°C à temperatura do ponto de fulgor, segundo dados extraídos do CBMSC (2013, Lição 1, p.16).

2.1.4 Limites de inflamabilidade

De acordo com Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 22) os percentuais de concentração dos gases do combustível também são fatores preponderantes para o estudo do fogo, vez que a presença de combustível na mistura de combustível e comburente não pode exceder a determinados níveis (mistura rica) ou se apresentar em quantidades insuficientes (mistura pobre).

São os chamados limites superior e inferior de inflamabilidade ou explosividade, conceituados por Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 22) da seguinte maneira:

Limite Inferior de Inflamabilidade – corresponde à percentagem mínima do combustível gasoso que, misturado com o ar, permite a combustão, não sendo a mesma possível abaixo deste limite (mistura pobre).

Limite Superior de Inflamabilidade – corresponde à porcentagem máxima de combustível gasoso que, misturado com o ar, permite a combustão, não sendo a mesma possível acima deste limite (mistura rica).

Considerando que o gás butano possui um limite inferior de inflamabilidade de 1,8% e um limite superior de inflamabilidade de 9%, pode-se afirmar que só haverá combustão em um ambiente com ar (comburente oxigênio), se a quantidade de butano estiver entre 1,8% e 9% da concentração daquela mistura.

Feitas estas considerações principais sobre o tipo de combustão, que é o fogo, se abordará as implicações de sua ocorrência quando fora do controle do homem.

2.2 Incêndio

Como já vimos, o fogo foi e continua sendo um grande aliado do ser humano em toda sua evolução, porém, quando fora de controle, o fogo pode causar prejuízos de grande monta, além de prejuízos à vida e à integridade física das pessoas. A isto, chamamos de incêndio.

Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 30) conceituam incêndio como: “[...] uma combustão (fogo) sem controle no espaço e no tempo. De uma forma simples, um incêndio, abandonado a si mesmo, depois de sua fase inicial, entra em combustão livre até se verificar o decaimento das chamas.”

De acordo com Amorim (1982, p. 54) o incêndio é:

Toda e qualquer destruição ocasionada pelo fogo, dos bens materiais (móveis e imóveis), além dos físicos e morais aos seres humanos. Toda e qualquer destruição pelo fogo que se processar fora do desejo e do controle humano, com prejuízos consideráveis e não previstos, tem a denominação de incêndio.

Para melhor análise do incêndio e seus desdobramentos, necessário se faz, conhecer suas classes, tipos e fases. Desta forma, se conhecerá, posteriormente, as melhores formas de controle e combate ao fogo fora de controle.

2.2.1 Classificação

Os incêndios se classificam de acordo com o material combustível que alimenta o fogo e de acordo com Oliveira (2005, p. 38) essa classificação é feita para determinar qual o melhor agente extintor a ser aplicado no incêndio, ou seja, aquele capaz de eliminar um ou mais elementos da combustão, e segue as normas da *NFPA – National Fire Protection Association* (Associação Nacional de Proteção Contra Incêndios dos EUA) e da *IFSTA – International Fire Service Training Association* (Associação Internacional para o Treinamento de Bombeiros dos EUA).

Referidas normas, também aplicadas no Brasil, se resumem na classificação disposta a seguir.

Incêndio classe “A”: o CBMSC (2013, Lição 1, p. 18) expõe que são aqueles decorrentes de materiais combustíveis sólidos, como madeira, plásticos, borrachas, etc e caracterizam-se pela brasa e pelas cinzas que produzem e por queimar em razão do volume, o que se entende por queimar tanto em sua superfície, quanto em sua profundidade.

Incêndio classe “B”: segundo Oliveira (2005, p. 39), são os que tem como combustíveis os líquidos inflamáveis, as graxas e os gases combustíveis e são caracterizados por não deixar resíduos e queimar apenas em sua superfície.

Incêndio classe “C”: a *International Fire Service Training Association* (2001, p. 58) afirma que são aqueles ocorridos em materiais elétricos energizados, como eletrodomésticos energizados, transformadores, linhas de transmissão de energia, etc. Oliveira (2005, p. 39) comenta que a principal característica dos incêndios classe “C” é o grande risco de vida envolvido em suas ocorrências, e que eliminado o perigo da eletricidade, em sua grande maioria, os incêndios classe “C” se convertem em incêndios classe “A”.

Incêndio classe “D”: de acordo com o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (201-?, Lição 1, p. 19) são aqueles que envolvem metais pirofóricos como magnésio, selênio, antimônio, lítio, potássio, zircônio, titânio, etc e tem por características as grandes temperaturas e a reação com água.

Incêndio classe “K”: são mencionados por Oliveira (2005, p. 40) como aqueles ocorridos em óleos, gorduras de cozinha e piche derretido, e se confundem, de certa forma com os incêndios classe “B”, aparecendo mais recentemente em textos técnicos para enfatizar seus riscos especiais, principalmente por não dever ser combatido com água em jato direto.

2.2.2 Tipos

Os incêndios podem ser divididos em dois tipos: os incêndios exteriores e os incêndios interiores.

O incêndio exterior é aquele ocorrido em espaços abertos, fora de qualquer estrutura que possa acumular o calor dos gases da combustão. Conforme afirmação de Oliveira (2005, p. 41):

Se o fogo está num espaço aberto (área exterior ou edificação de grande porte) a coluna de calor se eleva sem obstrução e vai puxando o ar atmosférico para dentro de si. Essa entrada de ar frio na coluna de gases aquecidos proporciona um resfriamento dos gases localizados sobre o fogo.

Neste caso, da maneira versada por Oliveira (2005, p. 41), a propagação do fogo se dará pela irradiação da coluna de gases aquecidos e pela irradiação do próprio incêndio, para os

combustíveis que estão ao seu redor, podendo ser incrementada pelo vento ou pela posição inclinada de um terreno.

De acordo com Oliveira (2005, p. 41), o incêndio é interior quando: “se produz dentro de um determinado espaço fechado de uma edificação.” A sua propagação e crescimento se dará somente com a presença de combustível e oxigênio.

Um incêndio interior pode ser comum ou confinado.

O CBMSC (2013, lição 2, p. 2), descreve o incêndio interior comum da seguinte forma:

Incêndio interior comum é aquele que se desenvolve dentro de determinado espaço fechado de uma estrutura física, que possua meios adequados para se entrar e sair, apresentando-se em boas condições de ventilação, a qual não permita o acúmulo crítico dos produtos da combustão naquele ambiente interno.

Com relação ao incêndio comum confinado, o CBMSC (2013, lição 2, p. 2), explicita:

Incêndio interior confinado é aquele que se desenvolve dentro de determinado espaço fechado de uma estrutura física, que possua meios adequados para se entrar e sair, apresentando-se em condições de pouca ou nenhuma ventilação, permitindo o acúmulo crítico dos produtos da combustão naquele ambiente interno.

Normalmente, os incêndios interiores confinados se propagam mais facilmente, devido à facilidade do acúmulo de calor no ambiente, o que acelera liberação de radicais livres do combustível e, conseqüentemente, acelera toda a reação em cadeia e a combustão.

O incêndio interior também pode ser chamado de incêndio estrutural; aquele incêndio ocorrido em edificações construídas com os mais diversos tipos de materiais existentes, como madeira, alvenaria ou metal, para variados fins.

É justamente no contexto do incêndio interior, mais claramente, no incêndio estrutural, que se insere o presente trabalho.

2.2.3 Fases

O desenvolvimento de um incêndio envolve algumas fases distintas, que podem variar de acordo com inúmeros fatores, como por exemplo, a quantidade de combustível, a classe de incêndio ou a existência de ventilação.

Em geral, seguindo os ensinamentos do CBMSC (2013, lição 2, p. 3) os incêndios passam pelas seguintes fases: a fase da ignição, a fase do crescimento do fogo, a fase do desenvolvimento completo e a fase da diminuição, que serão esclarecidas adiante.

2.2.3.1 Ignição

A ignição é a primeira fase de um incêndio, em que um produto qualquer passa a queimar.

Para a *IFSTA* (2001, p. 48) é quando os quatro elementos do tetraedro do fogo se unem e começam uma combustão. Geralmente durante a ignição o fogo é pequeno e atinge somente o material combustível que iniciou a combustão.

O CBMSC (2013, lição 2, p. 3) informa que a ignição pode se desenvolver por abrasamento, quando a combustão se dará de forma gradual, sem chamas e produzindo pouco calor; e por chamejamento, num desenvolvimento mais rápido, em que são visíveis a chama e a fumaça.

2.2.3.2 Crescimento do fogo

Com a ignição e continuidade do fogo, o calor produzido passa a se espalhar pelo ambiente e inicia-se a formação de uma coluna de gás aquecido logo acima do material em combustão, denominada pelo CBMSC (2013, lição 2, p. 3) como pluma.

Segundo Oliveira (2005, p. 42) essa coluna de gases atrai o ar do ambiente em sua volta e começa a se acumular no teto do espaço, limitado por suas paredes. A medida que esta concentração de gases aquecidos aumenta, ela passa a preencher o ambiente, de cima para baixo. Oliveira continua, salientando que:

Nesta fase do crescimento o oxigênio contido no ar está relativamente normalizado e o fogo está produzindo vapor d'água (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) e outros gases. Grande parte do calor está sendo consumido no próprio aquecimento dos combustíveis presentes e, neste estágio, a temperatura do ambiente está ainda pouco acima do normal. No entanto, o calor está sendo gerado e evoluirá com o aumento do fogo e a fase de crescimento ou incubação continuará seguindo se houver suficiente combustível e oxigênio disponíveis.

Referida concentração de fumaça no teto do ambiente atingido pelo incêndio pode ser chamada de plano neutro.

Assim, enquanto se mantiver o tetraedro do fogo naquele ambiente, o crescimento do fogo será mantido até que se atinja o estágio de desenvolvimento subsequente.

Durante a fase do crescimento do fogo é que ocorrem dois fenômenos do incêndio que encontram grande relevância para o estudo e para a prática da atividade de combate a incêndio, que são o *flashover* ou ignição súbita generalizada, e o *backdraft* ou ignição explosiva. Estes dois fenômenos serão tratados separadamente, logo adiante.

2.2.3.3 Desenvolvimento completo

Antes de abordar a fase de desenvolvimento completo do incêndio, cabe ainda referir-se a uma etapa de transição existente entre a fase do crescimento do fogo e do desenvolvimento completo, chamada de fase do *flashover* ou da ignição súbita.

Nesta etapa, conforme elucidação de Oliveira (2005, p. 43), o crescimento do fogo poderá eclodir em dois fenômenos distintos, o *flashover* ou ignição súbita generalizada, quando o crescimento se dá na presença adequada de oxigênio, e o *backdraft* ou ignição explosiva, quando o crescimento ocorre sem grandes quantidades de oxigênio.

Tais fenômenos são de grande importância em matéria de combate a incêndio e por isso, serão tratados separadamente em momento posterior.

Tratando-se especificamente da fase de desenvolvimento completo do incêndio, há de se mencionar que é a fase do incêndio em que todos combustíveis existentes no ambiente são tomados pelo fogo.

Ao referir-se ao desenvolvimento completo do incêndio, o CBMSC (2013, lição 2, p. 5) aduz que:

A taxa de liberação do calor atingirá seu ponto máximo, produzindo altas temperaturas - tipicamente, essas temperaturas poderão atingir 1.100 graus Celsius ou mais em determinadas circunstâncias especiais.

O desenvolvimento completo é o momento em que as chamas tomam todo o ambiente do incêndio, gerando um grande calor e uma grande quantidade de gases e fumaça, fazendo com que todo o combustível se reduza à sua matéria mais básica.

2.2.3.4 Diminuição

A fase da diminuição do incêndio é a fase em que todo o combustível disponível já foi consumido pelo fogo e o calor começa a diminuir no ambiente. Este é o conceito da *IFSA* (2001, p. 51), que ainda sustenta que o fogo passa a estar controlado devido à insuficiência de combustível.

2.2.4 Ignição súbita generalizada

Da maneira exposta anteriormente, é entre a fase do crescimento do fogo e a fase do desenvolvimento completo do incêndio que ocorrem os fenômenos do *flashover* e do *backdraft*.

O *flashover* ou ignição súbita generalizada ocorre quando todos os materiais combustíveis no ambiente do incêndio entram em combustão praticamente de forma simultânea, devido à grande quantidade de energia em forma de calor presente.

Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 33) afirmam que:

Ao atingirem temperaturas muito elevadas os gases podem auto-inflamar-se acelerando o processo de entrada simultânea em combustão da totalidade dos corpos: combustão generalizada (*flashover*).

A partir desse momento a temperatura no local é uniforme e a radiação sobre as paredes atinge o seu valor máximo.

Oliveira (2005, p. 43) ainda se refere ao *flashover* pelo termo explosão ambiental e comenta que a grande quantidade de gás aquecido irradia calor a todos os materiais combustíveis presentes no ambiente, resultando em sua pirólise, e os gases resultantes dessa reação se aquecem até o momento em que atingem seu ponto de ignição, conforme Figura 2.

Figura 2 – *Flashover*



Fonte: Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 34)

Alguns fatores podem ser indicativos de que um *flashover* está prestes a ocorrer, da maneira que dispõe o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina (2013, lição 3, p. 4), quais sejam: a existência de fumaça muito densa; línguas de fogo na camada de fumaça, direcionando-se para aberturas como portas e janelas; e o rebaixamento crescente do plano neutro e aumento de turbulência.

2.2.5 Ignição explosiva

Da mesma forma que no fenômeno do *flashover*, o fenômeno do *backdraft* ocorre entre as fases do crescimento do fogo e do desenvolvimento completo do incêndio.

Contudo, a grande diferença existente entre os dois fenômenos é a presença de comburente suficiente para que a combustão ocorra. Se por um lado, no *flashover* há quantidade de oxigênio suficiente para que ocorra a ignição súbita generalizada, por outro, é na ausência de oxigênio suficiente que se propiciará a manifestação do *backdraft*.

O CBMSC (2013, lição 3, p. 7) afirma ainda que há grande possibilidade de ocorrência de *backdraft* no início e no final do incêndio.

Ainda explica o CBMSC (2013, lição 3, p. 5), que nos incêndios com oxigênio precário, a queima é lenta e incompleta, resultando na formação de Monóxido de Carbono (CO) e não Dióxido de Carbono (CO²), gerando uma situação de grande risco, pelo seguinte motivo:

O Monóxido de Carbono possui uma ampla faixa de explosividade, cujo limite inferior é de 12,5% e o superior é de 74% no ambiente, e atinge seu ponto de ignição a 605°C (temperatura que usualmente se encontra em incêndios interiores). Tal situação torna-se extremamente perigosa, pois todos os elementos do fogo estão presentes em grande quantidade, exceto o comburente.

Nesta situação, se houver uma entrada repentina e em quantidade de oxigênio no ambiente, sem que se tenha a cautela de retirar a grande parte dos gases inflamáveis, enriquecidos pelo monóxido de carbono (CO), através da ventilação do ambiente, todos os componentes do tetraedro do fogo estarão unidos novamente, podendo gerar a ignição explosiva daqueles gases, ou seja, o fenômeno do *backdraft*, conforme Figura 3.

Figura 3 – *Backdraft*



Fonte: Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 35)

São indícios que antecedem um *backdraft*, segundo o CBMSC (2013, lição 3, p. 5): a existência de fumaça muito densa e escura, saindo de maneira pulsante por meio de frestas ou de outras pequenas aberturas; visualização de poucas chamas, que se acendem e se apagam, próximas às aberturas quando da saída de gases do incêndio; visualização de fluxo de corrente de ar para dentro do ambiente do incêndio, de forma pulsante e intermitente; presença de janelas enegrecidas; portas, maçanetas e paredes muito quentes; sons de assobio ou rugido; ausência de chamas de crepitação e presença apenas de brasas; e moldura das janelas com presença de uma espécie de óleo, em verdade, água somada de outros produtos, todos derivados da combustão.

Conhecendo as principais informações acerca da ciência do fogo e da tecnologia dos incêndios, se passará à análise dos métodos, estratégias e táticas de combate a incêndio.

3 COMBATE A INCÊNDIO ESTRUTURAL

Para o controle de situações de incêndio, como as supra descritas, os Corpos de Bombeiros Militar utilizam-se de um conjunto de procedimentos que visam a resolução mais rápida possível da ocorrência, de maneira eficiente e segura, de modo a salvar vidas expostas a risco e diminuir os prejuízos ao patrimônio alheio.

Esse conjunto de procedimentos se traduz pelos métodos, estratégias e táticas de combate ao fogo, que passarão a ser analisados a seguir.

3.1 Métodos

Os métodos de extinção de incêndio podem ser realizados através da retirada do material combustível, por resfriamento, abafamento ou pela quebra da reação em cadeia.

3.1.1 Retirada do material combustível

O próprio nome deste método de extinção de incêndios já traduz o procedimento a ser efetuado. Sendo o combustível o agente redutor de uma combustão, com a sua retirada do local da ocorrência do fogo, este deixará de ser alimentado e se extinguirá.

Secco (1982, p. 21) faz referência ao método da retirada do material combustível, como sendo o mais simples deles, vez que: “[...] é executado com a força física e com os meios de fortuna, não exige aparelhos especializados, consiste na retirada, diminuição ou interrupção com suficiente margem de segurança do campo de propagação do fogo, do material ainda não atingido pelo incêndio.”

Consultando os ensinamentos de Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 37), que também denominam o método como carência ou dispersão do combustível, relativos aos combustíveis sólidos (incêndios classe “A”), extrai-se que:

Para combustíveis sólidos é possível tentar diminuir sua quantidade, reduzindo, desta forma, as dimensões do incêndio, como por exemplo num amontoado de aparas de madeira, de papel ou de plásticos. Em incêndios florestais a técnica do contra-fogo representa ainda um dos exemplos muitas vezes conseguidos.

Ainda afirmam Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 37), agora sobre os combustíveis líquidos e gasosos (incêndios classe “B”), que o incêndio pode ser facilmente controlado cortando-se o acesso do combustível ao local da combustão, através de válvulas previamente dispostas num eventual sistema hidráulico.

3.1.2 Resfriamento

O resfriamento é o método de extinção de incêndios mais comum utilizado pelos bombeiros, realizado através da sobreposição de água sobre o material em combustão. Normalmente utiliza-se em incêndios classe “A” e com muita cautela em incêndios classe “K”. Seus efeitos, ocorridos sobre o calor da combustão, são definidos por Secco (1982, p. 22) como segue: “Consiste em roubar calor do material incendiado até um ponto determinado, abaixo do qual ele não queima ou não emite mais vapores que por efeito do calor reagem com o oxigênio produzindo a combustão.”

De acordo com Oliveira (2005, p. 36): “A redução da temperatura está ligada à quantidade e a forma de aplicação da água (jatos), de modo que ela absorva mais calor do que o incêndio é capaz de produzir.” Oliveira ainda refere que a forma mais útil de resfriamento é a aplicação de jatos de água neblinados (ângulo médio) na parte superior próxima ao fogo (ataque indireto).

3.1.3 Abafamento

O método de combate ao fogo através de abafamento age sobre o comburente da combustão. Muito utilizado em incêndios classe “B” e classe “K”. Conforme concepção de Oliveira (2005, p. 36):

Consiste em diminuir ou impedir o contato do oxigênio com o material combustível. Não havendo comburente para reagir com o combustível, não haverá fogo (como exceção temos os materiais que tem oxigênio em sua composição e queimam sem a necessidade do oxigênio do ar, como os peróxidos orgânicos e o fósforo branco).

Um exemplo de combate por abafamento é a colocação de um pano úmido sobre uma panela com óleo ou gordura que incendeia, fazendo com que o oxigênio seja suprimido daquela combustão.

3.1.4 Quebra da reação em cadeia

A quebra da reação em cadeia é também denominada por Guerra, Coelho e Leitão (2006, p. 40) como o método de ruptura da reação em cadeia ou inibição, e consiste, segundo pensamentos os autores, em: “[...] impedir a transmissão de energia (calor) de umas partículas do combustível para outras limitando, assim, a formação de radicais livres e /ou consumindo-os à medida que se formam.”

Exemplo de método de combate pela quebra da reação em cadeia, para Secco (1982, p. 23) são os extintores de incêndio (pó químico), através da reação de seus agentes com os produtos da combustão, mais precisamente os radicais ativos, intervindo na cadeia de combustão, interrompendo-a e fazendo cessar a combustão.

O método da quebra da reação em cadeia pode ser aplicado em incêndios de qualquer de suas classes, sendo mais eficiente em incêndios classe “C”, “D” e “K”.

Nota-se que cada um dos métodos estudados ataca um dos componentes do tetraedro do fogo. A retirada do material combustível, interfere no combustível existente; o resfriamento age sobre o calor; o abafamento sobre o comburente; e a quebra da reação em cadeia na inibição da reação entre os radicais livres e o oxigênio, impedindo a cadeia de reações da combustão.

3.2 Estratégias

Cabe à equipe de combate a incêndio, através de seu comandante, definir a estratégia a ser aplicada na operação, que pode ser ofensiva, defensiva ou marginal, utilizando-se como critério, o estágio em que se encontra o incêndio.

Para Oliveira (2005, p. 67) define-se estratégia como: “[...] a mobilização de recursos de uma determinada organização visando o alcance de objetivos maiores[...].”

3.2.1 Operação ofensiva

A estratégia ofensiva caracteriza-se principalmente pela possibilidade de entrada da guarnição de combate a incêndio no interior da estrutura atingida pelo fogo.

Conforme orientação de Castro e Abrantes (2005, p. 18):

Em incêndios urbanos, a aplicação desta estratégia consiste na montagem de linhas de mangueira para ataque no interior do edifício.

Esta estratégia é mais eficaz e deve ser utilizada sempre que as condições de segurança do edifício e a intensidade e dimensão do incêndio o permitam.

Segundo o CBMSC (2013, lição 12, p. 14) as operações ofensivas: “Consistem em ações agressivas de combate ao incêndio e objetivam a extinção do incêndio no interior da edificação ou seu isolamento, a fim de garantir o desenrolar das operações de resgate de vítimas.

3.2.2 Operação defensiva

Por outro lado, as operações defensivas tem por característica a impossibilidade de entrada segura da guarnição de combate a incêndio no interior da edificação.

Explicam Castro e Abrantes (2005, p. 19) que: “Quando a intensidade e dimensão do incêndio, ponderadas em relação aos meios disponíveis, ou a falta de segurança do edifício não permitam desenvolver as operações de ataque ao incêndio pelo seu interior, recorre-se à estratégia defensiva, que se desenvolve pelo exterior.”

De acordo com o CBMSC (2013, lição 12, p. 15), numa operação defensiva prioriza-se o combate externo ao incêndio e o controle de sua propagação para outros pavimentos da própria edificação, ou para outras edificações.

3.2.3 Operação marginal

A operação de combate a incêndio marginal deve ocorrer quando se está no limite entre uma operação ofensiva e uma operação defensiva.

Segundo Oliveira (2005, p. 68), as operações marginais: “Representam as mais difíceis e perigosas situações de combate ao fogo para os bombeiros, pois ocorre quando as condições do sinistro estão perto do fim de uma operação ofensiva e no princípio de uma operação de defesa (situação limite).”

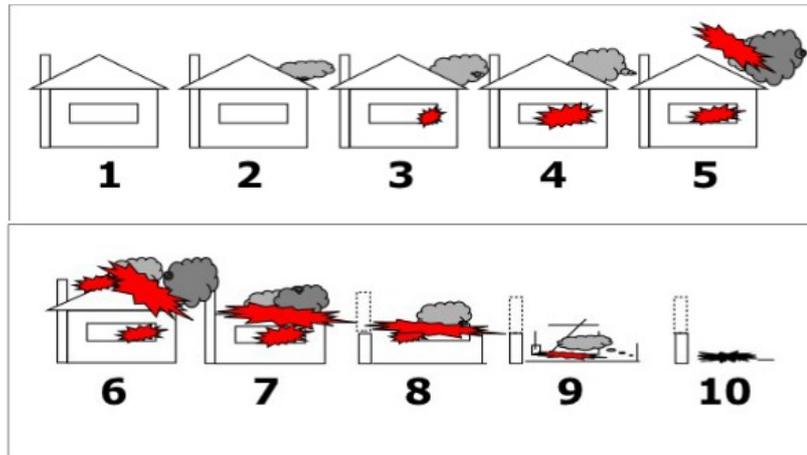
Assim, fácil perceber que, dentre as estratégias cabíveis para uma operação de combate a incêndio, a operação marginal será a que exigirá mais cuidados, tendo em vista, a possível necessidade de evacuação rápida do local do incêndio.

O CBMSC (2013, lição 12, p. 15) explica que a operação marginal:

Inicia-se com um ataque ofensivo, mas necessitará ser reavaliado constantemente, devido às condições do sinistro e dos efeitos produzidos pelo ataque empreendido, pois a qualquer momento, poderá ser alterado a estratégia e tornar necessário a retirada dos bombeiros do interior da edificação.

Oliveira (2005, p. 69) faz referência ao modelo adotado pelo CBMSC e recomendado pelas instituições americanas NFPA e IFSTA, em que se utiliza um padrão para a tomada de decisão sobre que estratégia adotar no combate ao incêndio. Este padrão leva em conta as etapas em que o incêndio se encontra, conforme Figura 4 e Quadro 1.

Figura 4 – Etapa do incêndio



Fonte: CBMSC (2013, lição 12, p. 14)

Quadro 1 – Padrão para tomada de decisão

ETAPA	SITUAÇÃO	AÇÃO OPERACIONAL
01	Não se vê nada	Investigue
02	Se vê somente fumaça	Ataque interior rápido
03	Se vê fumaça e pouco fogo	Ataque interior rápido e agressivo
04	Fogo em desenvolvimento	Ataque interior cauteloso
05	Fogo ativo	Ataque interior cauteloso
06	Fogo marginal	Ataque interior muito cauteloso, preparando-se para uma ação exterior defensiva
07	Totalmente em chamas	Operação defensiva (exterior)
08	O fogo começa a descer	Operação defensiva preparando-se para um possível colapso estrutural
09	O fogo atinge a base	Operação defensiva preparando-se para um possível colapso estrutural
10	Destruição total	Retirar o pré-plano do arquivo

Fonte: CBMSC (2013, lição 12, p. 14)

Observando as informações constantes no quadro e na figura acima, nas palavras de Oliveira (2005, p. 69), toma-se por base que as operações ofensivas serão aplicadas nos momentos 1 a 5; o momento 6 descreve quando se aplicará uma operação marginal; e os momentos 7 a 10 abarcam as etapas do incêndio em que se optará por uma estratégia defensiva de operação.

3.3 Táticas

Conforme os ensinamentos de Oliveira (2005, p. 67), tática é: “[...] um esquema específico de emprego de recursos dentro de uma estratégia geral.” Ou seja, após a decisão da estratégia a ser adotada, abordada anteriormente, se colocarão em prática as táticas de combate a incêndio.

Existem treze ações táticas de combate a incêndio, de acordo com o que prega o CBMSC (2013, lição 12, p. 13) quais sejam: o recebimento da chamada; o deslocamento para o local do incêndio; a chegada no local da ocorrência; a confirmação da ocorrência e confirmação/assunção de comando; o dimensionamento da cena; a identificação e gerenciamento dos riscos; a decisão estratégica, já estudada; as operações de resgate às vítimas; o controle do incêndio; a conservação da propriedade; a preservação do local sinistrado; o rescaldo; e a finalização da ocorrência.

Oliveira (2005, p. 70) descreve que, quanto às táticas de combate a incêndio, são prioridades, o resgate (busca e salvamento), o controle do fogo (isolamento, confinamento e extinção do fogo) e a conservação da propriedade.

O CBMSC (2013, lição 12, p. 13) ainda descreve uma quarta prioridade tática em uma operação de combate a incêndio, que é a preservação do local sinistrado.

O presente estudo limitar-se-á à análise das táticas de combate a incêndio em suas ações prioritárias, o que se passa a fazer a partir de agora.

3.3.1 Resgate de vítimas

Primeira prioridade quando se fala em táticas de combate a incêndio, o resgate, ou a busca e salvamento de vítimas, muito bem demonstra o intuito de uma corporação bombeiro militar como é o CBMSC, ao colocar em primeiro plano e objetivo, o salvamento de vidas alheias.

Num conceito amplo, Oliveira (1990, p. 16), afirma que salvamentos em incêndios são: “[...] ações necessárias para a remoção em segurança, de vidas de um local perigoso para outro[...]”.

A localização e salvamento de vítimas em uma situação de incêndio é uma das mais complexas atividades a serem executadas por uma equipe de bombeiros, segundo o CBMSC (2013, lição 11, p. 2), que complementa: “Tais atividades necessitam velocidade de decisão e ação e possuem riscos, quem nem sempre podem ser dimensionados e gerenciados totalmente antes de seu início.”

É comum que, havendo um início de incêndio, a reação das pessoas presentes no local é se evadir, contudo nem sempre isso é possível, conforme explicam Castro e Abrantes (2005, p. 13):

A simples presença de um grande número de pessoas, como no caso dos edifícios que recebem público não é razão suficiente para haver vidas em perigo. Contudo, se as pessoas não forem capazes de fugir devido a razões de ordem física ou mental, à insuficiência das vias de evacuação ou face a uma rápida progressão do incêndio, ficam perante uma situação de grave ameaça para sua vida.

Devido aos riscos a que o combatente se expõe numa operação de resgate, é aconselhável que referida ação seja procedida por, pelo menos, dois bombeiros.

A ação tática de resgate em operações de incêndio se divide em busca primária e busca secundária, da maneira que defende Oliveira (2005, p. 71).

3.3.1.1 Busca primária

A busca primária, ou busca inicial, é aquela efetuada quando o incêndio ainda está ocorrendo, e por isso, oferece maior quantidade de riscos à equipe de bombeiros, exigindo maior grau de atenção e rapidez.

No conceito de Oliveira (2005, p. 71), busca primária é:

Atividade executada pelas guarnições de exploração que realizam uma busca rápida por todas as áreas expostas ao incêndio (áreas que permitam a entrada de bombeiros), visando a confirmação da saída das vítimas ou a identificação das condições de segurança das pessoas que ainda se encontram em perigo dentro da edificação sinistrada.

Segundo o CBMSC (2013, lição 11, p. 3), apesar de as atividades de controle do incêndio deverem se iniciar concomitantemente às ações de busca, as guarnições de combatentes devem entender que a busca inicial precisa ser concluída e relatada antes que a prioridade da ocorrência passe a ser o controle do fogo.

O CBMSC (2013, lição 11, p. 2) recomenda que:

[...] a busca inicial seja realizada em todas as áreas expostas ao incêndio, seguindo uma sequência lógica que inicia com a técnica da varredura visual, seguida pela técnica da busca por chamada e escuta e, finalmente, a técnica da busca às cegas, tudo isso visando a confirmação da saída de todas as pessoas do interior da edificação ou a localização e o resgate daquelas que ainda estiverem em perigo.

Oliveira (1990, p. 16) orienta que os chefes de guarnições devem efetuar um levantamento de vidas a serem salvas, tão logo cheguem no local da ocorrência, coletando informações com os ocupantes da edificação sinistrada ou com a vizinhança, acerca de possíveis vítimas no interior da edificação, vias de acesso e evacuação, possíveis materiais combustíveis existentes, etc.

Mesmo com auxílio dessas informações, é dever da guarnição de combate a incêndio proceder a busca primária no local, sempre que houver condições de segurança. Nesse sentido, o CBMSC (2013, lição 11, p. 3) afirma que: “Desenvolver a busca inicial significa apenas que os grupos de busca rapidamente foram ao interior do prédio para verificar o que poderia ter sido localizado.”

3.3.1.2 Busca secundária

Diferentemente da busca primária, a busca secundária, também tratada pelo CBMSC (2013, lição 11, p. 3) como busca avançada, é executada depois que o controle do fogo já foi iniciado.

Conforme ensinamentos de Oliveira (2005, p. 71), a busca secundária é a: “Atividade igualmente executada pelas guarnições de exploração que realizam uma busca minuciosa pelo interior da edificação, após o controle inicial do incêndio, quando já se completaram os serviços de ventilação e iluminação das áreas incendiadas.”

O CBMSC (2013, lição 11, p. 3) afirma que a busca secundária exige um exame cuidadoso da área incendiada, além de um trabalho manual meticuloso, recomendando ainda, que a busca seja realizada por bombeiros que não participaram da busca primária, tendo em vista a tendência dos mesmos não revisarem locais que já haviam checado.

3.3.1.3 Técnicas de busca e salvamento

Da maneira já citada anteriormente, a busca e o resgate de vítimas são feitos através das técnicas de varredura visual, chamada e escuta e busca às cegas.

A técnica da varredura visual, de acordo com os conceitos de Oliveira (2005, p. 71), consiste em: “[...] vasculhar lentamente o ambiente sinistrado de um lado ao outro (use sempre o sentido horário) com um olhar atento, objetivando identificar/localizar pessoas em situação de risco e necessitando de resgate. Essa técnica é adequada para ambientes com boa visibilidade.”

De acordo com o CBMSC (2013, lição 11, p. 7), a técnica de chamada e escuta consiste em:

[...] lançar chamados de voz (exemplo: somos do Corpo de Bombeiros, há alguém aqui? Alguém nos ouve?) seguidos por períodos de silêncio, objetivando identificar/localizar possíveis vítimas desaparecidas na área sinistrada. Essa técnica poderá ser repetida no sentido de precisar com mais exatidão a correta localização da vítima e serve para ambientes com baixa visibilidade.

Quanto a técnica da busca às cegas, pode-se afirmar que é a técnica que exige maior preparo, cuidado e esforços por parte do resgatista.

A busca às cegas é assim chamada por ser realizada normalmente em condições de baixa ou nenhuma visibilidade, devido à fumaça gerada pela combustão. Para o CBMSC (2013, lição 11, p. 7):

A técnica da busca às cegas consiste na entrada da equipe de resgatista no interior de edificações sinistradas com baixa visibilidade e visa identificar/localizar vítimas dentro da área sinistrada. O resgatista deverá tatear com suas mãos ou utilizando ferramentas em todo o cômodo.

Oliveira (2005, p. 72) indica alguns procedimentos a serem colocados em prática na busca às cegas, dentre os quais podemos destacar: marcar a porta do cômodo já averiguado; abrir portas com cuidado, pois a vítima pode estar caída atrás da mesma; seguir sempre no sentido horário; buscar atrás de móveis, dentro de armários, embaixo de camas, em banheiras, pois muitas vítimas tem a reação de se esconder em situações de incêndio, tentando buscar proteção; em caso de muito baixa visibilidade, seguir agachado tateando pelo chão e paredes, conforme Figura 5; manter a calma se o combatente perder a orientação, e nestes casos guiar-se pela parede até a porta; utilizar a mangueira de combate a incêndio para orientar-se, pois ela sempre levará à saída; fechar as portas do ambiente já averiguado, para evitar a propagação do incêndio.

Figura 5 – Busca às cegas



Fonte: Castro e Abrantes (2005, p. 65)

Efetuada a busca e não encontrada nenhuma vítima, o combatente sempre deverá reportar-se ao seu comandante e transmitir a informação através do termo “tudo limpo”. Isso é o que determina o CBMSC (2013, lição 11, p. 8).

3.3.2 Controle do fogo

O controle do fogo em uma operação de combate a incêndio se divide em três momentos principais, o isolamento, o confinamento e a extinção, além de contar com algumas ações de apoio e suporte, como abertura de acessos, entrada forçada, ventilação, iluminação, conforme defende Oliveira (2005, p. 87).

Oliveira (2005, p. 77) ainda afirma que: “Durante o combate, os bombeiros buscarão encontrar o foco do incêndio, para confiná-lo e extingui-lo. Essas operações exigem uma ação

interna, agressiva e de grande esforço por parte dos profissionais combatentes.” O autor ainda afirma que, da mesma forma que ocorre quando da busca e salvamento de vítimas, quando o fogo estiver completamente controlado, a equipe de combate deve se reportar ao comandante de operações informando da situação através do termo “fogo controlado”.

3.3.2.1 Isolamento

Nas palavras de Oliveira (1990, p. 19): “Isolamento é a ação de bombeiro visando impedir a propagação de calor e fogo para outros locais na vizinhança do incêndio.”

Ou seja, trata-se, simplesmente, de evitar que o incêndio tome proporções maiores atingindo outras edificações, além daquela já sinistrada.

Pelos conceitos do CBMSC (2013, lição 12, p. 16):

O controle do incêndio sempre se inicia pelo isolamento da área sinistrada. A operação de isolamento nada mais é do que uma ação de impedimento da propagação do fogo que poderá dirigir-se para além da edificação de onde se originou. A proteção das edificações e estruturas vizinhas ao local do sinistro deverá ser sempre considerada como principal objetivo em situações de combate ao fogo do tipo defensivas.

Conforme se observa nas considerações do CBMSC, esta ação de controle do fogo se torna uma prioridade quando a estratégia de combate é defensiva, ou melhor, quando a etapa do incêndio já se encontra avançada, consumindo grande parte da estrutura da edificação.

Oliveira (1990, p. 19) indica a forma adequada de isolamento, qual seja: “Através de cortinas de água, sob a forma de neblina, jatos sólidos ou pulverizados sobre os combustíveis vizinhos absorve-se o calor ambiente através da vaporização da água.”

Castro e Abrantes (2005, p. 17) ainda corroboram a ação de isolamento por um outro termo, a circunscrição.

3.3.2.2 Confinamento

Já a ação de confinamento visa impedir que o fogo se alastre dentro da edificação sinistrada. O objetivo desta ação passa a ser a não propagação do incêndio para outras áreas ou cômodos da edificação atingida.

Ressalta-se o conceito de Oliveira (2005, p. 87) para esta ação:

O confinamento de um incêndio em sua área de origem é uma ação tática (operacional) que consiste em impedir a progressão, horizontal ou vertical, do fogo e do calor para ambientes ainda não expostos (atingidos). Podemos dizer que um incêndio está confinado quando foi reduzido a uma área onde possa ser controlado pelos bombeiros.

Muito bem salienta Oliveira (1990, p. 21) que, as ações de confinamento devem ser auxiliadas por dispositivos de proteção permanente da edificação, como paredes resistentes ao fogo, portas corta-fogo sistemas de *sprinklers*, etc.

Castro e Abrantes (2005, p. 17) se referem também ao confinamento como domínio do incêndio. Assim um incêndio estaria dominado, quando apresentasse sinais de que cederia às ações dos combatentes.

3.3.2.3 Extinção

As ações de extinção dos incêndios são aquelas que concluem o combate. A explicação do CBMSC (2013, lição 12, p. 17) é simples, mas suficiente:

São as ações necessárias para o ataque e a extinção propriamente dita do incêndio. O êxito dessas operações depende do tipo de material combustível, da localização do incêndio, do grau de dificuldade e da capacidade de resposta das equipes de combate ao fogo.

Da maneira que versam Castro e Abrantes (2005, p. 17): “Um incêndio está extinto quando os principais focos deixarem de estar activos, praticamente não existindo chamas.”

3.3.2.4 Técnicas de ataque

Sendo a água um dos principais agentes extintores do fogo, tanto pela sua disponibilidade, quanto pela sua capacidade de arrefecimento, dependendo do material combustível que alimente a combustão, será ela o agente extintor universal utilizado em combate a incêndios interiores, conforme defende Oliveira (1990, p. 21).

Oliveira (2005, p. 101) menciona que, além do objetivo de atacar o foco do incêndio para completa extinção do fogo, é prioridade a redução da temperatura dos gases provenientes do incêndio mediante a aplicação de água em forma de neblina na camada de pressão positiva (plano neutro), que produz uma diluição desses gases, evitando sua concentração e reação com o oxigênio e agindo de modo a evitar os fenômenos como o *flashover* e o *backdraft*.

Para melhor compreensão, citamos Oliveira (2005, p. 100):

Devemos observar também que quando um incêndio se desenvolve no interior de um compartimento surgem rapidamente duas camadas distintas. Uma camada superior composta pelos gases provenientes do incêndio (zona de pressão positiva) e uma camada inferior composta pelo ar atmosférico remanescente no ambiente (zona de pressão negativa). A linha imaginária que separa estas duas camadas é denominada de plano neutral.

Sabendo disso é que foram desenvolvidas as formas de ataque ao incêndio, que podem ser realizadas de quatro maneiras principais: através do ataque ou combate direto; do

ataque ou combate indireto; do ataque ou combate combinado; e do ataque ou combate tridimensional.

O combate ou ataque direto é assim definido por Castro e Abrantes (2005, p. 33):

O método directo consiste na aplicação da água directamente sobre o foco do incêndio, arrefecendo o combustível que se encontra a arder.
Aplica-se quando o foco do incêndio é visível e pode ser atingido, com eficácia, pela projecção de água da agulheta. Em incêndios inciais é o método mais eficaz.

A recomendação de Oliveira (2005, p. 102) é que, antes do combate direto, se aplique uma série de jatos curtos, em neblina fina, direccionados à capa de gases altos e aquecidos, reduzindo a temperatura, permitindo a aproximação dos combatentes e evitando a ocorrência de fenómenos como *flashover* e *backdraft*. Esta técnica é conhecida como ataque ou combate tridimensional, ou ataque com resfriamento dos gases do incêndio.

Ao contrário do ataque direto, o ataque ou combate indireto é realizado a partir da parte externa da edificação e não objetiva o contato direto do agente extintor com o foco do incêndio.

De acordo com Oliveira (2005, p. 104), o combate indireto é a:

Forma de ataque caracterizada pelo lançamento de um jato de água indireto a partir de uma área externa, ou seja, o bombeiro combatente permanece fora da área sinistrada e lança jatos direccionados para a parte superior da edificação, usando a propriedade de vaporização da água, sem a necessidade de adentrar no local do incêndio.

Oliveira ainda afirma que esta técnica não é tão utilizada devido aos riscos de *flashover* e *backdraft*, além de outros riscos associados, como quebra do equilíbrio interno do ambiente, a geração de grande quantidade de vapores de água e a expulsão dos produtos da combustão para outras áreas não afetadas, favorecendo a propagação do incêndio.

A indicação de tal técnica, segundo afirma Oliveira (1990, p. 25) encontra respaldo pois: “O vapor de água formado nas partes altas tende a formar um lençol, descendo para as partes mais baixas, cobrindo os combustíveis igualmente, numa ação resfriadora e abafante.”

O ataque ou combate combinado unirá as técnicas de combate direto e indireto. Castro e Abrantes (2005, p. 34) assim se referem ao ataque combinado:

O método combinado consiste na associação da técnica de produção de vapor, característica do método de ataque indirecto, associada à aplicação de água directamente sobre os materiais a arder junto ao pavimento.
O método de ataque combinado é recomendável na fase de combustão livre (ou de propagação) de um incêndio, na qual a produção de chamas e a temperatura ao nível do tecto estão elevadas.

Orienta o CBMSC (2013, lição 9, p. 7), que nos combates combinados: “O esguicho, regulado de 30 a 60 graus, deve ser movimentado de forma a descrever um círculo, atingindo o teto, a parede oposta e novamente o teto.”

3.3.2.5 Ações de apoio e suporte

O controle do fogo muitas vezes ainda exige que algumas ações de apoio e suporte sejam efetuadas, como entradas forçadas, aberturas de acessos, iluminação e ventilação, e estas também serão abordadas de maneira breve no presente trabalho.

Da maneira que ilustra o CBMSC (2013, lição 12, p. 17) as entradas forçadas são manejadas quando alguma barreira impedem o acesso dos bombeiros à área do incêndio, enquanto as aberturas de acesso são instituídas para garantir um acesso que permita a aplicação de água sobre o foco do incêndio.

A iluminação, de acordo com Oliveira (2005, p. 88), são ações que visam garantir a visibilidade no local do incêndio, tendo em vista que são comuns os colapsos no fornecimento de energia elétrica, por conta de efeitos do próprio incêndio ou por determinação do comandante da operação, para garantir a segurança da equipe de bombeiros, pois não raramente se deparam com equipamentos energizados no local da ocorrência.

A ventilação se faz necessária em ocorrências de incêndio interior para garantir a retirada dos gases da combustão e reduzir o calor dentro de um ambiente de incêndio.

Oliveira (2005, p. 88) afirma que a ventilação:

É a principal ação tática de proteção que visa substituir a atmosfera quente e contaminada existente nos ambientes fechados do local sinistrado. A ventilação nada mais é do que a extração planejada e sistemática de calor, fumaça e gases do incêndio da edificação. Esta é uma ação de suporte que facilita o trabalho dos bombeiros durante os serviços de confinamento e extinção do fogo.

Com a retirada dos gases e da fumaça da combustão a visibilidade proporcionada pela ventilação auxilia os bombeiros, tanto na localização do foco do incêndio, quanto na localização de vítimas, além de propiciar uma ação geral mais célere.

O CBMSC (2013, lição 10, p. 3) enumera duas formas de ventilação, quais sejam: a ventilação natural, que utiliza o fluxo normal do ar para ventilar o ambiente, e a ventilação forçada, em que se utiliza de equipamentos como ventiladores e técnicas específicas para renovação forçada do ar na área atingida.

3.3.3 Conservação da propriedade

Outra prioridade, quando se fala em táticas de combate a incêndio, é a conservação da propriedade sinistrada.

Segundo Oliveira (2005, p. 88): “Essas ações visam diminuir os danos causados pelo fogo, pela água e pela fumaça, durante e depois do combate a incêndio e, de forma geral,

compreendem atividades de escoamento de água, transporte e cobertura de objetos e ações de proteção de salvados em geral.”

3.3.4 Preservação do local sinistrado

A preservação do local sinistrado, conforme enfatiza o CBMSC (2013, lição 12, p. 18), constitui ações de preservação de possíveis indícios de crime, ou seja, são ações que visam manter preservados os vestígios de prováveis causas do incêndio para análise posterior das equipes de perícia.

3.4 Segurança e gerenciamento de riscos

A atividade do combate a incêndio expõe o combatente a inúmeros agentes de risco, que podem trazer danos à sua saúde e integridade física, em variadas proporções, podendo até ser fatal.

O CBMSC (2013, lição 6, p. 2) cita como possíveis riscos: “[...] calor elevado, riscos elétricos, desabamentos de estruturas ou de partes da estrutura, explosões, riscos de contusões, quedas de nível, entre outros.”

Em verdade, em um ambiente de incêndio, não são somente estes os riscos com os quais o combatente terá que lidar. É perceptível que o CBMSC não foi exaustivo na sua assertiva, porém, há de se destacar sobre os riscos trazidos pelos demais produtos da combustão, que não só o calor irradiado, mas também a chama, as fumaças e os gases da combustão.

Toda reação química de oxirredução de um combustível gerará inúmeras outras substâncias químicas e resíduos que tendem a interagir e interferir no meio em que estão, e por isso, devem ser observadas no presente estudo.

Os gases da combustão podem ser um dos produtos da combustão mais prejudiciais à saúde humana. Segundo Oliveira (2005, p. 31) essa prejudicialidade varia de acordo com o tempo de exposição, da concentração dos gases no ambiente e das condições físicas da pessoa exposta a esses gases.

Oliveira continua, informando que os gases podem ser asfixiantes (narcóticos) ou irritantes, detalhando acerca dos asfixiantes, que:

Os gases narcóticos ou asfixiantes são aqueles que causam a depressão do sistema nervoso central, produzindo desorientação, intoxicação, perda da consciência e até a morte. Os gases narcóticos mais comuns são o monóxido de carbono (CO), o cianeto de hidrogênio (HCN) e o dióxido de carbono (CO²). A redução dos níveis de oxigênio como resultado de um incêndio também provocará efeitos narcóticos nos humanos.

E completa, referindo que os gases irritantes geram lesões na respiração (irritantes pulmonares) e inflamações nos olhos, vias aéreas superiores, e pele (irritantes sensoriais).

O CBMSC (2013, lição 1, p. 11) esclarece que as chamas e o calor irradiado podem causar queimaduras graves, dependendo de sua profundidade e extensão, e os danos produzidos são sempre dolorosos, duradouros e difíceis de tratar. Além disso, ainda afirma que o calor irradiado por si só, pode trazer vários outros prejuízos à pessoa exposta, como desidratação, bloqueio e queimaduras no trato respiratório, o que pode levar à morte facilmente.

Além disso, o CBMSC (2013, lição 1, p. 11) ainda se refere às fumaças visíveis como um risco ocorrência, pois quando inaladas também podem trazer prejuízos fatais ao ser humano. No mais, as fumaças visíveis trazem um grande risco e dificultador às ocorrências de combate a incêndio, que é a falta de visibilidade.

Havendo falta de visibilidade, situação corriqueira em incêndios interiores, tanto pela presença de fumaças visíveis e gases da combustão, quanto pela possível corte de energia elétrica, os bombeiros estarão sujeitos a novos riscos, a dizer: contusões e quedas de níveis.

Um meio bastante conveniente e útil para se eliminar ou reduzir a influência dos gases da combustão, das fumaças visíveis, do calor em excesso e da falta de visibilidade durante o combate, é a utilização da ação de apoio e suporte já referida, a ventilação do ambiente sinistrado.

Outro risco comum em situações de incêndio interior é a exposição a materiais energizados. É nítido que os incêndios ocorrem quando menos se espera, e tratando-se de incêndios interiores, ou seja, em estruturas comumente habitadas e utilizadas pelo homem, fácil entender que nelas existam materiais energizados.

Deste modo, antes da realização do combate ao incêndio com o agente extintor água, mais comumente utilizado em operações de incêndio estrutural, devem os bombeiros assegurarem-se de que o fornecimento de energia elétrica da edificação seja interrompido, evitando acidentes.

O risco de explosão também deve ser sempre observado em ocorrências de combate a incêndio estrutural. De acordo com o CBMSC (2013, lição 12, p. 11):

As principais fontes de explosão em situações de incêndio em edificações são as instalações de gás (GLP ou GN), centralizadas ou individuais. Estas últimas são as mais frequentes na ocorrência de acidentes, pois cada apartamento ou economia possui sua instalação independente, utilizando botijões do tipo P-13. Normalmente tais botijões são embutidos no interior de armários e balcões, o que dificulta sua localização antes de ser atingido pelo incêndio.

O CBMSC orienta que nestes casos o incêndio deve ser agressivamente combatido em locais próximos à instalações de gás, ou onde estas possivelmente se encontrem, e ainda, extinto o fogo, os botijões devem ser imediatamente retirados do local.

Há de se lembrar ainda dos fenômenos explosivos já tratados em tópico pertinente do presente trabalho: o *flashover* e o *backdraft*.

A grande quantidade de calor pode trazer ainda grandes riscos à estrutura da edificação sinistrada, podendo gerar colapsos de estruturas ou de parte delas, conforme esclarece o CBMSC (2013, lição 12, p. 11).

Conforme foi observado, a existência dos inúmeros riscos citados em uma ocorrência de combate a incêndio, demanda da equipe de combate, o gerenciamento desses riscos de modo a reduzir a possibilidade de seu acontecimento ou de modo que seus efeitos não tragam grandes prejuízos à saúde e integridade física, tanto do resgatista, quanto de eventuais vítimas.

3.4.1 Equipamentos de proteção

Para bloquear ou reduzir os efeitos dos riscos mencionados, é que se exige a utilização, por parte dos bombeiros, de equipamentos de proteção individual.

As medidas de proteção são conceituadas por Oliveira (1990, p. 29) da seguinte maneira: “São medidas tomadas pelos bombeiros visando a eliminar ou restringir danos oriundos da situação de incêndio”.

O Ministério do Trabalho e Emprego, através de sua Norma Regulamentadora – NR nº 6, em seu item 6.1, afirma que: “[...] considera-se Equipamento de Proteção Individual – EPI, todo dispositivo ou produto, de uso individual utilizado pelo trabalhador, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde no trabalho.”

Assim, todo equipamento utilizado pelo bombeiro, visando sua segurança e saúde, frente aos riscos do trabalho, são considerados equipamentos de proteção individual – EPI.

No caso da atividade de combate a incêndio, os equipamentos que garantirão a segurança e saúde do combatente serão: capacetes, capas e calças de aproximação, luvas, botas e balaclavas e equipamento de proteção respiratória – EPR, segundo defende o CBMSC (2013, lição 6, p. 2).

Conforme esclarecimentos da *IFSTA* (2001, p. 81) as balaclavas, luvas, botas, capas e capas de aproximação, visam a proteção contra o calor extremo, sendo fabricadas com materiais resistentes ao fogo.

Mais especificamente, as capas e calças possuem camadas internas de tecidos que objetivam criar barreiras contra o vapor e a umidade, como meta-aramida e para-aramida.

O EPR é equipamento indispensável ao combatente de incêndios. Segundo a *IFSTA* (2001, p. 87) o EPR é crucial na garantia de saúde do bombeiro, e qualquer falha na sua utilização pode levar ao insucesso do resgate, ou mesmo em possíveis lesões ou fatalidades. Complementa afirmando que um bombeiro bem treinado deve ser conhecedor dos riscos respiratórios, dos requisitos para usar um EPR, e dos procedimentos para colocação e retirada do aparelho, além de realizar a devida manutenção do equipamento.

Castro e Abrantes (2005, p. 56) ainda aconselham que todo bombeiro envolvido em operação de combate a incêndio utilize alarme pessoal de segurança. Sobre referido equipamento, Oliveira (2005, p. 93) esclarece que: “é um dispositivo de segurança de uso individual com alarme acionado pela falta de movimento. Também chamado de alarme de pessoa imóvel.” Este dispositivo ainda não é utilizado no CBMSC.

Desta forma se dá a atividade de combate a incêndio. Vê-se que se trata de atividade complexa, difícil e perigosa, que necessita da aplicação de procedimentos técnicos bem definidos e conhecidos por toda a equipe que empreenderá esforços para resolução de uma operação de combate ao fogo.

O trabalho ora elaborado está inserido nesse contexto, e leva em conta principalmente os conceitos de estratégias e táticas de combate a incêndio no interior de edificações, seja ele um incêndio simples ou interior, com destaque para este último.

Neste ponto, nasce a importância da análise dos meios que possam tornar essas estratégias e táticas, mais efetivos.

4 CÂMERA DE IMAGEM TÉRMICA

Atualmente, na busca pelos meios que facilitam a atividade bombeiril, tem se mostrado como uma ferramenta útil, a utilização de Câmeras de Imagem Térmica - CITs, principal objeto de análise do presente estudo, que passa a ser abordado a partir de agora.

Tratando-se de um equipamento que tem como princípio básico de funcionamento a produção de imagens térmicas e aferição da temperatura de objetos variados, faz-se necessário, antes de mais nada, de uma breve explanação sobre a tecnologia que lhe permite realizar tais tarefas.

Assim, o primeiro ponto a ser abordado neste capítulo é a termografia, tecnologia responsável pelos recursos disponíveis em CITs.

4.1 Termografia

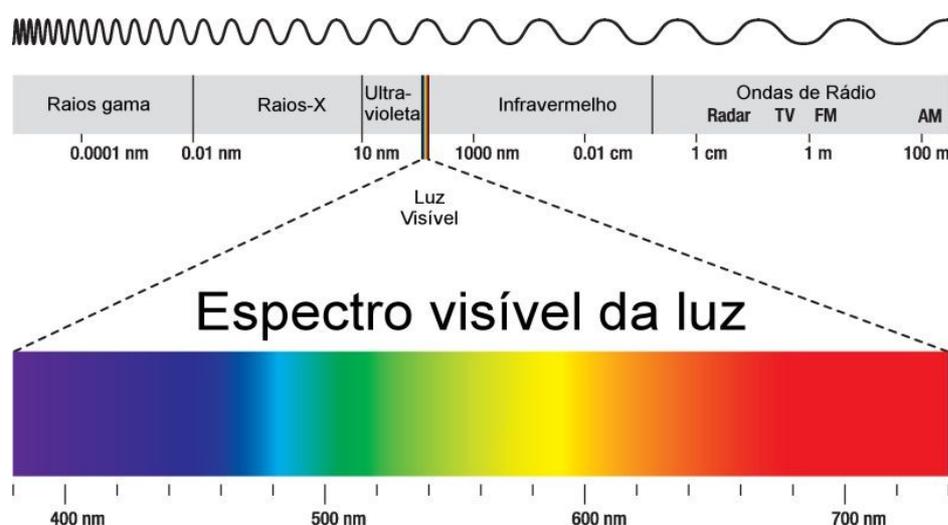
4.1.1 Conceito

Antes de falar de termografia, convém esclarecer o que é radiação infravermelha. Segundo Mendonça, Amaral e Catarino (2013, p. 2), radiação infravermelha é sinônimo de radiação do calor e quanto mais quente é um objeto, maior é a radiação. Ainda afirmam os autores que:

Os raios infravermelhos fazem parte do espectro electromagnético. Este tipo de radiação, no vácuo, desloca-se à velocidade da luz, relativamente ao observador. A visão humana apenas detecta uma pequena parte desse espectro, cujo comprimento de onda se situa entre 0,4 μm e 0,7 μm .

Mendonça, Amaral e Catarino (2013, p. 2) explicam que a radiação infravermelha tem um comprimento de onda superior às visíveis, se dividindo em ondas curtas (2-5 μm) e ondas longas (8-14 μm), sendo neste último intervalo que trabalham as câmeras térmicas. A Figura 6 representa o espectro eletromagnético e ilustra bem o que é a radiação infravermelha.

Figura 6 – Espectro eletromagnético



Fonte: Infoescola¹

A termografia, na conceituação básica de Cortizo, Barbosa e Souza (2008, p. 169), é: “[...] a percepção da temperatura superficial de um corpo pelo mecanismo de transferência de calor (radiação), uma vez que todo corpo com temperatura acima do zero absoluto emite radiação térmica.”

Nas palavras de Rowe (2009, p. 2), a termografia aproveita a radiação infravermelha de acordo com a transferência de calor de um objeto, concentrando-se na variação da radiação, ou seja, na diferença de temperatura emitida ou refletida sobre a matriz de um detector térmico, induzindo a temperatura do material, que provoca uma saída de sinal proporcional.

Rowe (2009, p. 2) ainda explica que a radiação é transmitida através do ambiente na forma de ondas eletromagnéticas em frequências específicas, conforme figura do espectro eletromagnético acima. A intensidade da radiação em cada frequência varia em função das propriedades de temperatura e de superfície de um objeto. À medida que a temperatura de um objeto aumenta, o comprimento de onda de intensidade de pico diminui.

Oliveira Júnior (2010, p. 169) complementa referindo o seguinte sobre a termografia:

Termografia é a técnica que estende a visão humana através do espectro infravermelho. O infravermelho é uma frequência eletromagnética naturalmente emitida por qualquer corpo, com intensidade proporcional à sua temperatura. São, portanto, emissões de infravermelho através de uma tela de TV, produzindo imagens técnicas chamadas de termogramas, que, em resumo, permitem a visualização da distribuição de calor na região focalizada.

O termograma é o produto da termografia, ou seja, é a imagem gerada através de instrumentos que utilizam a técnica da termografia. De acordo com Cortizo, Barbosa e Souza

¹Disponível em: <<http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2007/12/espectro-visivel-da-luz.jpg>>. Acesso em: 19 set. 2015.

(2008, p. 169), o termograma, também conhecido como imageamento térmico: “[...] atende às propriedades físicas da termodinâmica, ou seja, representa a documentação da transferência de calor pelo processo ou mecanismo da radiação.

Corroborando com este entendimento, Oliveira Júnior (2010, p. 169) esclarece que: “Imagiologia térmica infravermelha é uma técnica de eletrônica que permite ver a energia térmica, literalmente.”

São duas as técnicas de termografia, segundo esclarecimento de Cortizo, Barbosa e Souza (2008, p. 170): a passiva e a ativa. A técnica passiva é aquela em que o material objeto do termograma já possuem armazenamento interno de energia térmica ou são estimulados por fontes naturais de calor, como por exemplo, a utilização da termografia para identificar o ponto de maior temperatura na parede de uma edificação. Enquanto a técnica ativa de termografia é aquela que envolve o aquecimento artificial do material foco do termograma, como por exemplo aquecer um metal para aferir a temperatura em que o mesmo começa a perder sua resistência ou para medir sua capacidade de absorver e manter o calor.

Passa-se agora a uma breve análise de como surgiu essa tecnologia, e quais foram as razões que despertaram o homem para o estudo da termografia.

4.1.2 Origem

A termografia tem origem em 1800, quando William Herschel e seu filho John Herschel (1940) obtiveram as primeiras imagens utilizando o sistema infravermelho através da técnica evaporográfica, a evaporação do álcool em superfície pintada com carbon, afirmam Mendonça, Amaral e Catarino (2013, p. 2).

Mendonça, Amaral e Catarino (2013, p. 1) ainda referem que William Herschel descobriu os raios infravermelhos quando:

[...] tentava descobrir quais as cores do espectro que eram responsáveis pelo aquecimento dos objectos. Concluiu que a temperatura aumentava à medida que se passava do violeta para o vermelho mas, mais, descobriu que a maior temperatura ocorria para além do vermelho, para além do visível.

“Em 1843, Henry Becquerel descobriu que certas substâncias emitiam luminescência quando expostas à radiação infravermelha”, expõem Cortizo, Barbosa e Souza (2008, p. 167).

Veratti (1992 *apud* CORTIZO, BARBOSA E SOUZA, 2008, p. 167) informa que: “Samuel Langley, em 1880, produziu o primeiro bolômetro, aparelho capaz de medir diferenças de temperatura extremamente pequenas, por meio da variação da resistência elétrica de um metal com a variação de sua temperatura.”

Em 1929, Czerny, desenvolveu a evapografia, somada a termistores que eram acoplados a um aparelho de detecção de imagem, resultando em um novo instrumento que puderam detectar, mesmo que de maneira incipiente, movimentos de tropas em campos e movimentos de navios no período noturno (BRIOSCHI, 2002, p. 7).

De acordo com Veratti (1992 *apud* CORTIZO, BARBOSA e SOUZA, 2008, p. 167), na década de 1940, durante a segunda guerra mundial, foi empregado o sistema de visão noturna em tanques de guerra alemães para invasão da Rússia. O autor ainda menciona que, em contrapartida:

A resposta dos aliados foi a elaboração e o desenvolvimento da FLIR – Foward Looking Infra Red (visão dianteira por infravermelho), utilizada pelo exército americano para localização dos inimigos. O emprego do sistema não se limitou à localização de tropas, abrangendo também o desenvolvimento de armamento (mísseis) com detectores de calor.

A área médica também teve grande influência no desenvolvimento da termografia, quando se buscou, com sucesso, utilizar a técnica para auxiliar no diagnóstico de doenças.

Brioschi (2002, p. 7) comenta que, em 1957, Lawson observou o aumento da temperatura da pele era observado em casos de câncer de mama, e que:

Suas investigações iniciais foram auxiliadas por R. B. Barnes e o desenvolvimento de termógrafos de BARNES. O equipamento consistia em um bolômetro termistor que detectava o calor emitido e transformado em sinais elétricos. Os sinais iluminavam um tubo de gás que brilhava com uma intensidade proporcional a radiação detectada pelo termistor. A luz era então refletida em um filme fotográfico e produzia um termograma.

De acordo com Ryan (1969 *apud* BRIOSCHI, 2002, p. 7), no final da década de 1960: “[...] a empresa sueca AGA produziu o AGA *Thermovision*, cuja habilidade de gerar uma imagem semelhante à TV em um tubo de raios catódios era uma grande descoberta científica tecnológica.” A nova tecnologia permitiu observações instantâneas de processos termodinâmicos do corpo humano. Da maneira mencionada por Brioschi (2002, p. 7), este equipamento revolucionou a termografia médica, pois inúmeras empresas passaram a se utilizar da mesma tecnologia, com a mesma qualidade, e assim a termografia moderna cresceu rapidamente e não deixou de se desenvolver desde então.

Informam Cortizo, Barbosa e Souza (2008, p. 168), que: “Em 1975, foi desenvolvido um sistema que permitia a visão termográfica e a visão óptica de uma pessoa simultaneamente. Este sistema foi denominado ENOUX e se baseava em sistema elétrico óptico. Entre 1980 e 1990, a imagem em tempo real é consagrada.”

Já em meados da década de 1990, somado às novas tecnologias de eletrônica e computação, a termografia deu um salto ainda maior, permitindo a captura e reprodução de centenas de imagens por segundo, em alta resolução e com grande sensibilidade, argumentam Cortizo, Barbosa e Souza (2008, p. 169).

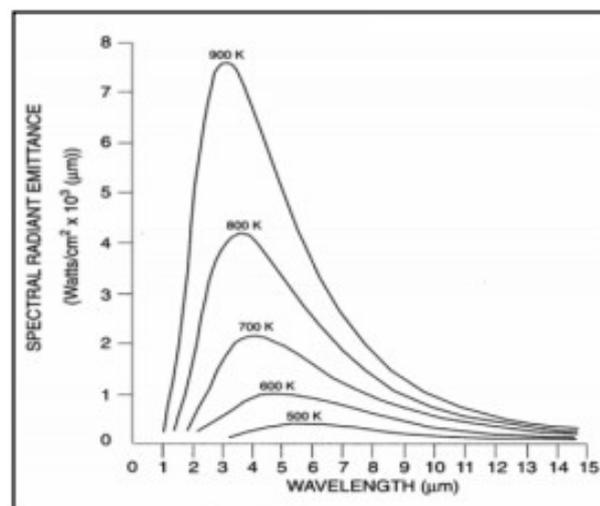
4.2 Câmeras de Imagem Térmica

Um dos principais instrumentos utilizados para produção dos termogramas, utilizando-se da tecnologia da termografia, é a Câmera de Imagem Térmica – CIT, conhecida também através de outras nomenclaturas, como margeador térmico, câmera de termografia, equipamento de imageamento termal infravermelho ou, simplesmente, termovisor. Visando estabelecer um padrão, trataremos referido equipamento durante todo o presente trabalho, como assim já foi tratado, por CIT.

Inicialmente, traz-se o conceito de Mendonça, Amaral e Catarino (2013, p. 5) para a CIT: “Uma câmara de termografia por infravermelhos é um aparelho que detecta energia infravermelha (calor), a converte em sinal eléctrico e produz imagens, efectuando cálculos de temperatura.”

Mendonça, Amaral e Catarino (2013, p. 5) informam que as CITs utilizam-se da relação existente entre a radiação e a temperatura, baseada em uma das leis da física (lei de Stefan-Boltzmann), para que seja medida a radiação e que esta seja convertida em temperatura, conforme demonstra o Gráfico 1.

Gráfico 1 – Relação entre comprimento de onda, radiação e temperaturas



Fonte: Mendonça, Amaral e Catarino (2013, p. 5)

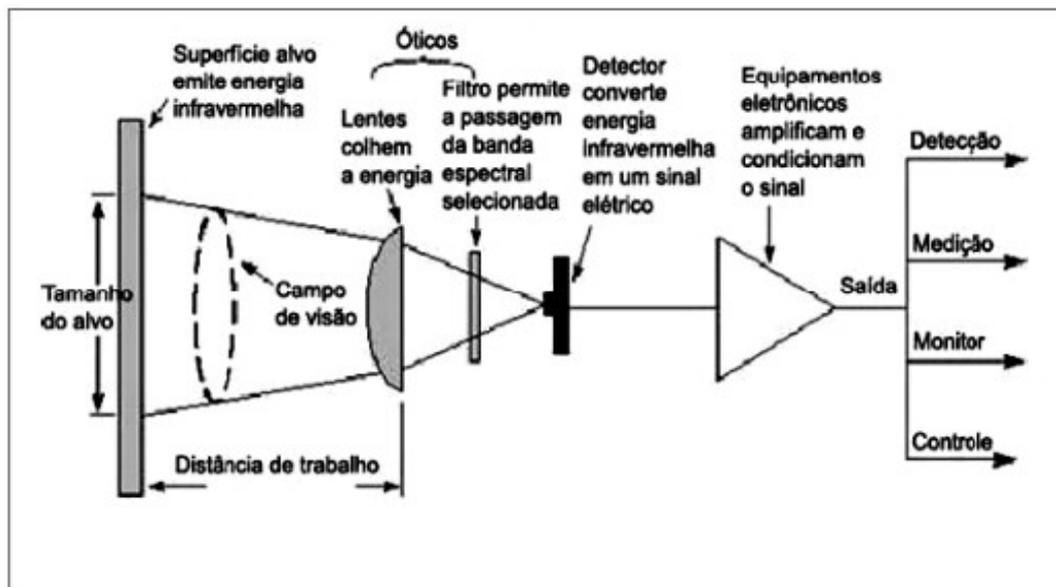
Atualmente existem variados tipos de CITs, fabricadas para as mais diversas tarefas, cada uma com suas peculiaridades e valores de mercado. Trata-se de um instrumento de grande utilidade para atividades médicas, industriais, de segurança, militares e de engenharia civil.

Algumas das principais características, tipos, aplicações e valores das CITs serão analisados a partir de agora.

4.2.1 Características básicas

De acordo com as informações trazidas por Maldague (2001 *apud* CORTIZO, BARBOSA e SOUZA, 2008, p. 175), a figura abaixo apresenta a configuração básica de uma CIT).

Figura 7 – Configuração da CIT



Fonte: Cortizo, Barbosa e Souza (2008, p. 176)

Cortizo, Barbosa e Souza (2008, p. 176) enumeram algumas características básicas para a constituição de uma CIT, quais sejam: possuir um sistema óptico, captar imagens (mecanismo de varredura), perceber calor, possuir técnicas de resfriamento de detectores e proporcionar imageamento (produção de imagem). Essas características serão brevemente abordadas adiante.

Sobre o sistema óptico, descrevem Cortizo, Barbosa e Souza (2008, p. 176):

Somente na década de 1960 foram introduzidos no mercado os sistemas infravermelhos imageadores. A grande dificuldade estava na propriedade física das lentes, pois o vidro apresentava propriedades de transmitância e refletância específicas e que impossibilitavam o seu uso nos equipamentos.

E ainda, referem os autores que: “Como o cristal óptico (convencional) é opaco à radiação infravermelha são utilizados materiais especiais, tais como: silício, germânio, compostos de zinco e cádmio depositado a partir da fase gasosa.”

A captação de imagens de uma CIT é realizada através de um sistema de varredura. Cortizo, Barbosa e Souza (2008, p. 177) mencionam que: “As imagens são captadas em telas de cristal líquido ou em tubo de raios catódicos através de um feixe que varre a tela.”

Também referem os autores que: “O feixe de varredura deve apresentar uma sincronia entre o sistema de captação do objeto e o deslocamento do feixe. O processo consiste em uma varredura bidimensional ou linear.”

A percepção da temperatura é realizada por meio de detectores infravermelhos, que, segundo Maldague (2001 *apud* CORTIZO, BARBOSA e SOUZA, 2008, p. 180):

Um detector de infravermelho é o coração de todo sistema infravermelho de imageamento digital, qualquer que seja sua configuração. Detectores infravermelhos podem sentir a energia radiante infravermelha e produzir usualmente um sinal elétrico proporcional à temperatura superficial do corpo.

Assim, conforme define Veratti (1992 *apud* CORTIZO, BARBOSA e SOUZA, 2008, p. 180), a função dos detectores de temperatura é a conversão da energia radiante captada pelo sistema em outra forma de energia, neste caso, o sinal elétrico.

A utilização de técnicas de resfriamento de condutores se faz necessária para evitar interferências no processo físico (agitação térmica no sinal gerado pelo detector), trabalhando sempre em baixas temperaturas, conforme salientam Cortizo, Barbosa e Souza (2008, p. 182).

Ressaltando a baixa temperatura em que os detectores precisam trabalhar, os autores afirmam que: “Naqueles equipamentos que empregam supercondutores, tais como bolômetros de germânio, as temperaturas de trabalho são próximas do zero absoluto. As principais técnicas de resfriamento são: uso de gases liquefeitos, resfriadores termelétricos e Criofato Joule-Thompson.”

A última das características básicas de uma CIT é a capacidade de imageamento, ou seja, produção de imagem. Segundo Cortizo, Barbosa e Souza (2008, p. 183): “O imageamento é a forma de apresentação térmica que permite a observação direta da distribuição de calor na superfície dos alvos estudados.”

Veratti (1992 *apud* CORTIZO, BARBOSA e SOUZA, 2008, p. 183) indica que a CIT somente poderá distinguir um objeto do seu plano de fundo se entre eles houver contraste, ou seja, diferença entre a intensidade da radiação térmica do objeto e a intensidade da radiação térmica do plano de fundo. Para Veratti, para que se tenha uma boa qualidade de imagem térmica, são necessários o contraste térmico, sensibilidade e boa resolução térmica.

4.2.2 Aplicações

Nos tempos atuais, as CITs encontram aplicação nos mais variados ramos de atuação das atividades humanas. Da maneira que foi demonstrado anteriormente, seu surgimento se deu a partir dos estudos da termografia e sua evolução caminhou a passos largos junto com a evolução da ciência e das novas tecnologias.

Por proporcionar uma visualização de raios infravermelhos, invisíveis ao olho humano, as CITs gerou uma revolução em diversos seguimentos, como nas atividades médicas, industriais, de segurança, militares e de engenharia civil.

A CIT vem sendo muito útil na área da medicina, mais especificamente, na realização de exames que permitem o diagnóstico médico, em casos que vão de contraturas musculares até o câncer de mama. Brioschi (2002, p. 7), informa sobre a termografia médica, que:

Hoje é possível fazer filmes em tempo real e avaliar funcionalmente o sistema nervoso autônomo, como p.ex., no teste de estresse ao frio. Os equipamentos são cada vez mais compactos e possuem softwares específicos. Isto tem mudando radicalmente o conceito da classe médica a cerca do exame e dado mais respeito e atenção a esta tecnologia que ressurgue com trabalhos de grande valor científico.

Na área da construção civil, as CITs tem sido muito utilizadas para a manutenção das edificações, podendo localizar infiltrações, identificar e diferir componentes estruturais e não estruturais, visualizar o traçado da rede hidráulica, analisar patologias existentes e detectar patologias em fase embrionária, da maneira que ilustram Mendonça, Amaral e Catarino (2013, p. 22).

Neste contexto, referem Cortizo, Barbosa e Souza (2008, p. 185), que a termografia é útil até mesmo nas atividades de conservação do patrimônio histórico cultural.

Segundo Oliveira Júnior (2010, p. 170), os sistemas elétricos de qualquer edificação também são alvo de análise por CITs pois, neles: “[...] o aumento da resistência ôhmica decorrente de mau contato, oxidação ou corrosão provoca um aumento de temperatura.” Assim, com a detecção de variação de temperaturas nos componentes de um sistema elétrico pode-se prevenir o comprometimento do mesmo.

Outro ramo que muito vem utilizando as CITs, é o ramo industrial. Além dos sistemas elétricos já mencionados, o ramo industrial envolve, normalmente, algum sistema mecânico. Oliveira Júnior (2010, p. 172) salienta que, em sistemas mecânicos: “O desgaste, problemas de lubrificação, atrito, vibração ou desalinhamento dos componentes desses sistemas provocam funcionamento ineficiente, o que aumenta a sua temperatura, projeta esse aumento em todo o sistema, até o seu colapso.”

Da maneira já salientada quando se tratou da origem da termografia, na área militar, tem-se conhecimento da utilização das CITs em operações de guerra para localização do inimigo. Dentro das corporações militares responsáveis pela defesa das nações, a CIT e outros equipamentos que utilizam da tecnologia da termografia, são conhecidos como visão termal ou visão infravermelha.

Da mesma forma, nas áreas policiais, a CIT tem se tornado uma ferramenta útil em operações noturnas, em que é primordial uma boa visão e a camuflagem dos policiais envolvidos. Este é o entendimento de Ferreira (2011):

A utilização de equipamentos com tecnologia infravermelho pelas polícias deveria ser uma regra, principalmente entre as unidades especializadas em missões de alto risco, em que a exposição do policial é elevada e que a camuflagem no escuro se torna imprescindível para o êxito na ocorrência.

E finalmente, salientamos a aplicação da CIT na atividade bombeiril. Algumas corporações bombeiro militar tem se destacado, tanto no Brasil, quanto no mundo, pela utilização das CIT em atividades como o combate a incêndio estrutural e florestal, a busca terrestre, a busca e resgate em estruturas colapsadas, dentre outras.

Da maneira já explanada, a análise da aplicação da CIT numa dessas áreas da atividade bombeiril, a dizer: o combate a incêndio estrutural, é, justamente, o foco do presente trabalho, e será realizada em capítulo oportuno.

4.2.3 Especificações e recursos

As CITs possuem alguns recursos e especificações técnicas que ajudam a determinar qual é o melhor modelo a ser utilizado para uma atividade específica.

Neste momento serão abordados os principais recursos e especificações técnicas das CITs, sendo eles a resolução de imagem infravermelha e a resolução de imagem de tela, a sensibilidade térmica, o campo de visão de análise, a faixa de temperatura do objeto em análise, a resistência a calor e chamas, a resistência a impacto, corrosão e abrasão de superfície, e a presença de recurso de armazenamento de imagem estática e vídeos.

Tomou-se por base, desde modelos de CIT mais incipientes, até os modelos mais avançados dos seguintes fabricantes: Flir, empresa especializada e referência em imageamento térmico, MSA e Draeger, empresas especializadas em produtos para atividade de bombeiro, e Fluke, empresa especializada em equipamentos de teste e medição.

A resolução da imagem, quando se trata de uma CIT, encontra uma subdivisão. Existe a resolução da imagem caracterizada pela quantidade de pontos de temperatura analisados e reproduzidos na tela, denominada de resolução de imagem infravermelha, medida em pixels (menor unidade de uma imagem digital) e que podem variar, de acordo com a pesquisa elaborada, de 4.800 pixels (80 x 60) (FLUKE, 2015) a 307.200 pixels (640 x 480) (FLIR, *T-series*, 2015). A resolução de imagem da tela está mais ligada à qualidade da imagem produzida e nem sempre acompanha a resolução de imagem infravermelha, podendo ser maior que esta.

A sensibilidade térmica indica a possível variação de temperatura de um ponto analisado. Pode-se dizer que a sensibilidade térmica indica o poder de aferição de uma CIT e, ao mesmo tempo, pode indicar uma espécie de margem de erro na análise da temperatura, podendo variar, a partir dos modelos consultados, de 0,15° C (FLUKE, 2015) e 0,02° C (FLIR, *T-series*, 2015).

O campo de visão de análise indicará o ângulo de abertura da captação de imagem, tanto no plano horizontal, quanto no vertical, e, conseqüentemente, o tamanho da área analisada. Dentre as CITs analisadas, encontrou-se uma variação de campo de visão entre 35,7° x 26,8° (FLUKE, 2015) a 45° x 90° (FLIR, *T-series*, 2015).

A faixa de temperatura do objeto em análise, indica a variação de temperaturas em que uma CIT poderá realizar aferições. Observou-se que as CITs mais simples aferem temperaturas entre -20° C e 250° C (FLUKE, 2015), enquanto as mais sofisticadas aferem temperaturas entre -40° C e 2000° C (FLIR, *T-series*, 2015).

A resistência a calor e chamas, indica a temperatura máxima a que uma CIT poderá ser exposta ao fogo e ao calor, sendo que as mais simples podem trabalhar a temperatura de -10° C a 45° C (FLUKE, 2015), e as mais sofisticadas podem trabalhar entre -20° C e 85° C por tempo indeterminado e por no máximo 5 minutos, quando expostas diretamente a calor superior a 260° C (FLIR, A série K da FLIR com a K65 compatível com a NFPA, 2015).

A resistência a impacto, corrosão e abrasão de superfície, é medida de acordo com normas internacionais.

As CITs utilizadas para o combate ao incêndio possuem especificações especiais, tendo como uma das prioridades a resistência ao calor e chamas, além da resistência ao impacto, corrosão e abrasão de superfície, conforme Figura 8.

Figura 8 – Testes de resistência da CIT de combate a incêndio



Fonte: Flir²

Além das especificações técnicas acima enumeradas, é possível encontrar CITs que possuem recursos que lhe agregam utilidade, como a possibilidade de captura e armazenamento

²Disponível em: <<http://www.flir.com.br/fire/display/?id=69089>>. Acesso em: 19 set. 15.

de imagens estáticas ou mesmo a captura e armazenamento de vídeos para análises posteriores. Outro recurso comum é o *laser* apontador, que facilita o foco da CIT em um ponto específico.

4.2.4 Valores

Os valores de CITs variam muito de acordo com as especificações e recursos disponíveis, encontrando grandes diferenças de valores entre os modelos mais simples e os modelos mais avançados.

As diferenças de valores entre modelos de CITs são decorrentes principalmente de variações na resolução da imagem, na quantidade de pontos de temperatura analisados (resolução IR), na sensibilidade térmica, no campo de visão de análise, na faixa de temperatura do objeto em análise, na resistência a calor e chamas, na resistência a impacto, corrosão e abrasão de superfície, e na presença de recurso de armazenamento de imagem estática e vídeos.

É possível encontrar CITs em valores bem acessíveis, que porém, não contemplarão as necessidades da atividade de combate a incêndio, como por exemplo o modelo Flir E4 (Figura 9), que é indicado para inspeções elétricas e mecânicas, possuindo baixa resolução infravermelha (80 x 60 pixels) e detectando temperaturas apenas até 250° C, encontra-se a venda no *site* da internet da empresa Walmart (2015) pelo preço de R\$ 5. 584,99.

Figura 9 – Flir E4



Fonte: Flir³

Outro exemplo ainda mais acessível, é o modelo Flir TG165, também usado para inspeções elétricas e mecânicas, que possui baixa resolução infravermelha (80 x 60 pixels) e não tem resistência para operar em temperaturas altas (45° C), cujo valor encontrado no *site* da internet da empresa Mercado Livre (2015) é R\$ 1.750,00.

Contudo, os valores das CITs indicadas para o combate a incêndio estrutural possuem valores muito elevados, diferentemente dos exemplos acima expostos.

³Disponível em: <http://static.coleparmer.com/large_images/39753_14.jpg>. Acesso em: 19 set. 2015.

Em contato com a empresa Draeger, especializada em equipamentos para bombeiros, obteve-se conhecimento dos seguintes modelos e valores de CITs: UCF 6000 (Figura 10), com valor de R\$ 47.642,40; UCF 7000, com valor de R\$ 60.660,00; e UCF 9000, com valor de R\$ 80.190,00 (MELLER, 2015).

Figura 10 – Draeger UCF 6000



Fonte: Draeger⁴

Os modelos UCF 6000 e UCF 7000 possuem boa resolução infravermelha (160 x 120 pixels) e possuem nível de resistência alto a atmosferas expostas a calor elevado. Enquanto o modelo UCF 9000 difere por possuir resolução infravermelha muito alta (384 x 288 pixels), além de possuir recursos de filmagem e armazenamento de vídeos.

Existem ainda, CITs com valores superiores aos supra mencionados, como o modelo Flir T660 (Figura 11), que possui resolução infravermelha altíssima (640 x 480 pixels) e é utilizada na área industrial. De acordo com a Shopflir (2015) o valor da Flir T660 equivale a atuais R\$ 92.795,91 (31.845,00 dólares canadianos, em 14 de setembro de 2015).

Figura 11 – Flir T660



Fonte: ABL Werbung⁵

⁴Disponível em: <http://www.draeger.com/sites/pt-bras_br/Pages/Fire-Services/Draeger-UCF-6000.aspx>. Acesso em: 19 set. 2015.

⁵Disponível em: <<http://www.ablwerbung.de/download/flir/T660.jpg>> Acesso em: 19 set. 2015.

O CBMSC possui três CITs, que foram distribuídas para o Centro de Ensino Bombeiro Militar – CEBM, o 7º BBM e o 11º BBM, e adquiridas na mesma oportunidade, mas através de dois processos de aquisição diferentes. Posteriormente serão abordados mais detalhadamente os motivos e circunstâncias da referida aquisição. Por enquanto, limitar-se-á a indicação do valor despendido para sua aquisição.

A aquisição de uma das CITs Flir K50, pelo CBMSC, se deu em outubro de 2013, por meio do processo licitatório de Pregão Presencial nº 114-CBMSC, pelo valor de R\$ 29.990,00. As duas outras CITs do CBMSC, do mesmo modelo, foram adquiridas em dezembro de 2013, após o processo licitatório de Pregão Presencial nº 132-CBMSC, pelo valor de R\$ 35.000,00. O modelo Flir K50 (Figura 12) possui uma excelente resolução infravermelha (320 x 240) e detecta temperaturas até 650° C.

Figura 12 – Flir K50



Fonte: Flir

Na presente pesquisa, foram consultadas distribuidoras e revendedores das seguintes marcas de CIT: Flir, empresa especializada em imageamento térmico, MSA e Draeger, empresas especializadas em produtos para atividade de bombeiro. Como se infere acima, apenas a empresa Draeger enviou orçamentos com valores de CIT. Em pesquisa na internet, poucos valores de CIT foram encontrados, sendo estes, de CITs destinadas a aplicação diversa do combate a incêndio.

Dessa forma, expostos os principais aspectos relativos às CITs, quanto às seus princípios de funcionamento, as técnicas e estudos que levaram ao seu surgimento, suas características básicas, especificações técnicas e recursos, além de seus valores, há de se avaliar se a sua aplicação nas operações de combate a incêndio estrutural suprirá as necessidades do CBMSC, objetivo principal da presente monografia.

5 CÂMERAS DE IMAGEM TÉRMICA NO COMBATE A INCÊNDIO ESTRUTURAL

5.1 Evolução do combate a incêndio estrutural

O surgimento das atividades de bombeiros na civilização humana se deu com a necessidade de controlar o fogo, que sempre se mostrou como um grande fator de perigo para a sociedade, desde o início de sua organização, ao mesmo tempo em que foi utilizado como fomentador de progresso do homem.

A evolução do combate a incêndio está atrelada à grandes tragédias decorrentes de incêndios, que resultaram em um grande número de vidas perdidas e prejuízos patrimoniais. Maus ([200-?]) afirma que:

[...] quando a capital do império Romano, foi devastada por um grande incêndio no ano 22 a.C., e por esta razão, o Imperador César Augusto, preocupado por este acontecimento, decidiu na criação do que se pode considerar como o primeiro corpo de Bombeiros, cujos integrantes se chamavam “vigiles”, responsáveis pela segurança de Roma.

Segundo Maus (História da evolução dos serviços de bombeiro, [200-?]), no século XVII, os materiais de combate ao fogo não passavam de machados, enxadões, baldes, e outras ferramentas, e somente no século XVIII é que foram inventadas, por Van Der Heyden, a primeira bomba de incêndio e as primeiras mangueiras de combate a incêndios. Maus (História da evolução dos serviços de bombeiro, [200-?]) complementa que: “A aparição destas bombas de incêndio fez com que se organizasse em Paris (França) uma companhia de “sessenta guarda bombas”, uniformizados e pagos que estavam sujeitos à disciplina militar.”

A partir de então, diversas cidades do mundo ocidental passaram a adotar Corpos de Bombeiros organizados, como no citado modelo francês, descreve Maus (História da evolução dos serviços de bombeiro, [200-?]).

No Brasil, em 1797, com a publicação do Alvará Régio, o Arsenal da Marinha passou a ser o órgão competente para extinção de incêndios. E após os incêndios de 1851 e 1856 no Teatro São João, o Imperador Dom Pedro II, por meio do Decreto Imperial de 2 de julho de 1856, foi organizado o Serviço de Extinção de Incêndio. É o que expõe Aste (1991, p. 12).

Aste (1991, p. 26) afirma também, que em 1865 o Corpo de Bombeiro do Império recebeu sua primeira bomba a vapor e em 1875 o Corpo já possuía duas bombas a vapor e 16 bombas manuais.

Em 1913, o primeiro automóvel passou a ser utilizado pelo Corpo de Bombeiros, afirma Maus (Histórico do Corpo de Bombeiro no mundo e no Brasil, [200-?]).

Barcelos (2001, p. 13) refere que, durante muito tempo, as operações de combate a incêndio em edificações eram feitas de maneira defensiva, limitando-se a jogar água sobre o fogo,

sem objetivos definidos, devido à precariedade dos materiais e falta de equipamentos de segurança. Complementando, Barcelos (2001, p. 13) ressalta que:

No Brasil, especificamente em Santa Catarina, a atuação não era diferente. Trabalhava-se com linhas de mangueiras, capacetes de fibra e roupas de tecido espesso de algodão, que necessitava de uma linha exclusiva para resfriamento do pessoal de combate, ou seja, dificilmente o bombeiro adentrava a edificação, o que fazia com que todas as ações de bombeiros fossem defensivas, de proteção, sobressaindo algumas ações de resgate heróicas, pois a grande maioria das intervenções limitava-se a jogar água no interior da edificação, efetuando as famosas e condenadas “extinções por alagamento”.

Neste ínterim, com a ocorrência dos incêndios dos Edifícios Andraus (1972) e Joelma (1974) os Corpos de Bombeiros despertaram a atenção para o aprimoramento das atividades de prevenção a incêndios. Naturalmente, as atividades de combate a incêndio também foram alvo da atenção das Corporações.

Inúmeras foram as inovações a partir de então. A evolução da ciência e das novas tecnologias alcançou a atividade de combate a incêndios, de modo que atualmente, o trabalho das equipes de combate se tornou muito mais rápido, seguro e eficiente.

Barcelos (2001, p. 14), esclarece que com o surgimento de novos equipamentos de proteção, como roupas próprias para o combate a incêndio, com maior resistência ao fogo, e equipamentos de proteção respiratória, com tempo razoável autonomia, a realidade do bombeiro seria outra. Tornou-se possível ao combate passar a adentrar a edificação sinistrada e efetuar um combate mais objetivo.

Assim, as técnicas e os equipamentos utilizados para o combate, foram também aprimoradas. O sucesso em operações de busca e resgate em incêndios interiores passou a ser um objetivo mais palpável. O surgimento de esguichos reguláveis, de vazão automática e selecionável, passaram a permitir os combates direto, combinado e tridimensional, que proporcionam maior segurança e efetividade.

Buscando a facilitação do combate e a segurança, ações de apoio e suporte de grande importância também surgiram, como a ventilação forçada dos ambientes de incêndio, através do uso de ventiladores elétricos e a combustão.

Novos agentes extintores, específicos para cada tipo de material combustível, passaram a auxiliar os bombeiros em incêndios diversos, como o uso de Líquido Gerador de Espuma em incêndios em líquidos inflamáveis e em graxas e óleos quentes.

Nota-se que muito já se evoluiu na área do combate a incêndio estrutural. Todos os equipamentos e técnicas acima identificados já estão difundidos e são aplicados de maneira padronizada nas Corporações de todo o mundo.

Contudo, a necessidade de aprimoramento das estratégias e técnicas de combate a incêndio e a evolução de seus equipamentos e ferramentas, deve ser constante. Apesar das grandes

inovações já realizadas e padronizadas, a atividade de combate a incêndio continua oferecendo grandes riscos às equipes de resposta e às eventuais vítimas da ocorrência.

Em verdade, por mais que se aprimorem as técnicas e os equipamentos de combate, uma ocorrência de incêndio sempre trará riscos. Cabe então, às Corporações de Bombeiros estudar os novos recursos disponíveis existentes que possam reduzir ainda mais esses riscos, além de proporcionar mais efetividade na resolução do sinistro, potencializando o serviço, no intuito de salvar e proteger a vida e minimizar os danos ao patrimônio alheio.

Novas tecnologias surgem diariamente, visando a potencialização do serviço bombeiril. A CIT, alvo do presente estudo, se destaca como um dos possíveis próximos passos dessa constante evolução a que devem passar as Corporações de Bombeiros. Por conta disso, sua utilidade na atividade de combate a incêndio estrutural, será analisada a partir de agora.

5.2 Utilidade da CIT em ocorrências de combate a incêndio estrutural

A atividade de combate a incêndio estrutural é uma atividade que oferece grande risco aos combatentes, além de tratar-se de uma ação dificultosa, que exige estratégias e técnicas bem definidas para o sucesso da operação.

A falta de visibilidade em incêndios interiores, seja pelas fumaças visíveis e gases de combustão, seja pelo corte no fornecimento de energia elétrica, em situações em que houve ventilação forçada, em períodos noturnos, se mostra como uma das principais dificuldades para uma guarnição de combate a incêndio.

Nestes casos, tanto a localização do foco do incêndio, quanto a busca de vítimas no ambiente sinistrado, encontram obstáculos que podem causar o retardamento da resolução da ocorrência, ou mesmo gerar o insucesso completo da missão. Torna-se óbvio que, se assim ocorrer, vidas poderão ser perdidas e os danos provocados pelo fogo trarão estragos ainda maiores.

Ademais, o retardamento da resolução da ocorrência, aumentará consideravelmente o tempo de exposição do combatente aos riscos existentes em um incêndio, como ao calor extremo e as chamas, às possibilidades de ocorrências de fenômenos como o *flashover* e o *backdraft*, ou mesmo à possíveis colapsos de estruturas.

Desta forma, a CIT surge como uma possível solução para os problemas de visibilidade nas situações de incêndio interior. Sendo um equipamento que tem por princípio a geração de imagens por detecção de raios infravermelhos, ou seja, através de ondas eletromagnéticas, não visíveis a olho nu, a CIT permite que, através do calor irradiado, qualquer objeto seja observado, mesmo que na ausência completa de luz.

A imagem gerada por uma CIT não alcança a qualidade de uma imagem digital convencional, com riqueza de detalhes e cores, mas dependendo do modelo de equipamento, a imagem será clara o suficiente para a atuação segura de uma equipe de combate, em um ambiente desprovido de qualquer luminosidade. É o que acontece com as CITs fabricadas especificamente para o fim de combate a incêndios, que garantem a identificação clara de todo o ambiente e dos objetos que fazem parte do mesmo.

5.2.1 Busca e salvamento

Considerando o procedimento padrão adotado nas buscas e resgates de vítimas pelo CBMSC, ou seja, a busca inicial, quando a prioridade ainda é o resgate e não o controle do incêndio, seguida da busca avançada, quando o incêndio já foi controlado inicialmente, baseadas no uso das técnicas de varredura visual, chamada e escuta e busca às cegas, tem-se que o uso de CIT pode trazer grande eficácia e celeridade na resolução da ocorrência.

De acordo com Rowe (2009, p. 8), na busca e salvamento, as CITs podem ser utilizadas para localizar fontes de calor, como vítimas ou bombeiros caídos.

A varredura visual é indicada para ambientes com boa visibilidade. Portanto, havendo grande quantidade de fumaças visíveis e gases da combustão, ela se mostrará inócua. Porém, com a utilização de uma CIT, a varredura visual poderá ser realizada perfeitamente, pois ela destacará detalhes de todos os objetos existentes no campo de visão, principalmente aqueles que emitem maior quantidade de radiação, que tenham maior temperatura, como é o corpo humano.

Da mesma forma, uma busca às cegas, realizada por uma equipe guarnecida com uma CIT seria sobremaneira simplificada, tendo em vista a desnecessidade de realizar a busca agachado (se a temperatura também permitir) e o tateamento do chão e paredes, tendo em vista a possibilidade de identificar todos os objetos do ambiente, assim como, eventuais obstáculos presentes.

A busca às cegas, exige dos resgatistas que se analise, agachado e tateando o chão e as paredes, todo o perímetro de um cômodo, e depois de outros, até que toda a edificação sinistrada tenha sido averiguada. Notadamente, não se trata de um procedimento simples, tampouco rápido. Muito menos, será seguro. Isto porque, durante todo o tempo da busca os resgatistas estarão expostos aos riscos que um incêndio pode trazer, por mais que todos eles estejam devidamente gerenciados pelo comandante da operação.

Sendo assim, de posse de uma CIT e tendo o conhecimento necessário para seu manuseio, os resgatistas poderiam realizar a busca de maneira menos dificultosa, mais

confortavelmente, de modo a direcionar seus esforços para a realização de uma busca mais rápida, segura e atenciosa.

Corroborando com tal assertiva, Rowe (2009, p. 8) refere que as CITs podem identificar perigos como buracos no chão, fios pendurados, além de portas, janelas e outros pontos de fuga, podendo ainda, distinguir móveis e outros objetos que podem bloquear o caminho do combatente.

Ressalta-se que, por mais que os atos de controle do fogo possam ser iniciados enquanto se procede a busca por vítimas, eles nunca serão prioridade enquanto subsistir a prioridade “busca e salvamento”. Por isso, quanto mais célere for a conclusão do resgate de vítimas, mais célere será a dedicação da guarnição ao, também importante, controle do fogo.

5.2.2 Localização do foco de incêndio

E tratando-se de controle do fogo, pode-se afirmar que nesta fase da operação de combate a incêndio, a CIT também poderia muito contribuir. Considera-se, para tanto, as propriedades do equipamento de identificar pontos de maior calor em um ambiente, bem como, o seu poder de aferir a temperatura de um ponto específico.

Desta forma, a contribuição da CIT para o controle do fogo, pode se dar desde o início da ocorrência, quando os combatentes sequer adentraram à edificação sinistrada. Com uma rápida aferição da temperatura de paredes, portas e janelas externas, seria possível identificar os pontos de maior calor e concluir rapidamente em que cômodo da edificação se encontra o foco do incêndio, sem nem mesmo aproximar-se da edificação.

Isto poderia aumentar o tempo resposta do combate, direto ou combinado, ao fogo, diminuindo as chances de seu alastramento, e conseqüentemente, de maiores danos patrimoniais na edificação.

Em outras situações, em que não é possível realizar a aferição de temperatura e localização do foco do incêndio pelas partes externas da edificação, se poderia utilizar a CIT para tanto, em momento posterior, quando da entrada da guarnição na edificação atingida.

Neste caso, a CIT seria útil ao permitir aos combatentes a visão clara e precisa do ambiente, possibilitando um acesso rápido e uma localização do foco do incêndio, tão rápida quanto. Também nesta hipótese, a potencialização do acesso e da localização do foco, permitiriam um controle do fogo mais efetivo, reduzindo o tempo para a resolução da ocorrência e os danos ao patrimônio, fazendo com que, assim, a permanência dos combatentes no local do incêndio se limitasse a um curto espaço de tempo.

5.2.3 Tomada de decisões

Além disso, A CIT ainda poderia auxiliar o comando da operação na tomada de decisões, quanto às estratégias e táticas a serem adotadas na ocorrência de combate a incêndio estrutural.

Um ponto crucial em ocorrências de combate a incêndios interiores, é a decisão de entrada ou não na edificação sinistrada, devido ao perigo que podem oferecer possíveis ocorrências de fenômenos do incêndio, como o *flashover* e o *backdraft*.

Sabe-se que o *flashover* ocorre quando todos os materiais presentes no ambiente incendiado atingem a temperatura de ignição simultaneamente. Sabe-se ainda, que o *backdraft* se manifesta quando da entrada repentina de oxigênio em um ambiente de incêndio rico em monóxido de carbono, que possui ponto de ignição a uma temperatura de 605° C (CBMSC, 2013, lição 3, p. 5).

Assim, se for possível a utilização da CIT para aferir a temperatura no ambiente de incêndio, a partir da abertura de acessos, se poderia analisar e prever eventuais ocorrências de *flashover* ou *backdraft*, gerenciar tais riscos e auxiliar a tomada de decisão do comandante de operações. Esse também é o entendimento de Rowe (2009, p. 8).

Seguindo este mesmo raciocínio, utilizando-se o recurso de aferição da temperatura, as CITs ainda poderiam ser utilizadas para prever eventuais colapsos de estruturas. Bastaria identificar a que temperatura uma estrutura de concreto, metal ou madeira perderiam a resistência em contato com o fogo. Neste caso, se exigiria um estudo um pouco mais complexo, tendo em vista que envolveria outros fatores, como a carga suportada por tais estruturas. Essa análise também poderia influenciar a decisão do comandante de operações quanto às estratégias e técnicas adotadas no combate a incêndio.

Rowe (2009, p. 9) ressalta que, à medida que mais Corpos de Bombeiros se equipam com CITs e as tecnologias se tornam mais avançadas, novas utilidades lhe podem ser atribuídas, ampliando seu campo de utilização dentro do combate a incêndio.

Visando analisar a amplitude que a utilização de CITs em atividades de combate a incêndio estrutural tem tomado ao redor do mundo, serão mencionados adiante, a experiência de algumas Corporações com a dita ferramenta.

5.3 Utilização em outras corporações

As CITs já vem sendo utilizadas em atividades de combate a incêndio estrutural em outras Corporações de Bombeiros pelo mundo, e também no Brasil. Algumas delas inclusive já incluíram a CIT como equipamento padrão para atendimento de ocorrências.

5.3.1 No mundo

Prova de que as CITs já encontram-se difundidas dentro dos Corpos de Bombeiros de todo o mundo, é a normatização elaborada pela *NFPA (National Fire Protection Association*, ou em português, Associação Nacional de Proteção contra Incêndios) sobre as CITs utilizadas em combate a incêndios.

A NFPA é uma organização fundada em 1896, dedicada produção de conhecimento, investigação, educação e elaboração de códigos e normas na área de prevenção e combate a incêndios. Trata-se de uma instituição referência na área, sediada em Massachusetts, nos Estados Unidos, que influencia a atividade de bombeiros globalmente.

A norma referida é a NFPA nº 1801, publicada no ano de 2013, que elenca definições, informações, certificações, padrões de forma, desempenho e controle de qualidade de CITs destinadas ao combate a incêndio.

Dentre as Corporações de Bombeiros que utilizam-se da CIT em situações de combate a incêndio estrutural, de forma padronizada, destaca-se o *New York Fire Department – NYFD* (Departamento de Bombeiros de Nova Iorque).

O *NYFD* faz referências às CITs em diversos momentos de seu Manual de Formação de Bombeiros (*NYFD*, [201-?]), inclusive nos capítulos pertinentes às ferramentas (capítulo 14) e às operações (capítulo 16) de combate a incêndio. Como exemplo, cita-se as recomendações feitas pelo *NYFD* ([201-?], capítulo 14, p. 51) para a utilização da CIT em combate a incêndios: não captar imagens térmicas através de vidros ou plásticos transparentes, pois estes podem agir como um espelho; da mesma forma com relação a superfícies que reflitam a imagem, como azulejos, superfícies polidas, etc; é essencial a familiarização com a CIT, pois a percepção de profundidade pode variar de um equipamento para outro; transmissões de rádio podem causar mau funcionamento da CIT.

Anualmente, o *NYFD* homenageia os bombeiros de sua Corporação que atuaram com destaque em ocorrências durante o ano anterior. Essa homenagem fica registrada em uma publicação anual da instituição, chamada de *NYFD Medal Day Book* (Livro do Dia da Medalha do

NYFD). Em pesquisa nos *NYFD Medal Day Books*, é possível observar diversos casos de ocorrências de combate a incêndio que obtiveram êxito no NYFD com o auxílio de uma CIT.

O *NYFD Medal Day Books* 2014 traz o caso do bombeiro Harry E. Pfeiffer, componente da Guarnição de Escada 146, numa ocorrência de combate a incêndio ocorrida no bairro do Brooklin, em março de 2013, de onde se extrai (*NYFD*, 2014, p. 12):

O trio enfrentou visibilidade zero e condições de calor elevado devido à ventilação limitada. A equipe da Escada 146 usou a corda de busca e a câmera de imagem térmica para localizar o fogo e procurar a vítima na frente da ocupação. O caminhão de combate a incêndio 229 operava uma linha de mangueiras no incêndio localizado na frente do edifício.⁶ (tradução do autor).

Na edição de 2013 do *Medal Day Book*, destaca-se o relato da ocorrência atendida no bairro do Bronx, em abril de 2012, pelo bombeiro Robert F. Andersen, da Guarnição de Resgate 3, do qual se transcreve (*NYFD*, 2013, p. 16):

O Tenente Robert Maxwell, da Guarnição de Resgate 3, ordenou que sua equipe subisse no piso da cobertura 2, para fora do telhado do edifício em chamas. Ao bombeiro Robert Andersen, motorista de salvamento 3, foi dito para monitorar as condições do edifício em que se originou o incêndio. Usando uma câmera de imagem térmica, ele descobriu uma parede extremamente quente na escada. Abrindo um pequeno buraco na parede, o bombeiro Andersen observou que o fogo se estendia para cima a partir do primeiro andar e notificou as unidades operacionais no segundo e terceiro andares, junto com o Comandante da Operação.⁷ (tradução do autor).

O *Medal Day Book* de 2011, traz um dos casos mais emblemáticos de utilização da CIT em operações de combate a incêndio. Trata-se de ocorrência atendida pelo Capitão Charles A. Mastandrea, comandante da Divisão 6 do *NYFD*. Cita-se trecho do relato (*NYFD*, 2011, p. 32):

O terceiro andar consistia em inúmeros apartamentos de solteiro fechados e a visibilidade era muito limitada devido à fumaça. O Capitão Mastandrea forçou uma porta que possuía três fechaduras pesadas e passou para a próxima sala. Depois de forçar a porta, ele examinou a sala com a câmera de imagem térmica e viu uma pessoa pendurada para fora da janela. Parecia que ele estava se preparando para pular. O capitão agarrou o civil e puxou-o de volta na janela.⁸ (tradução do autor).

Diversos outros casos de aplicação eficiente da CIT em operações de combate a incêndio são indicadas nas demais edições do *Medal Day Books*, demonstrando que a ferramenta encontra-se em uso constante e padronizado pelo *NYFD*.

⁶No original: “The trio faced zero visibility and high heat conditions due to limited ventilation. The inside team of Ladder 146 used the search rope and imaging camera to locate the fire and search for the victim in the front of the occupancy. Engine 229 operated a hand-line on the fire in front of the building.”

⁷No original: “Lieutenant Robert Maxwell, Rescue 3, was ordered to send his inside team to the top floor of exposure #2 and his outside team to the roof of the fire building. FF Robert Andersen, Rescue 3’s chauffeur, was told to monitor the conditions in the original fire building. Using a thermal imaging camera (TIC), he discovered an extremely hot wall in the staircase. Opening a small hole in the wall, FF Andersen found fire extending upward from the first floor and notified the units operating on the second and third floors, along with the Incident Commander (IC).”

⁸No original: “The third floor consisted of numerous locked singleroom occupancies (SROs) and visibility was very limited due to the smoke. After Captain Mastandrea forced one door, he proceeded to the next room, which had three heavy locks on it. After forcing the door, he scanned the room with the thermal imaging camera and saw a person hanging out the window. He looked like he was getting ready to jump.”

Da mesma forma, o *National Institute of Standards and Technology* – *NIST* (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia) também se refere às CITs. O *NIST* é um instituto governamental americano, que integra o Departamento de Comércio Americano, e que elabora mensuração e padrões tecnológicos diversos avançados. *NIST* foi uma das instituições participantes da elaboração da norma técnica *NFPA* nº 1801.

5.3.2 No Brasil

Dentre os Corpos de Bombeiros Militares brasileiros, poucos procuraram se equipar com CITs. Foi o que se inferiu da pesquisa realizada por meio de contato através dos meios de comunicação disponíveis nos *sites* corporativos de cada Estado pesquisado.

Foram consultados os Corpos de Bombeiros dos Estados do Rio Grande do Sul, Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal.

Até o momento da conclusão do presente trabalho, os Corpos de Bombeiros Militares dos Estados do Paraná, São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Goiás, não responderam o contato efetuado.

Apesar disso, em pesquisa na internet, obteve-se notícia no *site* da Secretaria de Segurança Pública paulista, de que o Corpo de Bombeiros da Polícia Militar de São Paulo já possui CITs. Não foi possível inferir se sua utilização tem sido priorizada na Corporação. Segue transcrição do trecho da notícia (MARCHIORI, 2009):

O Corpo de Bombeiros recebeu, nesta quinta-feira (26), o reforço de quatro câmeras de imagem térmica, capazes de identificar corpos de pessoas ou animais, vivos ou mortos, em locais incendiados, tomados por fumaça ou sem iluminação. [...] Os novos equipamentos, chamados de Talisman Spirit, serão úteis para ações em ambientes confinados, onde existam apenas uma ou duas alternativas de saída.

O Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul respondeu ao contato efetuado, afirmando não possuir equipamentos de CIT, através de envio de *e-mail* do Chefe de Estado Maior da Corporação (OLIVEIRA JÚNIOR, 2015).

O Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal – CBMDF foi a única Corporação brasileira que retornou o contato da presente pesquisa com resposta positiva. Através de *e-mail*, o Grupamento de Prevenção e Combate a Incêndio – GPCIN, Seção de Doutrina e Ensino – SEDEI, informou que possuem a CIT modelo T4 Max Bullard (GPCIN, 2015).

No referido contato, o GPCIN, do CBMDF, informou que existe uma CIT em cada Organização Bombeiro Militar – OBM; que existe um sistema de instrução continuada, para atualização dos conhecimentos da guarnição, na qual a CIT é matéria abordada; que (GPCIN, 2015): “[...] há também um curso de especialização na área de Incêndio Urbano, COI, Curso de

Operações em Incêndio, onde os militares são instruídos para a utilização da Câmera. No curso ela é utilizada nas instruções no contêiner, casa de fumaça e simulacros variados.”

5.4 Utilização no CBMSC

Passa-se agora, a averiguação da presença da CITs no CBMSC. Conforme já mencionado anteriormente, quando se tratou de valores de CITs, o CBMSC possui três unidades da marca Flir, modelo K50.

De acordo com informações do chefe da Divisão de Finanças (GELAIN, 2015), da Diretoria de Logística e Finanças, do CBMSC, a compra das CITs foram efetuadas através dos processos licitatórios de Pregão Presencial nº 114-CBMSC, em outubro de 2013, e Pregão Presencial nº 132-CBMSC, em dezembro de 2013.

Afirma a Divisão de Finanças (GELAIN, 2015), que as três CITs Flir K50 foram distribuídas entre as OBMs do CBMSC da seguinte maneira: uma unidade foi enviada para o CEBM, uma unidade enviada para o 7º BBM, e a terceira unidade para o 11º BBM.

A CIT que encontra-se no CEBM foi utilizada para testes no presente trabalho. Em contato com bombeiros militares lotados na referida OBM, não se teve notícia de sua utilização anteriormente, seja em instruções, seja por cessão à outra OBM, para utilização e atendimento de ocorrências. Em contato com o 7º BBM, seu Comandante confirmou a existência da CIT na OBM, referindo que a mesma não foi utilizada em ocorrências, porém, já foi objeto de instrução para as guarnições de combatentes. Da mesma forma, a ajudância do 11º BBM, confirmou o recebimento da CIT em sua sede, afirmando que o equipamento somente foi utilizado, no laboratório de combate a incêndio.

Conforme mencionado por Oliveira (2015), a necessidade da utilização da CIT em situações pontuais se tornou flagrante durante a atuação de combate à reação química ocorrida em São Francisco do Sul, em setembro de 2013. Naquela oportunidade, foi necessário que um desses equipamentos fosse emprestado por uma empresa especializada em materiais para bombeiros, sendo realizado o deslocamento de outro estado, para que então, fosse realizada a localização do ponto de maior calor na ocasião.

Percebe-se que, a utilização das CITs em ocorrências de combate a incêndio estrutural, já encontra-se bastante difundida fora do Brasil, mais especificamente, nos Estados Unidos, onde existem procedimentos padrões adotados em operações de incêndio e onde fazem parte da rotina de instruções dos bombeiros em formação. Enquanto que, no Brasil, apesar da limitação de informações do presente estudo, pode-se afirmar que a utilização das CITs em combate a incêndio estruturais, ainda é bastante incipiente.

6 METODOLOGIA

6.1 Experimentos

Para confirmação das vantagens ou desvantagens da aplicação da CIT em operações de combate a incêndio estrutural, foram realizados testes práticos. Os ensaios realizados se dividem em duas etapas. A primeira, efetuada no dia 15 de agosto de 2015, na cidade de Tubarão, no campo de instrução de combate a incêndio do 8º BBM; e a segunda, no dia 17 de setembro de 2015, nas dependências do CEBM.

O equipamento utilizado foi a CIT da marca Flir, modelo K50, patrimônio do CBMSC e que encontra-se no CEBM.

Em todas as simulações efetuadas, foram aferidos os intervalos de tempo utilizados para realização das tarefas propostas.

6.1.1 Campo de instrução do 8º BBM

Nos contêineres (Figura 13) de combate a incêndio do campo de instrução do 8º BBM, foram realizados os experimentos que passam a ser descritos adiante.

Figura 13 – Contêineres



Fonte: Elaborada pelo autor

Os dois contêineres existentes no campo de instrução estão paralelamente dispostos e unidos por um corredor que dá acesso a ambos, simulando a estrutura de uma edificação residencial, conforme demonstra Figura 13. Cada contêiner possui 38 m², e unidos, somando-se a área do corredor, perfazem um total de 88 m².

Há de se esclarecer que, as paredes metálicas dos contêineres são revestidas internamente com tijolos cerâmicos maciços, visando a conservação e maior durabilidade da estrutura metálica. O reforço interno funciona como isolante térmico, não permitindo que o calor interno provocado por simulações de incêndio, atinjam a parte metálica da parede do contêiner. Por conta disso, alguns experimentos restaram prejudicados, como se observará à frente.

Participaram dos ensaios, o Major BM Marcos Aurélio Barcelos, o Cadete BM Cardeal, autor do presente trabalho, o Sargento BM Auri, o Cabo BM Vitorino e a Engenheira Daniela Milanez Zarbatto.

1. Experimento de aferição de temperatura em paredes, portas e janelas externas de edificação. Neste ensaio, simulando situação de incêndio, a CIT foi utilizada para aferir a temperatura das paredes, portas e janelas externas da estrutura, com o intuito de localizar o cômodo em que se encontrava o foco do incêndio, sem necessidade de adentrar ou aproximar-se da edificação.

2. Experimento de aferição de temperatura de cômodo da estrutura onde está o foco do incêndio. Neste ensaio, simulando situação de incêndio interior confinado, a CIT foi utilizada para aferir a temperatura dentro do recinto onde se encontra o foco do incêndio, no intuito de identificar condições que favorecessem a ocorrência de fenômenos do incêndio.

3. Experimento de aferição de temperatura de cômodo da estrutura onde não está o foco do incêndio. Neste ensaio, simulando situação de incêndio interior confinado, a CIT foi utilizada para aferir a temperatura dentro da edificação sinistrada, porém, em recinto diverso daquele onde se encontra o foco do incêndio, no intuito de identificar condições que favorecessem a ocorrência de fenômenos do incêndio.

4. Experimento de localização de foco de incêndio. Neste ensaio, simulando situação de incêndio interior confinado, utilizou-se a CIT para encontrar o foco do incêndio dentro da estrutura sinistrada.

5. Experimento de localização de vítima. Neste ensaio, simulando situação de incêndio interior confinado, utilizou-se a CIT para encontrar vítima dentro da estrutura sinistrada. Num primeiro momento, realizou-se a busca às cegas, sem meios auxiliares, e depois realizou-se a busca térmica, com a utilização da CIT.

6.1.2 Dependências do CEBM

Nas dependências do CEBM, foram realizados ensaios que visaram unicamente simular a localização de vítimas em ambientes com pouca ou nenhuma visibilidade. O objetivo foi aferir apenas o tempo dispendido para a localização da vítima. Utilizou-se a CIT para encontrar

vítima dentro de alojamento do prédio do CEBM. Num primeiro momento, realizou-se a busca as cegas, sem meios auxiliares, e depois realizou-se a busca térmica, com a utilização da CIT.

O ambiente foi privado de qualquer meio de iluminação e não havia interferência de nenhuma fonte de calor além do próprio calor irradiado pelos objetos e pela vítima. Não buscou-se aferir temperaturas, mas tão somente a identificação térmica da vítima dentro do recinto, no menor espaço de tempo.

6.2 Resultados

6.2.1 Campo de instrução do 8º BBM

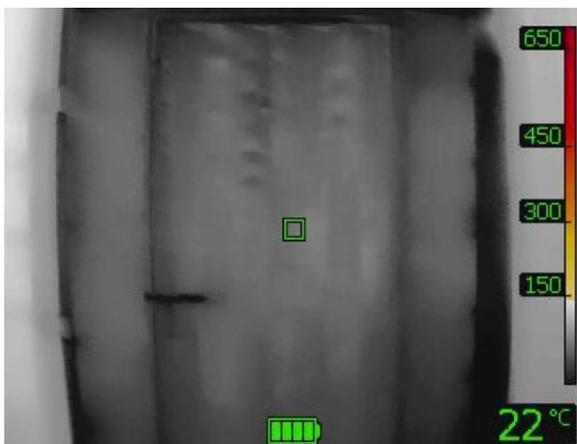
Após os experimentos realizados e analisados os dados adquiridos, chegou-se aos resultados que seguem.

1. Experimento de aferição de temperatura em paredes, portas e janelas externas de edificação: para contornar todo o perímetro da estrutura e realizar a aferição da temperatura de todas as paredes, portas e janelas externas, foi necessário um tempo de 1 minuto e 45 segundos.

Frisa-se que, conforme esclarecido anteriormente, as paredes dos contêineres são isoladas termicamente, devido ao reforço interno de tijolos maciços. Desta forma, somente com a aferição das temperaturas das portas e janelas é que se encontrou relevantes diferenças de temperatura.

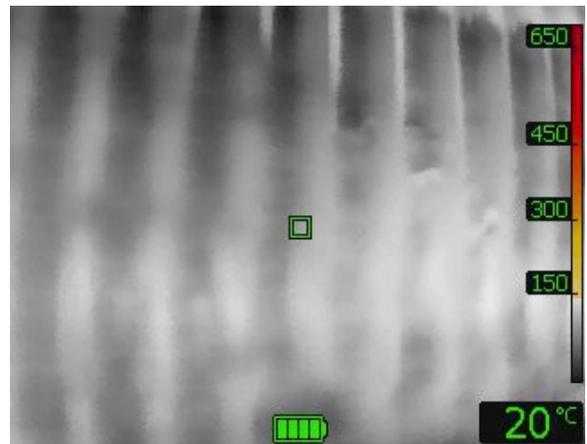
Notou-se a diferença de temperaturas entre as paredes (isoladas termicamente), portas e janelas dos cômodos em que não encontrava-se o foco do incêndio (22° C na porta – Figura 14 e 20° C na parede – Figura 15), e as portas e janelas externas dos cômodos em que encontrava-se o foco do incêndio (85° C na janela – Figura 16), conforme termogramas abaixo.

Figura 14 – Porta externa – cômodo livre de fogo



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 15 – Parede externa



Fonte: Elaborada pelo autor.

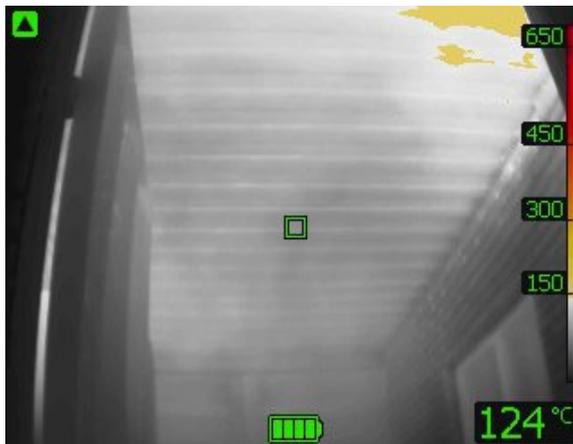
Figura 16 – Janela externa – cômodo em que se encontra o foco



Fonte: Elaborada pelo autor.

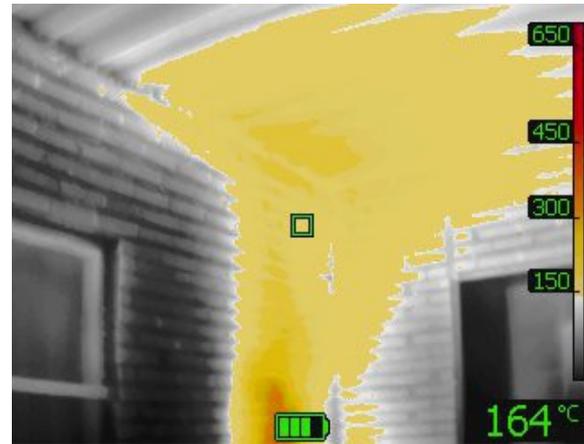
2. Experimento de aferição de temperatura de cômodo da estrutura onde está o foco do incêndio: foram produzidos diversos termogramas, através de captura de imagens térmicas, com as aferições de temperaturas. Não se constatou temperatura elevada o suficiente para ocorrência de fenômenos do incêndio (*flashover* e *backdraft*, superiores a 600° C), conforme termogramas das Figura 17 e Figura 18.

Figura 17 – Temperatura de cômodo onde está o foco



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 18 – Temperatura de cômodo onde está o foco

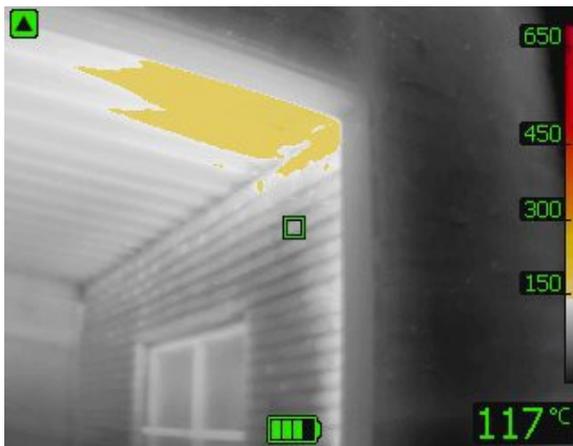


Fonte: Elaborada pelo autor.

As CIT se mostram como uma grande ferramenta para aferição de temperatura de ambientes e objetos diversos. Contudo, para a constatação da possibilidade de ocorrência de algum dos fenômenos do incêndio, seria necessária a simulação dos mesmos, o que não foi possível na presente pesquisa, devido às dificuldades e riscos envolvidos. De qualquer forma, acredita-se que a CIT auxiliaria em muito, na verificação de iminentes fenômenos do incêndio, devido a sua clareza e precisão.

3. Experimento de aferição de temperatura de cômodo da estrutura onde não está o foco do incêndio: foram produzidos diversos termogramas, através de captura de imagens térmicas, com as aferições de temperaturas. Não se constatou temperatura elevada o suficiente para ocorrência de fenômenos do incêndio (superiores a 600° C), conforme termogramas das Figura 19 e Figura 20.

Figura 19 – Temperatura de cômodo onde não está o foco



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 20 – Temperatura de cômodo onde não está o foco



Fonte: Elaborada pelo autor.

4. Experimento de localização de foco de incêndio: dependendo do cômodo onde se encontrava o foco do incêndio, foi possível proceder sua localização de forma quase imediata. A possibilidade de visibilidade em ambientes desprovidos de qualquer fonte de luz, fez com que a CIT se transformasse numa grande ferramenta para o controle do fogo. Observou-se que, em pontos de temperatura superior a 150° C, a imagem que se apresentava em preto e branco, gradualmente toma coloração amarelada ou avermelhada, de acordo com o aumento de temperatura daquele ponto, facilitando ainda mais a observação do foco do incêndio.

O termograma da Figura 21, capturado de cômodo diverso daquele onde se encontrava o foco do incêndio e tão logo se adentrou à edificação sinistrada, distingue perfeitamente todos os objetos, paredes e portas existentes, localizando ainda o foco do incêndio, devido ao destaque da coloração vermelha.

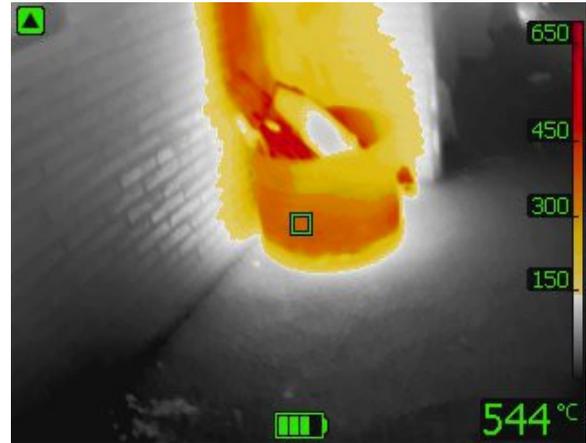
O termograma da Figura 22, demonstra a localização e aferição de um outro foco de incêndio.

Figura 21 – Foco do Incêndio 1



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 22 – Foco do incêndio 2



Fonte: Elaborada pelo autor.

5. Experimento de localização de vítima: inicialmente realizou-se um ensaio de busca às cegas. Neste, a dupla de resgatistas composta pelo Sargento BM Auri e pelo Cabo BM Vitorino, efetuou a busca de um manequim colocado no último dos três cômodos da estrutura. Depois de adentrarem ao contêiner, a dupla de resgatista retornou à área externa, carregando o manequim, após passados 3 minutos e 20 segundos. Até o momento da localização da vítima, passaram-se 1 minuto e 6 segundos. Frisa-se estes dados, pois serão melhor analisados posteriormente.

Trata-se de um tempo extremamente rápido, considerando-se a falta de visibilidade provocada pelos gases e fumaças visíveis. Acredita-se que, devido ao conhecimento da dupla de resgatista, tanto das peculiaridades do ambiente de incêndio (tamanho e disposição dos cômodos e objetos presentes), quanto da localização da vítima, a busca às cegas se tornou mais simples do que numa situação real.

Por isso, se propôs a realização de novos experimentos de busca de vítimas em ambientes com pouca ou nenhuma visibilidade, desta vez, nas dependências do CEBM, o que será tratado mais adiante.

Posteriormente, foram efetuadas duas buscas térmicas, ou seja, com a utilização da CIT. Na primeira busca térmica (Figura 23 e Figura 24), após a entrada no contêiner, a dupla de resgatistas retornou à área externa, com o manequim, depois de 1 minuto e 45 segundos. Até o momento da localização da vítima, desde a entrada da dupla de resgatistas, passaram-se apenas 31 segundos.

Figura 23 – Busca térmica 1



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 24 – Busca térmica 1



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na segunda busca térmica empreendida, após a entrada no contêiner, a dupla de resgatistas retornou à área externa, com o manequim, depois de 1 minuto e 25 segundos. Até o momento da localização da vítima, desde a entrada da dupla de resgatistas, passaram-se apenas 38 segundos.

Figura 25 – Busca térmica 2



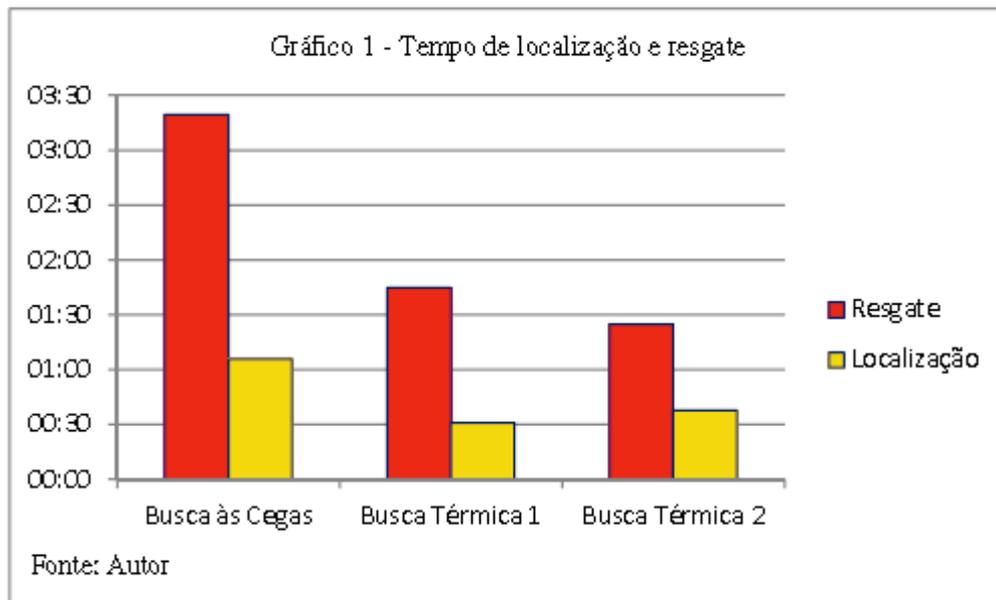
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 26 – Busca térmica 2



Fonte: Elaborada pelo autor.

O Gráfico 1 representa o tempo total utilizado para o resgate do manequim, em vermelho, e o tempo utilizado apenas para sua localização, em amarelo, nas três buscas realizadas, em primeiro a busca às cegas, e depois as duas buscas térmicas.



Mesmo considerando o rápido tempo levado pela dupla de resgatistas na simulação de busca às cegas (3 minutos e 20 segundos), observa-se uma grande diferença de tempo, se comparado às simulações de busca térmica (1 minuto e 45 segundos; e 1 minuto e 25 segundos), o que demonstra a celeridade que a CIT proporciona ao salvamento.

6.2.2 Dependências do CEBM

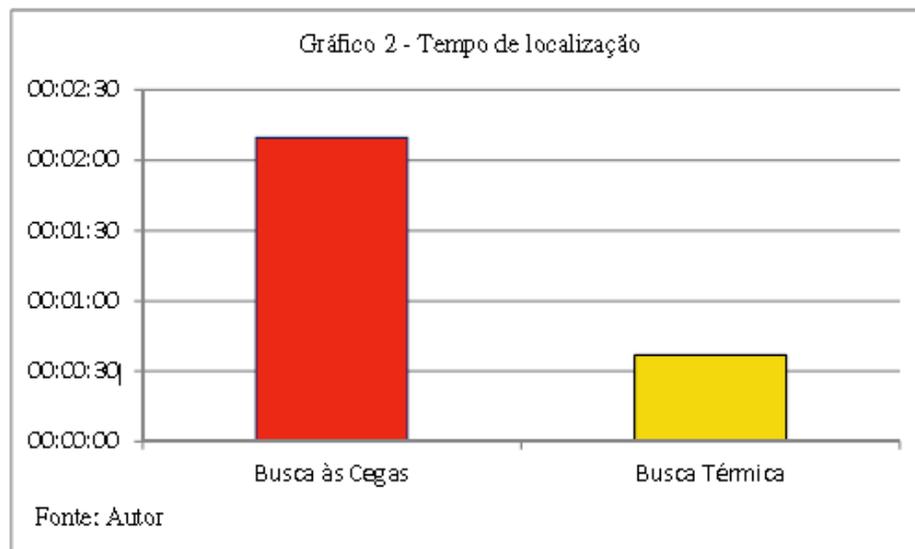
Experimento de localização de vítima: foram dois ensaios realizados no mesmo sentido, qual seja, a aferição do tempo dispendido para a localização de vítima, em um primeiro momento, através da busca às cegas, e posteriormente, com a utilização da CIT.

1. Primeiro ensaio: na busca às cegas foi dispendido o tempo de 2 minutos e 10 segundos desde a entrada no recinto, até a localização da vítima. No mesmo ambiente, nas mesmas condições e com a vítima no mesmo local, foi realizada a busca térmica, que dispendeu de um tempo de 37 segundos até a localização da vítima, conforme Figura 27 e Gráfico 2.

Figura 27 – Busca térmica – CEBM 1



Fonte: Elaborada pelo autor.

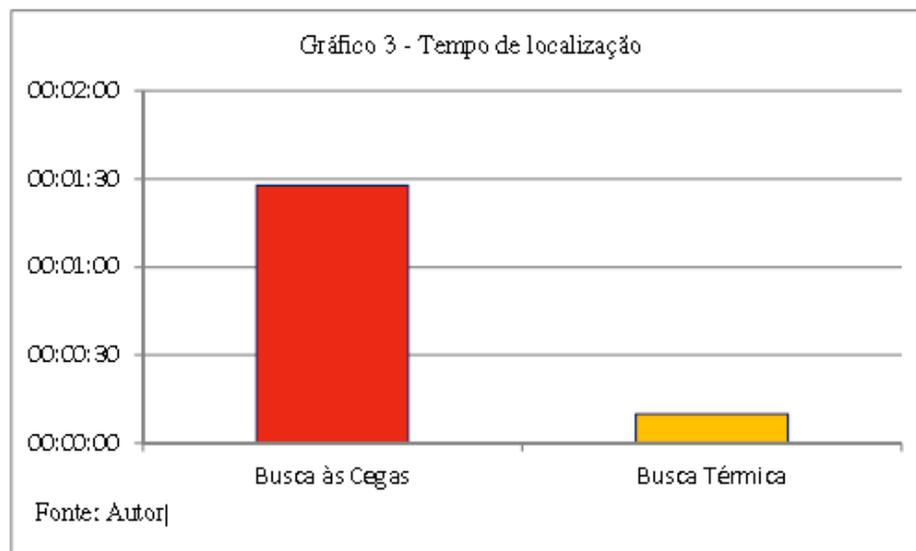


2. Segundo ensaio: na busca às cegas foi despendido o tempo de 1 minuto e 28 segundos desde a entrada no recinto, até a localização da vítima. No mesmo ambiente, nas mesmas condições e com a vítima no mesmo local, foi realizada a busca térmica, que dispendeu um tempo de 10 segundos até a localização da vítima.

Figura 28 – Busca térmica – CEBM 2



Fonte: Elaborada pelo autor.

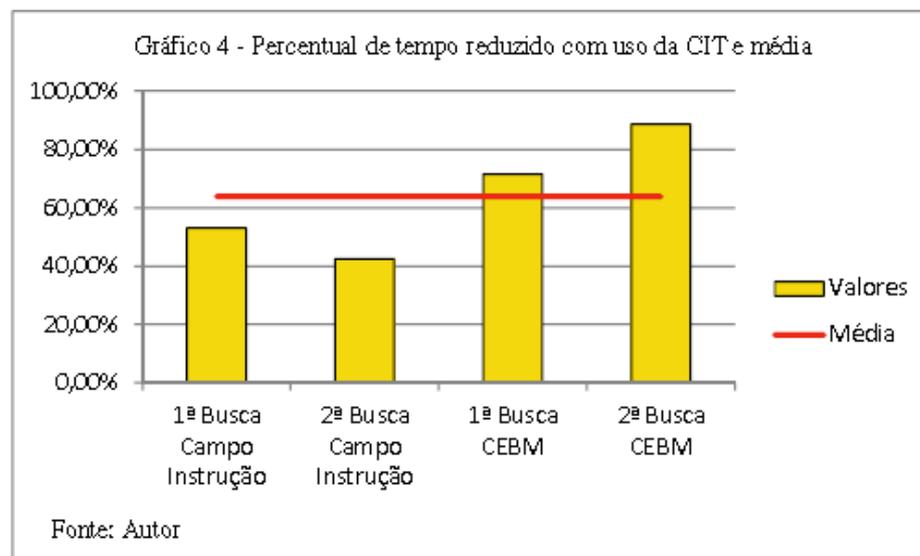


Observou-se dos ensaios acima, que a CIT abrevia em muito, o tempo dispendido para a localização de vítimas em situações de pouca ou nenhuma visibilidade.

Analisando-se o tempo utilizado para localização da vítima, na primeira busca térmica realizada no campo de instrução do 8º BBM, se obteve uma redução de 53,03%, em relação ao tempo utilizado na busca às cegas. A segunda busca térmica realizada no campo de instrução do 8º BBM, proporcionou uma redução de 42,42% do tempo utilizado para localização da vítima na busca às cegas.

A redução de tempo para localização da vítima na primeira busca térmica efetuada nas dependências do CEBM foi de 71,54%, comparado ao tempo dispendido na busca às cegas. Na segunda busca térmica nas dependências do CEBM, o tempo foi reduzido em 88,64%.

Considerando os percentuais de redução do tempo utilizado para localização da vítima, em cada um dos ensaios realizados, num comparativo entre a busca às cegas e a busca térmica, chegou-se uma média do percentual de redução de 63,91%. Ou seja, as buscas térmicas procedidas nos ensaios, tanto no campo de instrução do 8º BBM, quanto nas dependências do CEBM, reduziram em média, em 63,91%, o tempo despendido para localização da vítima na busca às cegas. O Gráfico 4 indica o percentual de redução de tempo de cada um dos ensaios, além da média elaborada.



Com base nos dados acima, é possível fazer uma estimativa de quanto tempo será poupado, aproximadamente, em uma ocorrência de combate a incêndio estrutural, se utilizada a CIT para localização de eventuais vítimas.

Suponha-se que numa operação de combate a incêndio mais complexa, em uma edificação de grande porte, a localização da vítima na busca às cegas se concluísse em um tempo de 30 minutos. Se considerado o percentual médio de redução do tempo de 63,91%, proporcionado pela utilização da CIT, poderia se afirmar que uma busca térmica na mesma situação, dispenderia de um tempo de 10 minutos e 6 segundos.

Em outra situação hipotética, a localização de uma vítima, que nas busca às cegas levaria 20 minutos, na busca térmica seria concluída em 7 minutos e 12 segundos, considerando a média de redução de tempo de 63,91%, resultante dos experimentos realizados.

Não há dúvidas de que o raciocínio acima é apenas uma estimativa. Numa operação de combate a incêndio estrutural, vários são os fatores que influenciarão o desenvolver da ocorrência, podendo tal percentual, ou seja, o ganho de tempo com a utilização da CIT, ser maior ou menor.

Contudo, resta nítida a vantagem na celeridade proporcionada pela CIT na resolução de algumas ações dentro de uma operação de combate a incêndio, o que pode ser o diferencial para o salvamento de uma vida ou para o controle efetivo e rápido do fogo.

Tendo em vista tudo que foi dito e analisado, não restam mais pontos a serem abordados senão as considerações sobre a conclusão do presente trabalho.

7 CONCLUSÃO

Da maneira que se demonstrou no presente estudo, o fogo, quando fora de controle, pode trazer incontáveis consequências, como a perda de vidas e prejuízos patrimoniais. E a atividade de combate a incêndio visa justamente o salvamento dessas vidas e a proteção ou minimização dos danos causados pelo fogo.

O combate a incêndio estrutural, principalmente, em incêndios interiores confinados, é uma das atividades mais complexas e dificultosas realizadas pelos Corpos de Bombeiros, devidos aos inúmeros riscos que oferece, exigindo estratégias e técnicas bem definidas e aprimoradas, exigindo grandes esforços das equipes de resposta.

Levando-se em conta a constante evolução das tecnologias e dos equipamentos de combate a incêndio, e visando a potencialização da atividade, é que se propôs realizar a presente análise. Buscou-se assim, avaliar um problema comumente enfrentado nos incêndios interiores confinados: a falta de visibilidade, que pode prejudicar o andamento da ocorrência, causando até o seu insucesso total, com consequências drásticas.

Neste passo, o objetivo geral do presente estudo foi analisar os pontos positivos e negativos do emprego da CIT pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina na atividade de combate a incêndio estrutural, verificando se o equipamento supriria a necessidade da Corporação por conta da falta de emprego de um recurso tecnológico de visibilidade em incêndios interiores.

Dentro desse objetivo geral, alguns objetivos específicos foram traçados e buscados. O primeiro deles, foi a conceituação de fogo e incêndio e suas peculiaridades, o que foi feito no segundo capítulo, enquanto o segundo objetivo foi a descrição dos métodos, estratégias e táticas de combate a incêndio estrutural, sendo feito no terceiro capítulo.

Assim como se pretendia no objetivo específico seguinte, se procedeu uma análise sobre a CIT, abrangendo desde a tecnologia utilizada para seu funcionamento, que é a termografia, e a sua origem, até a análise de suas características, especificações técnicas, recursos, e os modelos e valores existentes no mercado.

Verificou-se que existem inúmeras empresas no mercado que produzem as CITs, destinadas a inúmeras tarefas, como manutenção predial, inspeções elétricas e mecânicas, combate a incêndio, além de outras finalidades, e que as especificações técnicas e recursos de cada uma podem variar, de acordo com seu objetivo, fazendo com que os valores de mercado das CITs possuam uma variação considerável. Percebeu-se que as CITs próprias para o combate a incêndio possuem valores elevados, que variam entre R\$ 29.900,00 e R\$ 80.190,00.

Para alcance do objetivo seguinte, qual seja, a verificação da quantidade de CITs existentes no CBMSC, sua localização e se o equipamento está sendo utilizado, consultou-se, a Divisão de Finanças, do CBMSC, que informou que foram adquiridas três CITs pela Corporação, e que a destinação das mesmas foi o CEBM, o 7º BBM e o 11º BBM. Consultadas as OBMs citadas, constatou-se que nenhuma delas utilizou a CIT em operações reais. Algumas instruções foram realizadas no 7º BBM e no 11º BBM, contudo, a CIT não integra os equipamentos que compõem as viaturas de combate a incêndio.

O último objetivo, que consistiu na realização de testes com a CIT, analisando seu funcionamento em casos práticos e se sua utilização auxiliaria em ocorrências de combate a incêndio, foi atingido conforme descrito nos capítulos 6 e 7 do presente trabalho.

A CIT é instrumento que utiliza a termografia para captação de termogramas, ou seja, imagens geradas de acordo com a radiação infravermelha dos objetos. Essa radiação é invisível ao olho humano, mas detectável pela CIT, permitindo visibilidade precisa na ausência de luz. Sabe-se que em casos de incêndio interior confinado, a visibilidade é muito, senão, totalmente prejudicada, devido a liberação dos gases da combustão e das fumaças visíveis do incêndio, dificultando a resolução da ocorrência. Então, buscou-se demonstrar que a utilização da CIT auxilia no enfrentamento do problema de visibilidade existentes nos casos de combate a incêndio estrutural. Isso foi feito através dos experimentos descritos no capítulo anterior.

Os experimentos realizados demonstraram que a CIT é um equipamento útil para a localização rápida do foco do incêndio, através da aferição da temperatura de paredes, portas e janelas externas, sem a necessidade de contato ou aproximação da edificação sinistrada, permitindo uma ação mais concisa, que evitaria o agravamento dos danos causados pelo incêndio, tanto pelo fogo, quanto pela água direcionada a locais onde o foco do incêndio não se encontra.

Com relação ao auxílio que a CIT poderia proporcionar na tomada de decisões do comandante de operações, como por exemplo, a decisão de entrada ou não na edificação sinistrada, através da verificação da iminência de fenômenos do incêndio ao aferir a temperatura interna da edificação, não foi possível concluir com absoluta certeza sobre a sua utilidade. Isto porque não foi possível a simulação dos fenômenos do incêndio para aferições de temperaturas e outros fatores, devido às dificuldades e riscos existentes para tanto. Não se trata de um afastamento desta hipótese. Pelo contrário, acredita-se que sim, que a utilização da CIT pode contribuir na tomada de decisões estratégicas e táticas do combate a incêndio, porém, isso não foi um resultado alcançado no presente trabalho.

Nos experimentos de busca de vítimas, ficou demonstrado que a utilização da CIT traz grande celeridade no atendimento da ocorrência, em comparação com a realização da busca às cegas, procedimento normalmente adotado em incêndios interiores. Quanto mais rápida a busca

de vítimas, mais rápido será o combate a incêndio e, sendo assim, menores serão os danos patrimoniais causados pelo incêndio.

Não bastassem os experimentos, outros fatores também indicam que a CIT deve ser um instrumento primordial na atividade de combate a incêndio estrutural, como por exemplo, a difusão da sua utilização nas Corporações de Bombeiros mais atualizadas do Brasil e do mundo, tendo inclusive, sido objeto principal de norma regulamentadora de instituições internacionais, como a *NFPA* nº 1801.

Outro fator, foi a necessidade emergencial de utilização de uma CIT no atendimento da ocorrência de reação química de São Francisco do Sul, em setembro de 2013, para localização do foco do incêndio, suprida após empréstimo de CIT por uma empresa revendedora de materiais para bombeiros. Esta ocorrência foi a real motivadora da aquisição das três primeiras, e únicas, CITs do CBMSC.

Por tudo que acima foi exposto, afirma-se que a CIT vem indicando ser uma ferramenta que, possivelmente, passará a compor o rol de equipamentos básicos de uma viatura de combate a incêndio.

O ponto negativo que se apresenta, ao cogitar a padronização de sua utilização pelo CBMSC, seria o valor de mercado da CIT, que se mostra bastante elevado. Contudo, não se pode entender esta dificuldade como um impedimento da sua utilização ou padronização no CBMSC.

A padronização do uso da CIT no combate a incêndio catarinense pode ser realizada através de uma implantação realizada a longo prazo, com a implantação gradativa nas OBMs com maior demanda em atividades de combate a incêndio estrutural. Neste enfoque, seria razoável que, num primeiro momento, cada sede de BBM possuísse sua CIT, e posteriormente fossem avaliadas as demais OBM que mais careceriam desse recurso, de acordo com a quantidade de ocorrências de combate a incêndio estrutural atendidas.

Fato é que, a utilização da CIT em operações de combate a incêndio estrutural, sem dúvida, potencializa o serviço prestado pela equipe de resposta. A celeridade de localização do foco do incêndio, seja a partir da área externa, seja do interior da edificação sinistrada, bem como, em ações de localização e resgate de vítimas, é evidente. Seguindo essa linha de pensamento, a CIT corrobora para a agilidade da ocorrência como um todo, diminuindo ainda, a exposição do combatente aos riscos do incêndio.

Enfim, entende-se que a CIT deve ser um instrumento de auxílio a ser aplicado em todas as ocorrências de combate a incêndio estrutural. A CIT deve fazer parte da rotina de instruções na formação e atualização de conhecimento dos bombeiros, de modo que o combatente obtenha os conhecimentos mínimos necessários para utilização em ocorrências.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, Walter Vasconcelos de. **Combate a incêndio e salvamento**: manual básico para bombeiros. 2. ed. Brasília: [s. n.], 1982.
- ASTE, Giancarlo de. **Histórico do Corpo de Bombeiros**. Niterói: Imprensa Oficial do Estado do Rio de Janeiro, 1991.
- BARCELOS, Marcos Aurélio. **Padronização de condutas do CBPMSC em operações de ventilação em incêndios**. 2001. Trabalho de conclusão de curso (Especialização de Bombeiros para Oficiais) – Centro de Ensino da Polícia Militar, Polícia Militar de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.
- BONJORNO, José Roberto et al. **Termologia, óptica ondulatória hidrodinâmica**. São Paulo: FTD, 2003. (Física: história e cotidiano, v. II)
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 06 – Equipamento de proteção individual – EPI**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1978. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF19C09E2799/nr_07_ssst.pdf> Acesso em: 09 set. 2015.
- BRIOSCHI, Marcos Leal. **A história da termografia**. 2002. Disponível em: <<http://www.lla.if.sc.usp.br/art/ahistoriadatermografia.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2015.
- CARDOSO, Luiz Antônio. **Prevenção de Incêndios**: uma retrospectiva dos primeiros anos de atividades técnicas em Santa Catarina, 1973 – 1993. Florianópolis: Papa-Livro, 2014.
- CASTRO, Carlos Ferreira de; ABRANTES, José M. Barreira. **Combate a incêndios urbanos e industriais**. 2. ed. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros, 2005. (Manual de formação inicial do bombeiro, v. X).
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. Centro de Ensino Bombeiro Militar. **Curso de Formação de Combate a Incêndios**. Florianópolis: CEBM, 2013.
- CORTIZO, Eduardo Cabaleiro; BARBOSA, Marcos Pinotti; SOUZA, Luiz Antônio Cruz. Estado da arte da termografia. In: **Fórum Patrimônio**: ambiente construído e patrimônio sustentável. Belo Horizonte, v. 2, n. 2, mai./ago. 2008. Disponível em: <http://www.forumpatrimonio.com.br/seer/index.php/forum_patrimonio/article/view/97>. Acesso em: 9 set. 2015.
- FERREIRA, Danillo. **Visão noturna e câmera infravermelho**. Abordagem policial, 10 fevereiro 2011. Disponível em: <<http://abordagempolicial.com/2011/02/visao-noturna-e-camera-infravermelho/>>. Acesso em: 13 set. 2015.
- FLIR. **A série K da FLIR com a K65 compatível com a NFPA**. Disponível em: <<http://www.flir.com.br/fire/display/?id=60239>>. Acesso em: 9 set. 2015.
- _____. **T-series**. Disponível em: <<http://www.flir.com.br/uploadedFiles/Instruments/Products/T-Series/T-Series-Brochure.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2015.

FLUKE. **Câmera de infravermelho Fluke TiS10**. Disponível em: <<http://www.fluke.com/fluke/brpt/termovisores/Fluke-TiS10.htm?PID=79858>>. Acesso em: 9 set. 2015.

GELAIN, Felipe. **Processo de Aquisição de Câmeras de Imagem Térmica**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <gelain@cbm.sc.gov.br> em 3 set. 2015.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GRUPAMENTO DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO. Seção de Doutrina e Ensino. **Consulta - Câmeras de Imagem Térmica**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <gpcin.ste@gmail.com> em 18 ago. 2015.

GUERRA, António Matos; COELHO, José Augusto; LEITÃO. **Fenomenologia da combustão e extintores**. 2. ed. Sintra: Escola Nacional de Bombeiros, 2006. (Manual de formação inicial do bombeiro, v. VII).

INTERNATIONAL FIRE SERVICE TRAINING ASSOCIATION. **Essentials of Firefighting and Fire Department Operations**. 4. ed. Oklahoma: Prentice Hall, 2001.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARCHIORI, Raphael. Bombeiros recebem câmeras de imagem térmica que suportam até 400°C. **Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo**, São Paulo, 27 fev. 2009. Disponível em: <<http://www.ssp.sp.gov.br/noticia/lenoticia.aspx?id=2860>>. Acesso em: 14 set. 2015.

MAUS, Álvaro. **História da evolução dos serviços de bombeiros**. [200-?]. Disponível em: <<http://incendioconsultoria.com.br/index.php?q=CFC>>. Acesso em: 14 set. 2015.

_____. **Histórico do Corpo de Bombeiros no mundo e no Brasil**. [200-?]. Disponível em: <<http://incendioconsultoria.com.br/index.php?q=CFC>>. Acesso em: 14 set. 2015.

MELLER, Marco Antônio. **Câmeras de imagem térmica**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <marco@aliancasc.com.br> em 2 set. 2015.

MENDONÇA, Luís Viegas; AMARAL, Miguel Martins do; CATARINO, Pedro Soares. **A termografia por infravermelhos como ferramenta para auxílio à inspeção e manutenção dos edifícios**. Lisboa: ISEL, 2013. Disponível em: <<http://www.spybuilding.com/private/admin/ficheiros/uploads/6b0dca6c9e15cc51dc73bde0562a31d5.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.

MERCADO LIVRE. **Termômetro com imagem térmica Termovisor Tg165 Flir**. Disponível em: <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-680282091-termometro-com-imagem-termica-termovisor-tg165-flir-_JM>. Acesso em: 13 set. 2015.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. **Thermal Imaging**. Disponível em: <<http://www.nist.gov/fire/tic.cfm>>. Acesso em: 13 set. 2015.

NEW YORK FIRE DEPARTMENT. **Probationary Firefighters Manual: Ladder Company Tools**. Nova Iorque: NYFD, [201-?]. Disponível em: <http://www.nyc.gov/html/fdny/html/units/training/pdf/proby_manual/14_ladder_company_tools.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015.

_____. **Medal Day 2014: Honoring the Courage, Commitment and Compassion of FDNY Fire & EMS Members**. Nova Iorque: NYFD, 2014. Disponível em: <http://www.nyc.gov/html/fdny/pdf/publications/medal_day/2014/Medal_Day_Book_2014.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015.

_____. **Medal Day 2013: Honoring the Courage, Commitment and Compassion of FDNY Fire & EMS Members**. Nova Iorque: NYFD, 2013. Disponível em: <http://www.nyc.gov/html/fdny/pdf/publications/medal_day/2013/Medal_Day_Book_2013.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015.

_____. **Medal Day 2011: Honoring the Courage, Commitment and Compassion of FDNY Fire & EMS Members**. Nova Iorque: NYFD, 2013. Disponível em: <http://www.nyc.gov/html/fdny/pdf/publications/medal_day/2011/FDNY%20Medal%20Day%202011%20Book%20Final%20June%208%202011.pdf>. Acesso em: 15 set. 2015.

OLIVEIRA, Eli Chagas de. **Tática de combate a incêndios (MTB-4-3-PM)**. Belo Horizonte: Academia de Polícia Militar da PMMG, 1990.

OLIVEIRA JÚNIOR, Evaldo Rodrigues de. **Formulário site CBMRS – Assuntos Gerais**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <evaldo@bm.rs.gov.br> em 2 set. 2015.

OLIVEIRA JÚNIOR, Helson Francisco. Uso da termografia na inspeção preditiva. In: **Bolsista de Valor: Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras e IF Fluminense**. v. 1, p. 169-174, 2010. Disponível em: <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/download/1811/989>>. Acesso em: 8 set. 2015.

OLIVEIRA, Marcos de. **Manual de estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndio estrutural**. 1. ed. Florianópolis: Editograf, 2005.

_____. **Metodologia Científica**: disciplina do CFO, 2-? de fev. de 2015. Notas de Aula.

ROWE, Justin Lawrence. **The impact of thermal imaging camera display quality on fire fighter task performance**. 2008. 142 f. Tese (Escola de pós-graduação da Universidade de Marylanda, College Park). *Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce*. Gaithersburg, 2009.

RUDIO, Franz Victor. **Introdução ao projeto de pesquisa científica**. 40. ed. Petrópolis: Vozes, 2012.

SECCO, Orlando. **Manual de Prevenção e Combate de Incêndio**. 3. ed. São Paulo: Bernardino Ramazzini, 1982. v. I.

SEITO, Alexandre Itiu. Fundamentos de fogo e incêndio. In: SEITO, Alexandre Itiu et al. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto, 2008. p. 35-54.

SHOPFLIR. **Flir T660 infrared camera**. Disponível em: <http://www.shopflir.ca/category/t_600_series_infrared_cameras_cad>. Acesso em: 9 set. 2015.

WALMART. **Termovisor Flir com Qualidade MSX que Captura a Imagem Térmica Minipa E-4**. Disponível em: <<https://www.walmart.com.br/termovisor-flir-com-qualidade-msx-que-captura-a-imagem-termica-minipa-e-4/3263095/pr>>. Acesso em: 13 set. 2015.