



RESÍDUOS DE INCÊNDIO COM ACELERANTES: QUE MATERIAIS COLETAR E COMO ARMAZENÁ-LOS

Jonas Pires da Silveira

Cadete do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Perito em Incêndio e Explosão pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, bacharel em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Email: jonasp@cbm.sc.gov.br

Maurício de Souza

1º Tenente do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Perito em Incêndio e Explosão pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, bacharel em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Email: msouza@cbm.sc.gov.br

RESUMO

Pesquisa bibliográfica com os objetivos de discorrer sobre o potencial dos principais resíduos de incêndio em servirem de amostra para a identificação de acelerante e também apresentar as melhores opções de recipientes para armazenamento de amostras. Diante disso foram analisadas as características principais de materiais comumente encontrados em uma cena de incêndio, como a capacidade de reter acelerantes e de gerar interferentes que possam dificultar a análise laboratorial. Sobre os recipientes utilizados para o armazenamento de resíduos de incêndios, observou-se, principalmente, a capacidade de vedação, a resistência física e a possibilidade de gerar interferentes. Os aspectos foram analisados sobre a ótica de que o principal método de análise é a cromatografia gasosa com a técnica de microextração em fase sólida. Com os estudos, concluiu-se que, para identificação da presença de acelerantes em uma cena de incêndio deve-se buscar materiais com alta porosidade e, de preferência, sem derivados de petróleo em sua composição dos materiais coletados. Além disso, concluiu-se que é sempre aconselhável coletar uma amostra de controle para comparação e que os recipientes mais adequados para armazenar resíduos de incêndio são as ampolas de vidro e as latas de metal sem revestimento.

Palavras-chave: Agente acelerante. Perícia em incêndio. Resíduos de Incêndio. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC).

ABSTRACT

Bibliographical research with the purpose of discussing the potential of the main fire residues to serve as a sample for the identification of accelerant and also to present the best options for containers for storing samples. In view of this, the main characteristics of materials commonly found in a fire scene were analyzed, such as the ability to retain accelerants and to generate interferences that may hinder laboratory analysis. Regarding the containers used for the storage of fire residues, the sealing capacity, the physical resistance and the possibility of generating interference were mainly observed. The aspects were analyzed from the point of view that the main method of analysis is gas chromatography with the solid phase microextraction technique. With the studies, it was concluded that, to identify the presence of accelerants in a fire scene, materials with high porosity and, preferably, without oil derivatives should be sought in their composition of the collected materials. In addition, it was concluded that it is always advisable to collect a control sample for comparison and that the most suitable containers for storing fire residues are glass ampoules and uncoated metal cans.

Keywords: Accelerating agent. Fire investigation. Fire Debris. Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC)

Este artigo é resultado do trabalho de conclusão do Curso de Perito em Incêndio e Explosão para Oficiais, realizado em 2019/2020.



1 INTRODUÇÃO

Os líquidos inflamáveis são um dos principais agentes geradores de fogo utilizados em incêndios criminosos. Estas substâncias, também conhecidas como acelerantes, são introduzidas num cenário com o objetivo de facilitar o espalhamento do fogo. Devido à inflamabilidade, os acelerantes são rapidamente consumidos na combustão, deixando poucos resíduos na cena e dificultando sua identificação. Mesmo os incêndios mais destrutivos deixam vestígios de suas causas, inclusive quando causados por acelerantes. Desta maneira, alguns materiais presentes no ambiente, antes da ocorrência do incêndio, possuem a capacidade de reter, seja por absorção ou adsorção, parte da substância usada como acelerante (PERT; BARON; BIRKETT, 2006).

Em geral, a quantidade de acelerantes retida nos resíduos de incêndio é muito pequena, dificultando, assim, sua detecção e incorrendo em um grande desafio para se investigar se houve a utilização de acelerante e qual sua composição. Neste sentido, a análise química dos resíduos de incêndio, recolhidos de forma criteriosa, é uma ferramenta de grande utilidade. Os esforços do laboratório são inteiramente dependentes da qualidade das amostras fornecidas, portanto, um dos principais objetivos na determinação da causa de incêndio com utilização de acelerantes é coletar e armazenar de forma adequada as amostras para posterior análise laboratorial de aceleradores residuais.

Segundo Pert, Baron e Birkett (2006), para que seja possível a identificação de agentes acelerantes, idealmente, as amostras de detritos de incêndio devem ser porosas e compostas de materiais adsorventes ou absorventes com uma área superficial alta, de modo a reter resíduos de acelerantes líquidos. Nesse sentido, materiais como solo, papel, tecido, carpete e, em menor grau, concreto são populares na amostragem de detritos. Por outro lado, materiais poliméricos sintéticos e produtos à base de petróleo podem, por pirólise, produzir compostos interferentes que dificultam a identificação de acelerantes.

Outro fator que precisa ser observado, para contribuir na determinação de acelerantes, é a forma de armazenamento das amostras. Muitos recipientes de amostra, além de permitirem a perda dos vapores voláteis, também contaminam a amostra, principalmente quando se trata de recipientes derivados de petróleo, como sacos plásticos (T.C. FORENSIC, 1990).

Em diversos casos, as análises químicas acabam sendo inconclusivas para a detecção de acelerantes, sendo que para muitos casos esse resultado se deve à contaminação da amostra (por interferentes presentes nos recipientes e nos utensílios utilizados para amostragem) ou a baixa concentração de acelerantes na amostra (devido à escolha inadequada do resíduo de incêndio para análise). Por essa razão, uma vez coletada a amostra, é essencial que seja evitada sua perda e contaminação durante o transporte ao laboratório e posterior armazenamento, tanto para efeito de confiabilidade da análise quanto para efeitos jurídicos (PERT; BARON; BIRKETT, 2006).

Sendo assim, o presente trabalho tem por objetivo (1) discorrer sobre a



capacidade que os principais resíduos de incêndio têm em servirem de amostra para a identificação de acelerantes e também (2) identificar as melhores opções de recipientes de amostras.

2 DESENVOLVIMENTO

Empregou-se no presente trabalho o método científico dedutivo com abordagem de pesquisa qualitativa, pois o enfoque não foi a representatividade numérica, mas o aprofundamento do tema para sua devida compreensão. A pesquisa é classificada como de natureza aplicada e seu objetivo é exploratório. O procedimento técnico utilizado para a obtenção dos dados foi a pesquisa bibliográfica a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas e publicadas por meios eletrônicos, livros, artigos científicos e páginas de *web sites*.

Para alcançar os objetivos, realizou-se (1) um levantamento bibliográfico sobre a capacidade de absorção e adsorção de acelerantes de alguns materiais, como estudado por Bertsch e Zhang (1990) e os dados encontrados foram analisados de acordo com uma das técnicas de análise química mais utilizadas (cromatografia gasosa com espectrometria de massa). Para realizar o objetivo (2) buscou-se fontes bibliográficas que tratassem sobre a possibilidade de alguns recipientes produzirem interferentes na amostra, como o estudo de Pert, Baron e Birkett (2006), como também as vantagens que cada frasco de amostra propicia para auxiliar a análise laboratorial, como apresentado por T.C. Forensic (1990). As informações extraídas nos estudos foram analisadas de acordo com o estado físico da amostra coletada e pelo método utilizado para a preparação da amostra antes da análise cromatográfica, de acordo com a ASTM E 2154 e ASTM E 1387.

2.1 ACELERANTES

Os incêndios intencionalmente provocados, tecnicamente classificados pelos peritos como de Ação Humana Direta, na maioria das vezes, envolvem a utilização de agentes acelerantes. Estes, normalmente, são compostos químicos orgânicos inflamáveis, voláteis, com um baixo ponto de ebulição e composição complexa. Os acelerantes mais usados são gasolina, querosene, combustível diesel, diluente (como tiner e aguarrás) e solventes orgânicos com um baixo ponto de ebulição (como álcool e acetona), sendo utilizadas com o objetivo de facilitar e acelerar a intensidade da fase de ignição bem como o tamanho da superfície incendiada (VIDAL, 2007)

Segundo Bertch (1990), um agente acelerante não deixaria vestígios depois de um incêndio, porém, traços de combustível frequentemente permanecem até mesmo depois de um intenso incêndio, situação em que a coleta bem-sucedida e a análise destas amostras de resíduos podem fornecer informações importantes.

Os acelerantes permanecem no meio, pois normalmente são usados em excesso, não comburindo integralmente, ensopando estofados, tapetes, papéis



e outros materiais absorventes, ou penetram em rebocos, revestimentos de paredes, fluem através de rachaduras no chão ou se acumulam em outros locais não arejados (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE GOIÁS, 2017).

A quantidade de acelerantes para análises em remanescentes de incêndios e o seu reconhecimento dependerão, da: volatilidade do acelerante; severidade do fogo; solubilidade em água do acelerante; porosidade do material sobre o qual foi utilizado o acelerante; preservação da área após o fogo; quantidade de acelerante utilizada para ativar o incêndio e do tempo decorrido entre o incêndio e a coleta da amostra.

O álcool, que é também um líquido inflamável comumente empregado como agente acelerante, normalmente só é recuperado em quantidades de traços, pois é solúvel em água e são lavados durante a extinção do incêndio (CAFE, 1988). Cuidado especial deve ser tomado ao se relacionar a presença de etanol com causa intencional, uma vez que ele é encontrado em todas as bebidas alcoólicas e em alguns produtos de limpeza (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE GOIÁS, 2017).

A maioria dos acelerantes comuns é hidrofóbica (as exceções são acetona, etanol e álcool metilado) e, portanto, tende a não ser lavada quando o fogo é extinto. Em vez disso, eles são selados em substâncias porosas pela água, onde são protegidos da evaporação e podem potencialmente ser recuperados intactos até três meses depois (PERT; BARON; BIRKETT, 2006).

Líquidos inflamáveis miscíveis em água, por outro lado, tendem a ser lavados à medida que o fogo é extinto e os resíduos que permanecem são rapidamente perdidos por evaporação devido à exposição, pois eles não ficam selados em substratos porosos e, portanto, são mais difíceis de detectar (PERT; BARON; BIRKETT, 2006).

Para que o agente acelerante seja localizado em uma área sinistrada, os peritos podem usar de equipamentos detectores de acelerantes, da interpretação de marcas de combustão e de cães.

Os detectores eletrônicos facilitam o trabalho dos peritos, na medida em que restringem a área de busca, especialmente nos incêndios de média e grandes proporções. A varredura com o equipamento por toda a área incendiada dará indicações dos locais onde a atenção deverá ser concentrada. No entanto, como desvantagem, tais equipamentos dependem da quantidade de acelerantes presentes no ambiente para funcionar adequadamente, o que pode tornar a detecção eletrônica inviável no local, pois na maior parte dos casos reais de incêndio a presença de acelerante se encontra em nível traço. Outra desvantagem é que necessitam de sensores adequados para cada tipo de acelerante (VIDAL, 2007).

A utilização dos cães na investigação de casos de incêndio ainda é pouco utilizada no Brasil. No entanto, estudos demonstram que um cão pode agilizar sobremaneira as buscas por acelerantes devido ao seu olfato aguçado (VIDAL, 2007).

Já a interpretação das marcas de combustão vai depender da experiência e conhecimento do perito em incêndio. Tais marcas são conhecidas para a queima de um determinado material em sua condição normal e para a queima na presença de acelerantes. A observação é feita inicialmente no ambiente como



um todo para se observar o padrão geral de queima, e assim analisar se as marcas são de uma queima convencional ou de uma queima acelerada (VIDAL, 2007).

Uma característica comum, normalmente encontrada nos incêndios envolvendo acelerantes, é a presença de focos múltiplos e distintos, que são caracterizados pela existência de mais de um foco inicial, sem correlação com fenômenos de propagação entre os diversos pontos incendiados (VIDAL, 2007).

2.2 FASES DA INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIO ENVOLVENDO AGENTES ACELERANTES

Ao realizar uma perícia em incêndio envolvendo agentes acelerantes, pode-se destacar quatro fases: análise preliminar, amostragem, extração e análise.

A análise preliminar acontece antes de qualquer exame, destrutiva ou não, quando o investigador de incêndio observa as marcas de combustão, os detritos e, se possível, um exame olfativo. Os objetivos deste exame são: primeiro, obter informações sobre a possível presença de um líquido inflamável, que é vital para a escolha adequada dos resíduos de incêndio e de amostra controle; segundo, observar a natureza dos detritos, que determinará a escolha da técnica de extração mais adequada; terceiro, verificar outras evidências físicas de interesse forense (STAUFFER; DOLAN; NEWMAN, 2008).

Na etapa de amostragem, o material identificado será extraído como amostra e é o investigador de incêndio quem definirá a maneira de realizar a amostragem. As amostras sólidas podem ser retiradas com auxílio de ferramentas que, por serem normalmente reutilizáveis, devem ser mantidas limpas para evitar contaminações (STAUFFER; DOLAN; NEWMAN, 2008). Quando a amostra é líquida, sugere-se a utilização de material absorvente, como algodão, para fazer a extração do agente acelerante. Ainda na etapa de amostragem será definido o recipiente que acondicionará a amostra.

A extração consiste na remoção de quaisquer resíduos de acelerantes que possam estar presentes na amostra, de forma que eles estejam em uma forma adequada para a análise subsequente. Normalmente a extração é feita no estado gasoso e, desta forma, a amostra que se apresenta na forma sólida ou líquida é aquecida com o objetivo de forçar a produção vapores de acelerantes capazes de serem extraídos.

A fase de análise propriamente dita é realizada usando técnicas laboratoriais, como a cromatografia em fase gasosa (CG) – técnica amplamente difundida. Os agentes acelerantes pesquisados, normalmente, são compostos por dezenas ou centenas de substâncias diferentes e, portanto, não é possível analisar o extrato sem primeiro separar seus componentes para depois, então, detectá-los. A análise instrumental moderna permite essa separação e a detecção dos analitos normalmente é feita por ionização por chama (FID) ou, preferencialmente, por espectrometria de massa (MS) (STAUFFER; DOLAN; NEWMAN, 2008).



2.3 ANÁLISES QUÍMICAS

Em Santa Catarina, as amostras de resíduos de incêndio com suspeita de presença de acelerantes são enviadas para o Instituto Geral de Perícias, que utiliza como principal método de análise a Cromatografia Gasosa com Espectrometria de Massa (CGMS), sendo utilizado como principal procedimento de análise a ASTM E 2154 e ASTM E 1387.

O procedimento ASTM E 2154 recomenda a técnica de extração a quente por *headspace*, que consiste em colocar a amostra em um recipiente hermeticamente fechado e submetê-la a aquecimento até que a mistura de gás e líquido (ou gás e sólido) atinja o equilíbrio químico. A amostra no estado gasoso é extraída utilizando a técnica de microextração em fase sólida (SPME, do inglês, *solid-phase micro extraction*) e, posteriormente, injetada no cromatógrafo. A técnica é rápida, mas é importante que a amostra contenha uma quantidade mínima de agente acelerante com volatilidade suficiente (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE GOIÁS, 2017).

O estudo realizado por Vidal (2007) concluiu que a SPME tem o melhor rendimento na identificação de acelerantes quando a coleta da amostra acontece logo após o incêndio, ou mesmo até 40 dias após, em alguns casos.

2.4 RESÍDUOS DE INCÊNDIO

O processo de amostragem varia de acordo com a natureza dos resíduos deixados pelo incêndio. A amostra coletada pode ser uma parte de um item maior – como um pedaço de tapete, de madeira ou de móveis – ou um item inteiro – como o frasco de vidro de um coquetel Molotov ou dispositivos de ignição. Também é possível que se colete apenas agente acelerante no local, sem necessariamente levar detritos. Desta forma, a amostragem pode ser direta ou indireta.

Considera-se a amostragem direta quando uma porção de material do local do incêndio é removido e armazenado em um recipiente. As amostras de materiais que são facilmente subdivididas, como solo, podem simplesmente ser recolhidas e colocadas num recipiente apropriado. A maior parte das amostras é recolhida de forma direta.

Uma amostragem é dita indireta quando apenas o agente acelerante do resíduo é coletado com auxílio de um material absorvente. Um exemplo seria a utilização de algodão ou gaze para absorver um líquido inflamável (STAUFFER; DOLAN; NEWMAN, 2008).

Para todos os tipos de amostragem é necessário que também seja extraída uma amostra de controle, que deve ser composta pelo mesmo material coletado para análise de presença de acelerante, porém, de uma área considerada livre de acelerantes. Nos casos de amostragem indireta, uma parte do material absorvente não utilizado deve ser analisado como controle.

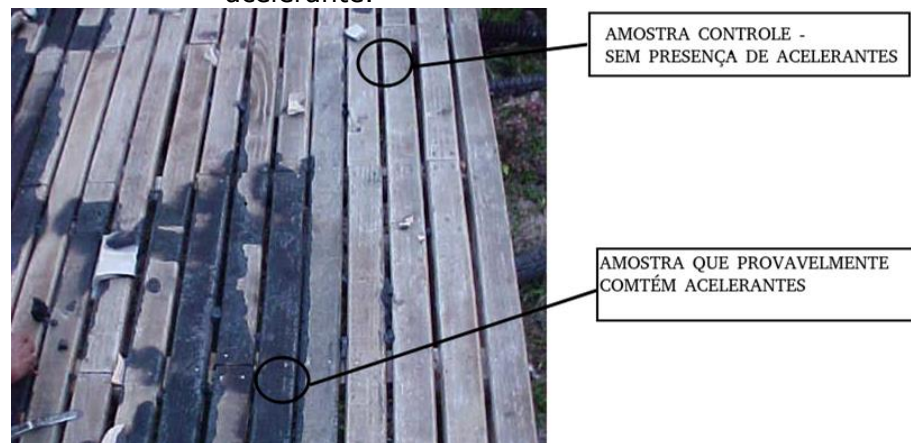
Em 1978, Thomas alertou os investigadores de incêndio sobre a necessidade de coletar amostras de controle ao enviar amostras de resíduos para o laboratório, pois nem todos vapores de hidrocarbonetos provêm de líquidos inflamáveis. Diversos hidrocarbonetos são liberados durante a pirólise



de alguns materiais, como carpetes e colchões. Estes hidrocarbonetos podem ser detectados pela análise laboratorial e confundidos pelo analista como proveniente de um agente acelerante.

A fotografia abaixo ilustra a queima parcial de madeira na presença de acelerantes. A amostragem deve ser feita na parte queimada, onde se suspeita presença de acelerantes, e da parte não queimada, supostamente livre de acelerantes.

Figura 1- Pontos de amostragem em madeira parcialmente queimada sob ação de agente acelerante.



Fonte: Sarte (2009).

No laboratório, a amostra controle será um guia para verificar os compostos presentes na madeira antes do incêndio, pois é costume tratar madeiras com produtos químicos que podem ser confundidos com acelerantes durante a análise. Desta forma, a confirmação da presença de acelerantes será feita descontando o resultado da análise da amostra de controle.

A localização do resíduo de incêndio deve ser considerada na seleção das amostras. Amostras que ficaram protegidas ao fogo contêm mais agente acelerante do que amostras expostas. Da mesma forma, amostras encontradas em níveis mais baixos frequentemente contêm uma maior quantidade de resíduos de líquidos inflamáveis devido à propagação natural de um líquido por gravidade. Desta forma, o investigador não deve tomar a parte mais queimada como uma amostra. Em uma amostra carbonizada completamente há poucas chances de que tenha restado líquido inflamável (STAUFFER, DOLAN e NEWMAN, 2008).

É importante, ainda, selecionar materiais com maior probabilidade de conter níveis apreciáveis de resíduos de acelerantes. Materiais como vidros e metais devem ser evitados por não serem bons absorventes e possuírem pequena área superficial (PERT; BARON; BIRKETT, 2006). Devem ser evitados, também, materiais como borracha e plásticos, pois sua combustão contribui para a degradação do agente acelerante nele depositado e, ainda, possuem composição química que se assemelha a alguns acelerantes, o que pode interferir no resultado (VIDAL, 2007). Idealmente, as amostras devem ser porosas e compostas de materiais adsorventes ou absorventes com grande área

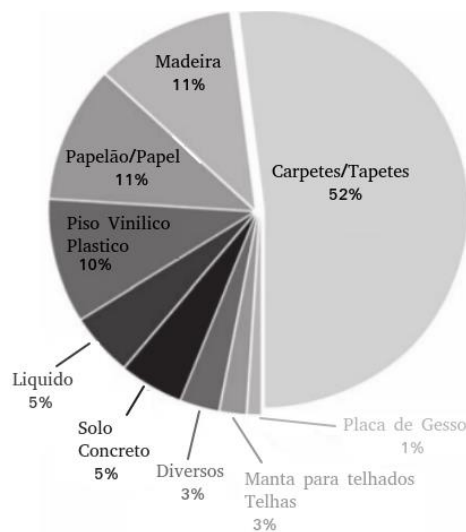


superficial, como areia, papel, carpete, roupas, madeira (PERT, BARON e BIRKETT, 2006).

2.4.1 Tipos de Materiais

É quase impossível fazer um levantamento que consiga elencar todos os materiais que podem ser utilizados como amostra. No entanto, os investigadores de incêndio precisam ter noção de quais são as amostras mais comuns. A Figura 2 mostra a distribuição dos tipos de diferentes substratos submetidos a um laboratório (BERTSCH, 1990).

Figura 2- Distribuição dos resíduos de incêndio mais submetidos a análise laboratorial.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em Bertsch (1990) e Stauffer, Dolan e Newman (2008).

Os materiais de carpetes e pisos, em geral, constituem a maioria das amostras. Isto é muito lógico, pois os líquidos inflamáveis são mais frequentemente despejados no chão. Os demais objetos estão em proporção pequena quando comparados com materiais posicionados no chão. Carpete e madeira são os principais resíduos coletados, mas vale registrar ter relação a característica construtiva das casas norteamericanas, que são basicamente construídas em madeira com o revestimento do piso em carpete. (STAUFFER; DOLAN; NEWMAN, 2008).

2.4.2 Madeira

A madeira, embora absorvente e com grande área superficial, tende a ser desfavorecida, pois queima com facilidade e consome grande parte do líquido inflamável presente nela. A seu favor, a madeira carbonizada terá um revestimento superficial de carvão vegetal, um excelente adsorvente, especialmente para resíduos voláteis. Portanto, mesmo se o líquido inflamável



originalmente aplicado for perdido, vapores de resíduos subsequentes da cena extinta poderão ser posteriormente adsorvidos por essa camada de carvão vegetal (PERT; BARON; BIRKETT, 2006).

Microscopicamente, segundo de Phillipps e McFadden (1984), a velocidade da combustão produz marcas diferentes na madeira. Uma combustão lenta produz na madeira uma configuração de pequenas superfícies quadradas ou retangulares e ranhuras superficiais. A rápida combustão e calor intenso produz superfícies em formato elíptico ou redondas e ranhuras mais profundas. Desta maneira, onde o acelerante está presente, a configuração é típica de combustão rápida; nas áreas não alcançadas pelo acelerante, os sinais são típicos de combustão lenta.

2.4.3 Carpete/tapetes

Os carpetes e tapetes podem ser produzidos de diferentes tipos de materiais, podendo ser composto por nylon, polipropileno, poliéster, ou outros polímeros. Assim, não é possível afirmar que um carpete ou tapete é composto somente de um determinado polímero.

São geralmente constituídos de um tipo de fibra colada sobre um suporte. O suporte é feito de um material diferente, sendo o polibutadieno o mais comum. Um segundo suporte também pode estar presente. Desta forma, um carpete contém pelo menos dois polímeros diferentes, além da cola para aderir na superfície desejada. Já um tapete normalmente não é colado, mas também pode ser composto pela fibra e por um suporte (STAUFFER; DOLAN; NEWMAN, 2008).

Conforme observado na Figura 2, carpete é o material mais utilizado pelos investigadores como amostra. Embora essas matrizes sejam uma escolha lógica do ponto de vista do investigador, os polímeros sintéticos dos quais esses materiais são constituídos tendem a gerar grandes quantidades de pirolisados contendo hidrocarbonetos voláteis, que podem interferir na pesquisa laboratorial por acelerantes (BERTSCH, 1990).

Clodfelter (1976) e CAFE (1988) mostraram que o suporte do tapete (borracha) é a principal fonte de compostos interferentes. Entretanto, ao analisar num cromatógrafo a gás, o padrão produzido pelos compostos interferentes difere do padrão produzido pela gasolina. Portanto, com o uso da cromatografia gasosa e com a observação cuidadosa dos padrões por um analista experiente, as amostras de gasolina nos substratos podem ser identificadas mesmo na presença dos interferentes produzidos. Reforça-se a importância da extração de uma amostra de controle para a devida comparação com o resultado obtido na pesquisa de acelerantes.

2.4.4 Plásticos

De uma forma geral, plásticos são produzidos a partir de uma reação química chamada de polimerização, que provoca a combinação de um grande número de moléculas – chamadas monômeros – para formar uma macromolécula. Os monômeros utilizados na fabricação de plásticos são, em sua maioria, obtidos de derivados de petróleo e, quando queimados, liberam



hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, que são os mesmos encontrados nos acelerantes de incêndio mais comuns (CAFE, 1988).

Para verificar o nível de interferência de plásticos na busca laboratorial por acelerantes, amostras de plásticos encontrados em incêndios (nylon, policloreto de vinila – PVC, polietileno, polipropileno, poliestireno, borracha) foram queimadas e os vapores obtidos foram analisados em um cromatógrafo. A análise demonstrou que existem substâncias comuns entre os produtos da pirólise dos plásticos analisados e os acelerantes comuns, entretanto, apesar da semelhança, não estão presentes nas mesmas proporções e, portanto, não podem ser confundidos (CAFE, 1988).

2.4.5 Concreto

O concreto, apesar da baixa área superficial e pequena capacidade de adsorção, é frequentemente coletado para fins de análise, conforme Figura 2. Apesar de não ser uma técnica muito usada no Brasil, considerando a dificuldade de remoção, é possível utilizar materiais absorventes, como terra de diatomáceas – por exemplo, para fazer uma amostragem indireta do concreto. Nesse caso, o material é disposto sobre a superfície do concreto para absorver quaisquer líquidos que possam ser recuperados e analisados (PERT; BARON; BIRKETT, 2006). Bullington (1986) sugere, ainda, que pode ser utilizado carbonato de cálcio como absorvente.

Quando líquidos inflamáveis são vertidos em revestimento de piso, queimam deixando quase sempre algum tipo de marca de combustão bem delineada no piso. Este padrão apresenta uma clara delimitação entre o material queimado e o não queimado. Ao coletar de tal padrão, é importante amostrar o material presente na borda do padrão de queima, pois nesta região, provavelmente, o líquido foi submetido a menor intensidade das chamas (O'DONNELL, 1985).

Devido à capacidade do acelerante infiltrar-se através do piso ou revestimentos de piso por gravidade, é importante recolher amostras com uma certa profundidade de material e em locais mais protegidos do fogo, como sob placas de revestimentos cerâmicos, rodapés ou limiães.

2.4.6 Solo

O solo é geralmente considerado um substrato muito bom para a retenção de acelerantes. Além disso, é relativamente livre de contaminação, o que facilita bastante a análise por cromatografia. Entretanto, devido à presença de microorganismos, estudos demonstram que a ação microbiana degrada os líquidos inflamáveis em menos de três dias (POOLE, 2000).

Essa degradação dos produtos derivados de petróleo não ocorre necessariamente em todas as amostras de solo. Isso dependerá dos tipos de micróbios naturalmente presentes em cada solo. Portanto, é preciso ter cuidado ao coletar amostras de solo e garantir que elas sejam transportadas para o laboratório no menor tempo possível. Além disso, as amostras de solo devem ser congeladas durante o transporte ou assim que chegam ao laboratório, a fim



de retardar a degradação causada aos hidrocarbonetos na amostra. (STAUFFER; DOLAN; NEWMAN, 2008).

2.4.7 Revestimento de pisos e paredes

O piso sintético geralmente é feito a base de PVC (vinílico). Alguns pisos sintéticos também são feitos de poliuretano. Pouco poroso, o PVC não é um bom material para reter acelerante, como também, por ser um derivado de petróleo, pode conter interferentes.

Os revestimentos de parede são feitos de muitos materiais diferentes. Um revestimento comum é o papel de parede, normalmente feito de papel (material celulósico) ou PVC. Papéis de parede modernos são quase todos feitos de PVC ou, pelo menos, a camada subjacente é. Outro material pode ser, ainda, colocado sobre o PVC – como papel, tecido de parede, algodão ou seda – o que ajuda na absorção de acelerantes podendo ser uma boa amostra para a análise.

2.4.8 Móveis

Os artigos de mobiliário podem incluir muitos polímeros diferentes. Os estofamentos dos móveis são geralmente feitos de nylon, poliéster, algodão ou lã. A espuma sintética encontrada nos sofás e outros móveis geralmente é feita de poliuretano ou poliestireno. Outras peças plásticas encontradas em móveis incluem polietileno, polipropileno e tereftalato de polietileno (PET). A madeira, que é um polímero natural celulósico, também é frequentemente encontrada. Estes objetos, principalmente os estofados, são uns dos principais alvos para se despejar agentes acelerantes. Devido à sua inflamabilidade, normalmente são rapidamente consumidos pelas chamas impossibilitando assim a coleta de amostras. No entanto, caso seja possível, os móveis de maneira geral são bons substratos para absorver acelerantes.

2.5 RECIPIENTES DE AMOSTRA

A principal técnica de extração utilizada para analisar resíduos de incêndio é a SPME. O método apresenta como principais vantagens a rapidez, alta sensibilidade, capacidade em detectar combustíveis em níveis menores do que em outros métodos passivos, não utiliza solventes caros e tóxicos, como o dissulfeto de carbono. Estudos comprovaram, que o método não sofre interferência de produtos de pirólise de madeiras e plásticos (PERT; BARON; BIRKETT, 2006).

O princípio básico da SPME é promover extração de vapores presente na região sobre a amostra que está confinada em um recipiente. A extração ocorre por meio da adsorção, feita pela fibra presente na seringa que é injetada no recipiente da amostra, quando apresenta equilíbrio entre as fases. Posteriormente, essa seringa é injetada no cromatógrafo para análise de vapores da amostra. Para que se utilize adequadamente essa técnica de extração de acelerantes em resíduos de incêndio, recomenda-se não ocupar mais de 70% da



capacidade do recipiente. Além disso, o recipiente deve ser resistente e não liberar interferente em temperaturas inferiores à 80°C (temperatura a qual o frasco é aquecido antes da extração por SPME, conforme ASTM E 2154) (STAUFFER, DOLAN e NEWMAN, 2008).

A conservação adequada das amostras coletadas é essencial para evitar perdas e contaminação durante a transferência para o laboratório e armazenamento (PERT; BARON; BIRKETT, 2006). A seleção do tipo apropriado de embalagem é vital para este processo. Idealmente, o estado da amostra ao ser analisada deve ser o mesmo de quando foi coletada no local do incêndio.

Antes da amostra ser armazenada, é necessário garantir que o frasco esteja devidamente limpo, evitando a presença de interferentes. Logicamente, não se deve utilizar solventes para limpeza dos frascos. Quaisquer recipientes com odores, manchas ou traços de óleo presentes devem ser imediatamente rejeitados.

São três os objetivos dos recipientes de coleta de amostra: fornecer um meio seguro de preservar e transportar as provas; proteger contra a perda de resíduos de agente acelerante da amostra; e evitar a contaminação da amostra por inflamáveis estranhos (STAUFFER, DOLAN e NEWMAN, 2008).

Existem muitos tipos de recipientes disponíveis, produzidos por diversos materiais e cada um com suas vantagens e desvantagens, conforme veremos a seguir.

2.5.1 Plástico

Históricamente a indústria fabricou sacos plásticos específicos para armazenar amostras de incêndio com acelerantes. O Kapak da 3M e o Ampac foram muito utilizados nos Estados Unidos, no entanto, devido ao pequeno mercado para esses produtos, deixaram de ser produzidos (CARLSSON, 1993).

Devido ao alto valor desses produtos, no Brasil utilizava-se praticamente sacos plásticos não específicos para resíduos de incêndio. Esse tipo de material não deve ser utilizado, uma vez que acelerantes voláteis permeiam rapidamente este material, como também podem liberar hidrocarbonetos na amostra, distorcendo o resultado da cromatografia (CAFE, 1988)

Estudo realizado por Kocisko (2001) demonstrou que sacos multicamadas de polietileno e policloreto de polivinilideno também são inadequados para armazenar amostras, pois absorvem os vapores de resíduos de acelerantes, reduzindo assim significativamente a quantidade recuperada durante a extração (STAUFFER; DOLAN; NEWMAN, 2008).

Segundo VIDAL (2007), por um certo período embalagens plásticas eram utilizadas pelo CBMSC. Além das desvantagens mencionadas, havia a necessidade de abrir a embalagem no laboratório, retirar a amostra, cortá-la em tamanho adequado, para só depois ser acondicionada em uma ampola de vidro para extração por SPME, permitindo, desta forma, a perda de voláteis do interior da embalagem plástica.

Apesar das desvantagens, embalagens plásticas são transparentes – o que permite ao técnico de laboratório identificar a amostra –, flexíveis, permitem que objetos grandes ou com formas incomuns sejam embalados, ocupam pouco



espaço antes do uso, não enferrujam e não se partem quando caem. Mesmo com essas vantagens aparentes, não recomenda-se o uso desses materiais.

Frascos plásticos, como os sacos multicamadas, também absorvem parte significativa dos vapores voláteis da amostra e, quando aquecidos, podem liberar hidrocarbonetos interferentes.

2.5.2 Lata

As latas metálicas são vantajosas para a atividade de perícia: são rígidas, resistentes à perfuração, relativamente baratas e fáceis de empilhar, abrir e fechar. Algumas desvantagens estão relacionadas à possibilidade das latas enferrujarem ao receberem amostras molhadas. Por esse motivo, devem ser entregues prontamente ao laboratório. Outra desvantagem é o volume que ocupam quando não estão sendo usadas. Apesar da corrosão ser um problema que não pode ser ignorado, é indicado o uso de latas para amostras grandes e pouco molhadas (STAUFFER; DOLAN; NEWMAN, 2008).

Algumas latas são revestidas por material que retarda o aparecimento da ferrugem, mas, de acordo com T. C. Forensic (1990), as latas sem revestimento são consideradas mais adequadas. CAFE (1988) afirma que não são indicadas a presença de substâncias no revestimento que assemelham-se à gasolina. Há, ainda, latas fabricadas com septo de silicone que permite que a seringa da extração por SPME seja injetada diretamente na lata (Figura 3).

Figura 3 -Recipientes metálicos com septo de silicone.



Fonte: Sarte (2009).

2.5.3 Vidro

Tal como a embalagem plástica, o vidro possui a qualidade de ser transparente e permitir que a amostra seja observada sem abrir o recipiente. Além disso, pode ser limpo com facilidade, promove uma boa vedação – reduzindo a perda de amostra e a contaminação por agentes externos – e possui pequena área superficial – não permite que absorva os vapores voláteis. Entretanto, CAFE (1988) afirma que esse tipo de material deve ser evitado em virtude do risco de quebra e pelas precauções que devem ser tomadas para garantir que as vedações de borracha não entrem em contato com vapores de acelerante, pois podem degradar-se.



Há ampolas de vidro produzidas especificamente para análises cromatográficas. Alguns cromatógrafos possuem, inclusive, amostradores automáticos que extraem os vapores da amostra diretamente do frasco. Por isso, recomenda-se, quando possível, o uso desses recipientes, pois amostra coletada e acondicionada na ampola está pronta para a análise laboratorial.

Mesmo com algumas desvantagens, o uso de frascos de vidro é adequado, pois sua fragilidade pode ser amenizada utilizando um suporte para acondicionar os frascos.

Figura 4- Ampola de vidro



Fonte: Fernandes (2005).

Quadro 1- Principais característica dos recipientes de amostras

Recipiente	Vantagem	Desvantagem
Saco Plástico	Flexível Permite amostra com formatos diferentes	Perda de amostra e contaminação por difusão Impossibilita aquecimento e extração da amostra
Frasco Plástico	Resistente a perfurações e quebra	Produz interferentes Perda de amostra por absorção Impossibilita o aquecimento da amostra
Vidro	Transparente Resistente a perfurações Não produz interferentes Reutilizável (fácil descontaminação) Excelente selagem	Frágil
Lata sem revestimento	Resistente a perfurações e quebra Não produz interferentes Boa selagem	Possibilidade de enferrujar
Lata com revestimento	Resistente a perfurações e quebra Evita ferrugem Boa selagem	Produz interferentes

Fonte: Elaborado pelo autor com base no conteúdo deste artigo.



2.6 DOCUMENTAÇÃO DA AMOSTRA

Uma parte importante do processo de amostragem é a documentação, pois servirá para a elaboração do futuro laudo pericial. Os registros devem incluir notas, croqui e fotografias. O croqui é a forma mais usual de mostrar o local de onde uma amostra foi retirada. As notas do investigador, que podem ser complementares ao croqui, devem incluir as localizações das amostras coletadas, suas respectivas medidas, os tipos de materiais retirados e outras observações – como a possibilidade de presença de acelerante ou se a amostra é de controle. As fotografias devem ser obtidas antes de coletar o material, durante a coleta e depois que os materiais estiverem acondicionados. A extensão do registro fotográfico deve ser ditado pelo senso comum: se algo precisa ser mostrado, deve ser fotografado. Como normalmente o investigador de incêndio não é a mesma pessoa que realiza as análises laboratoriais, a amostra deve ser acompanhada de uma ficha de identificação contendo as principais características da amostra (estado físico, o tipo do material, possível agente acelerante) (STAUFFER; DOLAN; NEWMAN, 2008).

3 CONCLUSÃO

Os agentes acelerantes são substâncias utilizadas para facilitar e aumentar a velocidade de propagação do fogo e, por esse motivo, são comumente utilizados em incêndios criminosos. Estas substâncias, mesmo voláteis, podem ser absorvidas pelos mais diversos materiais e, assim, podem ser identificadas mesmo que o incêndio tenha acontecido há algumas dezenas de dias. A amostragem dos resíduos de incêndio com suspeita de presença de agentes acelerantes pode ser feita de maneira direta e indireta, sendo necessário para ambos procedimentos a coleta de uma amostra controle para, ao comparar a amostra coletada com o controle, evitar um resultado falso positivo. A identificação de agentes acelerantes é possível nos principais resíduos encontrados em uma cena de incêndio, como areia, papel, papelão, carpete, roupas, madeira. Deve-se coletar, preferencialmente, os materiais com alta porosidade não derivados de petróleo. Ressalta-se que o solo é um bom material para amostragem, no entanto, por possuir microorganismos, sugere-se que seja congelado para evitar o processo de degradação do agente acelerante. Deve-se cuidar, ainda, para não relacionar diretamente a presença de etanol com uso de acelerantes, uma vez que etanol é encontrado em produtos comuns, como bebidas alcoólicas e produtos de limpeza. Ao avaliar as principais características dos recipientes para armazenar as amostras, identificou-se que os melhores recipientes são: para amostras pequenas e muito molhadas, a ampola de vidro – por ser transparente, resistente a perfurações, não produzir interferentes, facilmente descontaminável, de excelente vedação e compatível com amostradores automáticos de cromatógrafos; para amostras grandes e praticamente secas, a lata sem revestimento – por ser resistente a perfurações e quebra, não produzir interferentes e proporcionar boa vedação. Ao armazenar amostras muito molhadas em latas sem revestimento, há o risco da produção de ferrugem que pode prejudicar a análise laboratorial. Recomenda-se a



Pós-graduação em Incêndio e Explosão – Turma 2020

documentação das amostras coletadas na cena de incêndio com notas (com principais informações sobre a amostra coletada), croqui e fotografias (registrando o antes, durante e após a coleta de amostra).



REFERÊNCIAS

- ALMIRALL, J. R., FURTON, K. G. **Characterization of Background and Pyrolysis Products that May Interfere with the Forensic Analysis of Fire Debris**, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 71, 51-67, (2004).
- BERTSCH, W, ZHANG, Qi-Wei. **Sample preparation for the chemical analysis of debris in suspect arson cases**, Analytica Chimica Acta: Elsevier Science Publishers B V, Amsterdam, p.183-195, 30 nov. 1990. Anual. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267000833127>. Acesso em: 19 nov. 2019.
- BERTSCH, W. **Analytical Chemistry: Chemical Analysis of Fire Debris**. Disponível em <http://www.iaai-wa.org/ChemAnalFire.htm>. Acesso em 16 jan 2020.
- BULLINGTON M. **Comments on collecting accelerants from concrete**. Fire Arson Inv (1986).
- CAFE, Anthony D. **Analysis of Accelerants in Fire Debris by Capillary Gas Liquid Chromatography**. Department of Material Science University, Sydney. 1988.
- CARLSSON G. et al. **Conserving samples of fire debris suspected of containing accelerants**. In: Advances in Forensic Sciences—Proceedings of the 13 th meeting of the IAFS Düsseldorf, editors Jacob B and Bonte W, International Association of Forensic Sciences, Berlin, Germany, 187–90, (1993).
- CLODFETER R.W., Hueske, E.E. **A comparison of decomposition products from selected burned materials with common arson accelerants**, Journal of Forensic Sciences, 22(1), 116–18, (1976).
- CORTI, R., GREGORI, A., RUSSO, R., et. al. **A Study to Determine the Detectability Time of Gasoline from Simulated Arson Residues by SPME Combined with GC/MS**. Forensic Science International. 2003.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA. Centro de Ensino Bombeiro Militar. **Manual de Formação e Normalização de trabalhos acadêmicos**. Florianópolis: CEBM, 2011.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE GOIAS. Manual Operacional, de Bombeiros: Perícia de Incêndio. Goiânia, 2017.
- FERNANDES, Eulália M. **Influência da amostragem e do tempo de armazenamento de resíduos de incêndios sobre a detecção de agentes acelerantes usando SPME-GC-MS**. Relatório de Estágio Supervisionado



(Curso de Graduação de Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo . **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: UFRGS, 2009.

KOCISKO M.J. **Absorption of ignitable liquids into polyethylene/polyvinylidene dichloride bags**, Journal of Forensic Sciences, 46(2), 356–62, (2001).

LENTINI J.J., Dolan J.A., Cherry C. **The petroleum-laced background**. Journal of Forensic Sciences, 45(5), 968–89, (2000).

O'Donnell J.F. **The sampling of burned areas for accelerant residues analysis, Fire and Arson Investigator**. 35(4),18–20, (1985).

PACHECO, D. S. **Deteção de agentes acelerantes de incêndios usando a microextração em fase sólida e a cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas**. 2004. 54p. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PERT, A. D., BARON, M. G.; BIRKETT, J.W. **Review of analytical techniques for arson residues**. J Forensic Sci. Brayford Pool Lincoln, 1033-1049, (2006).

PHILLIPS, C., MCFADDEN, D. **Investigación del origen y causas de incendios**. Madrid : MAPFRE, 1984.

POOLE C. F. **Chromatography. In: Encyclopedia of separation science**, editors Wilson I, Poole C, and Cooke M, Academic Press, San Diego, CA, 40–64, (2000)

SARTE, Anderson M. **Perícia de incêndio: uma abordagem sobre a coleta de amostras sólidas e líquidas em edificações sinistradas pelo fogo**. Monografia (Curso de Tecnologia em Gestão de Emergências) - Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2009.

STAUFFER, E., LENTINI, J. J. **ASTM Standards for Fire Debris Analysis: A Review, Forensic Science International**. 2003. 132 p.

STAUFFER, Eric; DOLAN, Julia; NEWMAN, Reta. **Fire Debris Analysis**. San Diego: Academic Press, 2008.

T. C. Forensic. **Sampling debris at the fire scene**. Outubro 1990. Disponível



em: <http://www.tcforensic.com.au/docs/article2.html>. Acesso em: 05 nov 2019.

THOMAS C.L. **Arson debris control samples**, Fire and Arson Investigator, 28(3), 23–5, (1978).

UMI K., AHMAD, G. S. **Forensic Detection Of Fire Accelerants Using A New Solid Phase Microextraction (SPME) Fiber**. The Internet Journal of Forensic Science. Volume 2. Numero 1. 2007.

VIDAL, Vanderlei V. **Cromatografia na perícia de incêndios: técnicas para detecção de agentes acelerantes**. Monografia (especialização em Gestão de Serviços de Bombeiro) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.