

A EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL DE BOMBEIROS MILITARES DURANTE OS TRABALHOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS URBANOS

*Amanda Almeida Fernandes Lobosco*¹

*Daniel Campos Correia*²

*Danielle Lima da Silva*³

RESUMO

A exposição ocupacional de bombeiros militares a inúmeros agentes químicos durante a sua jornada laboral aumenta o risco da produção de efeitos deletérios locais e sistêmicos em seus organismos, sejam em curto, médio ou longo prazos. Com a descoberta de novas substâncias na natureza e aumento da tecnologia de fabricação de materiais como espumas sintéticas para uso em mobiliário e outros utensílios domésticos, a quantidade de agentes químicos produzidos durante os incêndios urbanos também foi majorada. Os diagnósticos de neoplasias malignas na população de bombeiros, quando comparadas com a incidência dessas mesmas doenças surgidas na população geral, é muito maior. A exposição ocupacional desses militares durante as atividades de combate a incêndios e de rescaldo nos locais incendiados podem influenciar a redução da expectativa de vida dos bombeiros em comparação com a de um trabalhador comum. Ventilação positiva e revezamento entre equipes, reduzindo o tempo de cada bombeiro nas operações de combate a incêndios são consideradas medidas de controle e podem reduzir as exposições ocupacionais em condições imediatamente perigosas para a vida ou saúde (IPVS). O presente artigo tem o propósito de divulgar ações preventivas de higiene ocupacional para reduzir a exposição dos bombeiros militares aos contaminantes produzidos no incêndio urbano.

Palavras-chave: Condição IPVS; Exposição ocupacional; Incêndio urbano; Insalubre; Saúde.

¹ Enfermeira, Oficial do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, Mestre em Defesa e Segurança Civil pela Universidade Federal Fluminense e especialista em Saúde Pública pela Universidade São Camilo. E-mail: amandalobosco@ig.com.br.

² Capitão do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, Mestre em Defesa e Segurança Civil pela Universidade Federal Fluminense e especialista em Sistema de Gestão Integrada em QSMS – RS pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Comercial, SENAC ARRJ. E-mail: danielcamposcorreia@gmail.com.

³ Enfermeira de Estratégia de Saúde da Família do Município de Três Rios – RJ e Enfermeira generalista pela Universidade Severino Sombra. E-mail: daniellepbi@gmail.com.

THE OCCUPATIONAL EXPOSURE OF MILITARY FIREFIGHTERS DURING URBAN FIRE EXTINGUISHING WORK

ABSTRACT

The occupational exposure of military firefighters to numerous chemical agents during their workday increases the risk of producing deleterious local and systemic effects on their organisms, whether in the short, medium or long term. With the Discovery of new substances in the nature and increase of the technology of manufacture on materials like synthetic foams for use in furniture and other house hold utensils, the amount of chemical agents produced during the urban fires was also increased. The diagnosis of malignant neoplasms in the firefighter population when compared to the incidence of these same diseases in the general population is much higher. The occupational exposure of these soldiers during firefighting and fireover haul sites may influence the reduction of life expectancy of firefighters as compared to that of a typical worker. The adoption of positive ventilation and relaying between teams, reducing individual firefighter's individual time in firefighting and fireover haul are considered control measures and can reduce occupational exposures in conditions immediately hazardous to life or health (IPVS) or unhealthy. This article aim is to disseminate preventive occupational hygiene actions aimed at reducing the unnecessary exposure of firefighters to the contaminants produced in the urban fire.

Key words: IDLH condition, occupational exposure, urban fire, unhealthy, health.

1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica e a produção de novas substâncias a partir de outras recém descobertas na natureza também introduziram na humanidade riscos nunca antes vistos. Alguns agentes, quando interatuam em altas

concentrações com os seres vivos, podem causar efeitos locais ou sistêmicos em curto, médio ou longo prazos nos seus organismos (DELLA ROSA et al., 1996; ALVES, 1999).

Em 1556, Georg Bauer, no manifesto “De Re metálica”, relacionou pela primeira vez a direta exposição ocupacional de trabalhadores nas minas de mineração com doenças respiratórias. (HOOVER, 1912)

Na Itália, durante o ano de 1700, Bernardino Ramazzini, hoje conhecido como “o pai da medicina do trabalho”, em sua obra intitulada “De Morbis Artificum Diatriba”, revelou 54 doenças ocupacionais e trouxe à tona um questionamento importantíssimo a ser inserido na entrevista clínica entre o médico e o paciente: “qual é a sua ocupação?” (RAMAZZINI, 2000)

Durante as operações de combate e rescaldos de incêndios, principalmente aqueles classificados como urbanos estruturais, os bombeiros-militares são frequentemente expostos a inúmeras substâncias venenosas e diversos materiais particulados em suspensão no ar. (BRANDT-RAUF, 1988; BOLSTAD-JOHNSON, 2000)

Além dos riscos químicos, tais profissionais também são rotineiramente expostos a riscos físicos, decorrentes da própria atividade de proximidade com o calor extremo e ruídos (MELIUS, 2000).

O mais recente estudo do *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH) publicou evidências adicionais de que os bombeiros dos EUA têm maiores chances de desenvolver certos tipos de cânceres devido à exposição acumulada em sua carreira quando comparados com a população americana em geral (CDC, 2016).

Há, ainda, uma grande possibilidade de doenças cardiovasculares e pulmonares se manifestarem nos referidos combatentes (MELIUS, 2000).

O objetivo do presente artigo é divulgar os riscos relacionados às operações de combate e rescaldos de incêndios, propor medidas de prevenção e controle durante e após tais operações a fim de reduzir a exposição

desnecessária dos bombeiros militares às substâncias nocivas oriundas da combustão de um sinistro urbano estrutural.

2 METODOLOGIA

A pesquisa procurou reunir e consolidar, por meio de uma breve revisão literária, alguns conceitos, dados substanciados e conclusões de estudos já realizados sobre a exposição ocupacional do bombeiro-militar em atividades de combate e rescaldos de incêndios urbanos.

A ausência de produções acadêmico-científicas nacionais publicadas, contendo, principalmente resultados de ensaios quantitativos de concentrações de substâncias venenosas produzidas em um incêndio, unida a escassez de pesquisas conclusivas sobre a relação direta entre doenças ocupacionais e atividades de combate às chamas por bombeiros-militares brasileiros, inclinou o presente estudo a buscar fontes de relevância internacionais para a apresentação de discussões e conclusões.

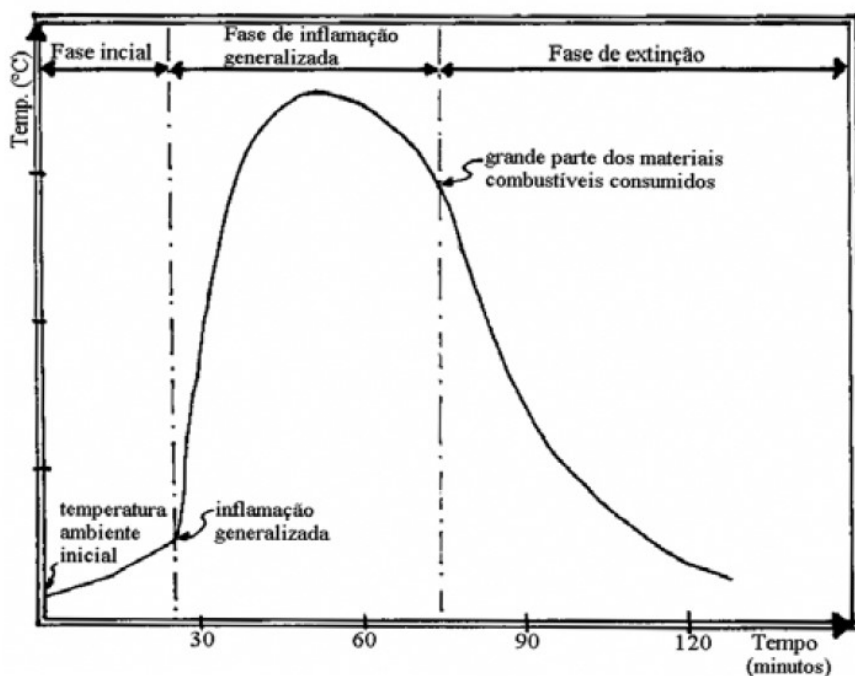
3 DESENVOLVIMENTO

Importante é sinalizar que nos incêndios compartimentados, sem a presença de produtos perigosos considerados combustíveis ou inflamáveis há,então,a produção de uma curva característica expressa em função da temperatura e do tempo, conforme consta na figura 1 (SEITO, 2008).

A primeira fase do seu desenvolvimento, também conhecida como fase inicial ou incipiente, é bem caracterizada por um crescimento lento, com duração de 5 a 20 minutos, em média, com pouca produção térmica, até a próxima fase, conhecida como fase de inflamação generalizada, na qual o ambiente é severamente aquecido, tanto por uma maior dimensão de chamas,

quanto pelo *feedback* radioativo no local. Tal fenômeno é causado pela irradiação do calor carregado pela fumaça, também conhecida como capa térmica, que fica aprisionada no cômodo incendiado. Neste momento, inicia-se brutalmente a decomposição térmica dos materiais sólidos restantes no local (SEITO, 2008).

Figura 1. Evolução de um incêndio em um compartimento.



Fonte: Adaptado de SEITO, 2008.

É fácil entender o processo de decomposição térmica no sólido. Quando o mesmo é exposto a um nível de energia, sofre o processo de quebra molecular denominado pirólise, desenvolvendo produtos químicos gasosos ou vapores de substâncias que, em contato com o comburente do ar (oxigênio), formam uma mistura ideal inflamável ou até explosiva, bastando ser ativada por uma fonte de calor ou energia de ativação, entrando em combustão. O processo acima apontado é ilustrado na figura 2 (SEITO, 2008).

Figura 2. Mecanismo de ignição do combustível sólido.



Fonte: Adaptado de SEITO, 2008.

Já o combustível líquido que por ventura estiver dentro do local incendiado não sofrerá decomposição térmica, mas, sim, a simples mudança de estado físico denominada evaporação, com velocidade diretamente proporcional à taxa de aquecimento do mesmo. Essa mistura, quando em contato com o oxigênio do ar em proporções inflamáveis ou explosivas, também irá incendiar-se após ser ativada por uma determinada energia, como se vê na figura 3 (SEITO, 2008).

Figura 3. Mecanismo de ignição do combustível líquido.



Fonte: Adaptado de SEITO, 2008.

No combustível gasoso não há decomposição térmica tampouco evaporação. Os gases, em mistura de proporções ideais com o oxigênio do ar, já estão prontos para entrar em combustão na presença de uma energia de ativação, calor ou chama pontual, observe na figura 4 (SEITO, 2008).

Figura 4. Mecanismo de ignição do combustível gasoso.



Fonte: Adaptado de SEITO, 2008.

O que chama a atenção nas figuras 2 e 3 (sinalizadas em vermelho) é que em um incêndio estrutural, tanto os gases quanto os vapores, oriundos da decomposição térmica dos sólidos e da evaporação dos líquidos, respectivamente, encontram-se a todo o momento sendo carregados pela capa térmica e entrando em contato direto com as guarnições de combate durante o uso de técnicas ofensivas no local do combate.

Na última fase de desenvolvimento do incêndio, mas não menos importante, a de extinção, embora a temperatura geral possa estar relativamente baixa quando comparada com a fase intermediária de desenvolvimento do sinistro, ou após o fenômeno conhecido como *flashover*, quando há a inflamação generalizada de todas as superfícies dos combustíveis do local, ainda não se pode descartar a continuidade do processo de decomposição térmica dos combustíveis sólidos do compartimento incendiado.

Pode haver, entretanto, concentrações de substâncias químicas dispersas no ar, as quais acredita-se que a maioria dos trabalhadores possa estar sendo exposta, repetidamente, dia após dia, durante toda a sua vida de trabalho, sem que isso lhe traga efeitos adversos à saúde. Esse conceito atualmente é conhecido como limite de exposição ocupacional (LEOs).

Há inúmeras agências, instituições e organizações que desenvolvem tais valores. A exemplo disso, tem-se a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), uma das mais renomadas internacionalmente. A

ACGIH define dessa forma o Threshold Limit Values (TLVs) e o recomenda, ou seja, não o impõe, através de três categorias diferentes:

(1) *Threshold Limit Value-time-weighte daverage* (TLV-TWA) - é a média ponderada para os valores de concentração encontrados em uma jornada de trabalho regular com 8 horas diárias. Em algumas ocasiões com até 10 horas diárias, considerando 5 dias em uma semana, sem ultrapassar o total de 40 horas;

(2) *Threshold Limit Value-Short-Term Exposure Limit* (TLV-STEL) - é uma exposição complementar na maioria das vezes ao TLV-TWA. As exposições acima do TLV-TWA até o TLV-STEL devem ser inferiores a 15 minutos, não devem ocorrer mais de 4 vezes por dia, e deve ser respeitado o intervalo de pelo menos 60 minutos entre as exposições consecutivas;

(3) *Threshold Limit Value-Ceiling* (TLV-C) é a concentração que não deve ser excedida pelo trabalhador em nenhum momento do seu trabalho (ACGIH, 2017).

Tais valores máximos admissíveis são atualizados rotineiramente e podem ser encontrados em massa de contaminante por volume de ar (mg/m^3) ou na sua grande maioria, em partes por milhão ou por bilhão de volume do agente por volume de ar, (ppm) ou (ppb), respectivamente (UVA; FARIA, 2000).

Outras agências e organizações norte-americanas também desenvolveram seus próprios limites de exposição ocupacionais. O NIOSH é outro patrocinador de pesquisas, assim como a ACGIH. Ele indica, também sem imposição, os chamados limites de exposição recomendados, conhecidos como Recommended Exposure Limits (RELs). O NIOSH ainda adverte pela notação "Ca" os agentes considerados como potencialmente carcinogênico ocupacional (NIOSH, 2007).

Já a *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA) impõe e aplica os limites de exposição permitidos, definidos como *permissible exposure*

limits (PELs). Há, ainda, os limites conferidos de forma obrigatória pela Divisão de Segurança e Saúde Ocupacional da Califórnia (Cal/OSHA PELs) em locais de trabalho sob a jurisdição do referido Estado dos EUA (OSHA, 2017).

No Brasil, os LEOs são estabelecidos pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) a partir dos níveis da ACGIH de 1977e são chamados de Limites de Tolerância (LTs). Entretanto, tais valores tiveram de ser corrigidos para uma jornada de 48horas semanais. O parâmetro de categoria *Ceiling* (TLV-C) na legislação trabalhista brasileira é conhecido como “Valor Teto”. (BRASIL, 1978)

A tabela 1 demonstra alguns exemplos de LEOs de substâncias que são encontradas em um local de incêndio compartimentado. Tais agentes químicos são impostos pela OSHA e recomendados pelo NIOSH e ACGIH. É notória a diferença entre tais valores, sendo que na primeira agência, os limites são de obrigatória aplicação, e, na segunda e terceira, eles têm apenas um caráter de recomendação, ou seja, de orientação.

Tabela 1. Exemplos de LEOs de substâncias encontradas em incêndios.

Substância	Limites regulamentares			Limites recomendados		
	OSHA PEL ppm	Cal/OSHA PEL (as of 12/19/2016) 8-hour (ST) (C) Ceiling	of TWA STEL	NIOSH REL (as of 7/7/16) Up to 10- hour (ST) (C) Ceiling	TWA STEL	ACGIH® 2017 TLV® 8-hour (ST) (C) Ceiling
Dióxido de enxofre (SO ₂)	5	2 (ST) 5 ppm	ppm	2 (ST) 5 ppm	ppm	(ST) 0.25 ppm
Monóxido de carbono (CO)	50	25 (C) 200 ppm	ppm	35 (C) 200 ppm	ppm	25 ppm
Benzeno (C ₆ H ₆)	---	1 (ST) 5 ppm	ppm	Ca 0.1 (ST) 1 ppm	ppm	0.5 (ST) 2.5 ppm

Fonte: Adaptado de OSHA, 2017.

Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco
Seção 3 – Anais de Eventos Técnicos-Científicos
XVII Seminário Nacional de Bombeiros – João Pessoa PB
Vol.03 Nº08 - Edição Especial XVII SENABOM - ISSN 2359-4829
Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammae.com>.

Existem, ainda, certas exposições em concentrações elevadas de substâncias venenosas que, quando absorvidas pelo organismo dos trabalhadores expostos, são susceptíveis para causar graves efeitos imediatos ou mesmo retardados, ambos de caráter irreversíveis, comprometendo a capacidade do indivíduo de escapar de um ambiente contaminado e, em certos casos, considerados extremos, causando até a sua morte. Tal condição atualmente é definida pelo NIOSH como *Immediately Dangerous to Life or Health* (IDLH), ou Imediatamente Perigoso para a Vida ou Saúde (IPVS), forma na qual é regulamentada no Brasil (BOLLINGER, 2014).

A tabela 2 demonstra alguns valores de condições IPVS de substâncias que podem ser encontradas em incêndios compartimentados baseados em estudos publicados em 1994 pelo NIOSH.

Tabela 2. Exemplos de valores originais de 1994 de concentração IPVS de substâncias que podem ser encontradas em incêndios compartimentados, definidos pelo NIOSH, em partes por milhão (ppm).

Substância	Valor IPVS (1994) *
Dióxido de enxofre (SO ₂)	100 ppm
Monóxido de carbono (CO)	1,200 ppm
Benzeno (C ₆ H ₆)	500 ppm
Cianeto de hidrogenio (HCN)	50 ppm
Formaldeído (CH ₂ O)	20 ppm

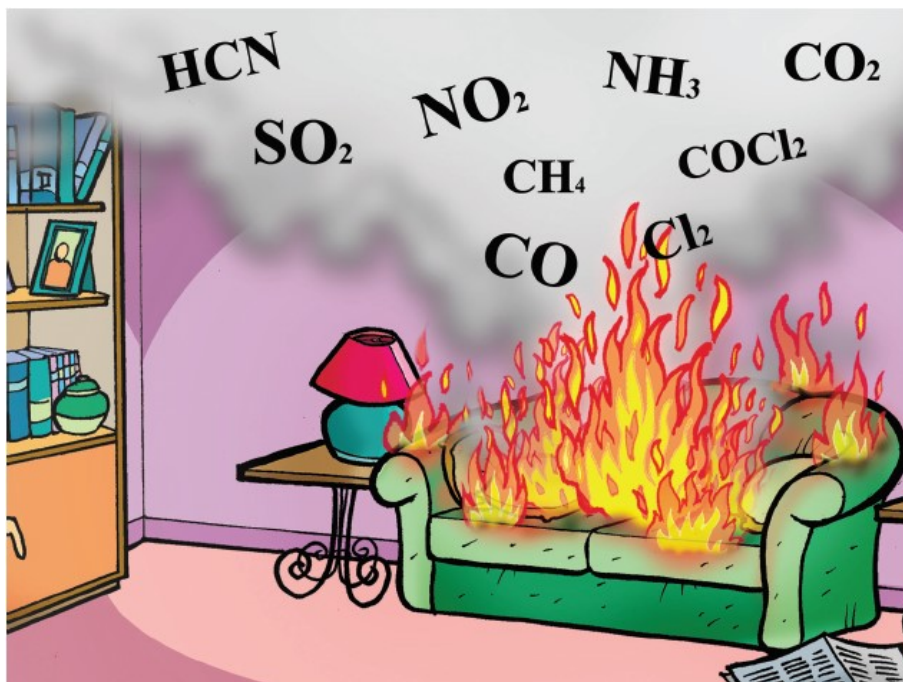
* Valores IPVS com base nos Critérios Revisados de 1994.

Fonte: Adaptado de CDC, 2017.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os gases e vapores produzidos pela referida decomposição e evaporação serão, de uma forma geral, mais perigosos em razão dos diferentes tipos de materiais presentes no local incendiado, principalmente os polímeros produzidos sinteticamente pela indústria. A figura 5 mostra algumas substâncias que podem ser encontradas na atmosfera de um incêndio compartimentado: cianeto de hidrogênio, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, metano, monóxido e dióxido de carbono, amônia, cloro e gás fosfênio (GUERRA, 2003).

Figura 5. Exemplo de gases produzidos em uma combustão.



Fonte: GUERRA, 2003.

Nesta mesma ótica, é possível afirmar que dentro de um local de incêndio compartimentado haverá alguns produtos da combustão considerados como perigosos, ou seja, substâncias classificadas através dos critérios da

Resolução nº 420 de 12 de fevereiro de 2004, publicada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, com o potencial de causar danos, riscos à saúde, à segurança e ao próprio meio ambiente (ABNT, 2011; BRASIL, 2004).

Os efeitos dessas substâncias deletérias ao organismo humano adulto, que inala cerca de 7 a 12 mil litros de ar em um único dia, decorrem das interações entre a superfície de contato do seu aparelho respiratório e o ar contaminado aspirado do meio externo (BAGATIN; KITAMURA, 2006).

Isso é comprovado uma vez que os índices estatísticos inferem como maior causa de morte em incêndios por intoxicação por substâncias venenosas produzidas pela combustão do que as queimaduras provocadas pelo calor do sinistro, por exemplo (GUERRA, 2003).

O estudo realizado por P. W. Brandt-Rauf, Fallon Jr., Tarantini, Cathyldema e L. Andrews, ainda na década de 80, já tinha confirmado resultados de pesquisas anteriores, aqui citadas através da tabela abaixo, de que inúmeros compostos potencialmente tóxicos em diversas concentrações estão presentes em locais de combate a incêndios e são enfrentados rotineiramente durante as ações de resposta a tais incidentes (BRANDT-RAUF et al., 1988).

Tabela 3. Faixa de concentrações de substâncias encontradas em incêndios por pesquisas diversas.

Substância		Gold et al.	Treitman et al.	Lowry et al.
Monóxido de carbono (CO)	de	3 - 1000	15 - 5000	0 - 15000
Cloreto de hidrogênio (HCl)	de	18 - 150	1 - 200	0 - 40
Cianeto de hidrogênio (HCN)	de	0,02 - 5	0,1 - 5	0 - 40
Formaldeído (CH ₂ O)				
acetaldeído (C ₂ H ₄ O)	e	Indisponível	Indisponível	1 - 15
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	de	0,02 - 089	0,2 - 10	Indisponível

Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco
Seção 3 – Anais de Eventos Técnicos-Científicos
XVII Seminário Nacional de Bombeiros – João Pessoa PB
Vol.03 Nº08 - Edição Especial XVII SENABOM - ISSN 2359-4829
Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammae.com>.

Dióxido de carbono (CO ₂)	Indisponível	1000 - 60000	Indisponível
Benzeno (C ₆ H ₆)	Indisponível	0,2 - 150	500 - 1200 (total de hidrocarbonetos)
Partículas diversas	4 - 750	20 - 20000	NA

Fonte: Adaptado de GOLD et al., 1978; TREITMAN et al.,1980; LOWRY et al.,1985; BRANDT-RAUF et al., 1988.

Todas as concentrações em ppm, com exceção das partículas que são expressas em mg/m³.

A variedade de toxinas detectadas em concentrações, não raras as vezes, acima de limites TWA, *Celling* (C) e em casos extremos, até em condições IPVS, nos eventos de incêndios, em grande maioria envolvendo estruturas residenciais de madeira ou tijolos, ou em ambos, e materiais de construção comum, foi particularmente perturbadora, concluíram os autores da pesquisa publicada no *British Journal of Industrial Medicine*, em 1988. No referido estudo, foram monitoradas as atmosferas de diferentes incêndios pelos próprios bombeiros que trabalharam em cada ocorrência, por meio de tubos colorimétricos, de carvão vegetal e filtros de partículas, por um período de 10 dias (BRANDT-RAUF, 1988).

O grupo de pesquisadores conseguiu monitorar um total de 14 incêndios. O monóxido de carbono foi encontrado em todos eles, como já era esperado. As concentrações variaram de 11,4 a 1087 partes por milhão (ppm); seguido do benzeno, presente em 12 dos incêndios monitorados, com concentrações que variaram de 8,3 a 250 ppm. O dióxido de enxofre foi detectado em 8 incidentes com 0,2 a 41,7 ppm de concentração. Já o cianeto de hidrogênio também surgiu em metade dos atendimentos, ou seja, 8 aparecimentos. A concentração máxima desse agente foi de 75 ppm. Em apenas 4 incêndios foi encontrada a presença de formaldeído (e outros aldeídos interferentes, como acroleína e acetaldeído) em concentrações de até 8,3 ppm (BRANDT-RAUF, 1988).

Foi ainda possível apurar que 4 das ocorrências monitoradas com carvão vegetal, o diclorofluorometano foi o composto mais prevalente em cada uma delas. Outros compostos também foram encontrados, como o tricloroetileno, percloroetileno, clorofórmio, cloreto de metileno, tolueno e triclorofenol. As concentrações de partículas colhidas no filtro de fibra de vidro variaram de 10,1 a 344,4 mg/m³ (BRANDT-RAUF, 1988).

Os autores consignaram, à época, que seriam necessários estudos mais aprofundados tanto para expandir resultados por outros métodos de detecção, considerando os problemas de especificidade e precisão dos tubos colorimétricos, quanto para se obter a aferição de uma maior diversidade de incêndios a fim de se obter mais dados. Entretanto, tal publicação científica, apesar de suas limitações, serviu, sobretudo, para indicar que durante as atividades de combate a incêndios os bombeiros poderiam estar sendo expostos a concentrações consideráveis de uma variedade de materiais tóxicos (BRANDT-RAUF, 1988).

Outra pesquisa, intitulada como *Characterization of firefighter exposures during fireover haul*, divulgada no ano de 2000 pela *American Industrial Hygiene Association (AIHAJ)*, procurou monitorar 25 atmosferas de incêndios estruturais por bombeiros da cidade de Phoenix, capital do estado do Arizona, EUA. Na referida publicação, os autores identificaram concentrações de substâncias venenosas que mesmo após a extinção dos incêndios, encontravam-se dispersas no ar durante a fase de *over haul*, ou seja, quando as equipes de bombeiros procuravam e eliminavam focos secundários e ocultos nas estruturas atingidas. Tal procedimento é mais conhecido aqui no Brasil como rescaldo de incêndio (BOLSTAD-JOHNSON, 2000).

Segundo os autores, quando uma variedade de combustíveis sólidos, como plásticos, espumas, tecidos, tapetes, materiais que contenham amianto e produtos de madeira são comprometidos pelo fogo, eles produzirão gases, vapores e partículas carreadoras de outros compostos que permanecerão no

ambiente por longos períodos de tempo, mesmo após a extinção do incêndio. É nessa fase que, devido à exaustão física das guarnições e desconhecimento dos riscos ocupacionais acima apontados, os bombeiros se descuidam e não fazem o uso do equipamento de proteção respiratória autônomo (EPRA), podendo, assim, expor potencialmente os seus organismos durante os trabalhos (BOLSTAD-JOHNSON, 2000).

A figura abaixo evidencia uma exposição desnecessária do combatente durante o rescaldo do incêndio que destruiu oito laboratórios do Centro de Tecnologia da Escola Federal de Química, na Ilha do Fundão, bairro situado na zona norte do Estado do Rio de Janeiro. A reportagem do jornal Extra de 23 de março de 2001 dizia que no local do evento ainda eram guardados produtos perigosos (EXTRA, 2001).

Figura 6. Imagem extraída da reportagem sob o título: explosão, fogo e destruição. Um incêndio ontem à tarde reduziu a cinzas oito laboratórios de química da UFRJ.



Fonte: EXTRA, 2001.

Foi possível concluir, no estudo difundido pela AIHAJ, que concentrações de algumas substâncias excederam valores de LEOs da categoria *Celling* (C) como o caso da acroleína (ACGIH 0,1 ppm) em 1 evento, monóxido de carbono (NIOSH 200 ppm) em 5 eventos, formaldeído (NIOSH 0,1 ppm) em 22 eventos e glutaraldeído (ACGIH 0,05 ppm) em 5 eventos. Valores do tipo STEL também foram extrapolados: benzeno (NIOSH 1 ppm) em 2 ocorrências, dióxido de nitrogênio (NIOSH 1 ppm) em 2 ocorrências também e dióxido de enxofre (ACGIH 5 ppm) em 5 ocorrências. As concentrações de hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (PNA) excederam o índice do NIOSH, do tipo REL (0,1 mg/m³) para 2 incêndios (BOLSTAD-JOHNSON, 2000).

O estudo de P. W. Brandt-Rauf e outros pesquisadores, na década de 80, já tinha concluído, à época, que os agentes venenosos encontrados nos incêndios eram causadores de doenças cardiovasculares e respiratórias e até o câncer. Entretanto, segundo os autores, essa relação precisava ser melhor investigada pela comunidade científica (BRANDT-RAUF, 1988).

Tal relação entre doenças ocupacionais e as atividades de combate a incêndio foi alvo então do recente estudo científico elaborado pelo NIOSH, publicado em julho de 2016. A investigação plurianual realizada com aproximadamente 30.000 bombeiros dos quartéis de Chicago, Filadélfia e São Francisco, mostrou que o grupo estudado apresentou um maior diagnóstico de certo tipos de cânceres quando comparado com a população geral dos EUA (CDC, 2016).

Com base nesses dados foi possível verificar que os bombeiros norte-americanos tiveram um maior índice de diagnósticos conclusivos para câncer, principalmente dos aparelhos digestivo, respiratório e urinário, e ainda neoplasias malignas do tipo bucal. A exposição ao amianto durante o combate a incêndio foi a explicação mais provável segundo a pesquisa para o alto aparecimento de mesotelioma cancerígeno em bombeiros. A chance de

Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco
Seção 3 – Anais de Eventos Técnicos-Científicos
XVII Seminário Nacional de Bombeiros – João Pessoa PB
Vol.03 Nº08 - Edição Especial XVII SENABOM - ISSN 2359-4829
Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammae.com>.

diagnóstico positivo de câncer no pulmão ou morte foi diretamente proporcional com a quantidade de tempo gasto durante o desenrolar das atividades de combate aos incêndios. E, ainda, a chance de óbito por leucemia aumentou conforme o número de atendimentos em eventos de incêndio registrados (CDC, 2016).

Em 25 de setembro de 2014, o jornal norte-americano *Daily News* reportou a morte de três bombeiros por câncer que trabalharam nas operações pós-ataques ao *World Trade Center*, em Nova Iorque, EUA. Robert Leaver, 56 anos, Howard Bischoffe, Daniel Heglund, ambos com 58 anos, morreram com poucas horas de diferença, uns dos outros. Os autores da reportagem consideraram ainda que, ao incluir essas três mortes, um total de 92 bombeiros foram a óbito devido a doenças diretamente relacionadas pelas buscas desesperadas para resgatar corpos após o atentado de 2001 (TRACY; HUTCHINSON, 2014).

Figura 7. Imagem extraída da reportagem sob o título: *Threere tired FDNY members die of Sept. 11th-related cancers within hours of each other*. Da esquerda para a direita: Robert Leaver, Howard Bischoff e Daniel Heglund.



Fonte: TRACY, HUTCHINSON; 2014.

Algumas medidas de controle podem ser adotadas na tentativa de mitigar os riscos inerentes existentes às atividades de combate e rescaldo de incêndios. Um bom exemplo é a adoção da medida de controle de engenharia pelo uso de ventiladores de pressão positiva, ou seja, uma proteção coletiva que pode reduzir a concentração de gases e vapores durante os trabalhos em incêndios compartimentados. Outro recurso do tipo administrativo é o simples revezamento monitorado entre os militares das guarnições de bombeiros, no intuito de reduzir a exposição individual aos produtos nocivos da combustão. Entretanto, é importante registrar que tais procedimentos necessitam ser validados perante a comunidade científica através de pesquisas, perícias e testes que se fizerem necessários (TORLONI, 2016).

Nesse sentido, durante um Workshop em 2013, a *Firefighter Cancer Support Network* (FCSN) divulgou, além de inúmeros estudos já concluídos e em andamento sobre a relação direta entre os diagnósticos de cânceres e os trabalhos realizados por bombeiros em incêndios, ações imediatas que cada bombeiro pode fazer visando a sua própria proteção (FCSN, 2013).

Foram elas de forma resumida:

(1) use sempre as vestimentas completas de proteção contra incêndios e a proteção respiratória nos mesmo, desde o início do combate até o fim do mesmo, inclusive durante os trabalhos de rescaldo;

(2) faça uma descontaminação bruta para remover fuligem e materiais particulados no equipamento de proteção individual (EPI) antes mesmo de sair do local do incêndio e;

(3) tão logo seja possível, limpe-os completamente;

(4) utilize lenços ou toalhas umedecidas para realizar a remoção do máximo possível de fuligem do rosto, cabeça, pescoço, axilas e mãos, após o sinistro e ainda no local do mesmo;

(5) assim que possível, tome um bom banho completo e mude suas roupas, ou seja, sua farda ou uniforme;

(6) lave-as imediatamente e separadamente das roupas comuns após um incêndio;

(7) não leve as fardas, uniformes ou equipamentos de proteção individual contaminados para casa;

(8) guarde-os em um compartimento separado da cabine onde ficam os bombeiros durante o regresso para o quartel, no intuito de evitar inalação dos gases cancerígenos;

(9) faça também a descontaminação dos equipamentos de combate a incêndio tão logo terminado o combate;

(10) pare de usar produtos de tabaco, principalmente o cigarro de nicotina;

(11) use sempre o protetor ou bloqueador solar, mesmo que o sol não esteja aparente.

As recomendações ainda põem em relevo que a detecção e o tratamento precoces de doenças descobertas por um programa de exames médicos periódicos são essenciais para aumentar a longevidade dos bombeiros (FCSN, 2013).

5 CONCLUSÕES

O presente artigo evidenciou que em um incêndio compartimentado os agentes químicos produzidos pela combustão entram em contato direto com as guarnições de combate ao sinistro, podendo ser, inclusive, carregados por esses militares para suas unidades e residências, aumentando o risco de contaminação.

Há uma imensa quantidade de publicações científicas que relacionam os altos índices de diagnósticos conclusivos de doenças ocupacionais em bombeiros, quando comparados com a população comum devido ao trabalho de extinção de incêndios. A penetração em um ambiente sinistrado sem uso do

EPRA e demais equipamentos de proteção individual poderá expor o bombeiro militar a concentração de substâncias potencialmente causadoras de efeitos deletérios locais e sistêmicos em seus organismos, sejam em curto, médio ou longo prazos, ou até mesmo, em casos extremos, a morte imediata.

O uso de medidas de proteção para mitigar os riscos de contaminação por substâncias tóxicas ao organismo dos bombeiros, durante as atividades de combate a incêndios, seja por meio do uso de ventilação por pressão positiva ou pelo próprio rodízio de militares durante as atividades de combate e rescaldo, podem ser adotadas mas devem ser ainda estudadas e confirmadas.

Inegavelmente, há uma lacuna a ser preenchida sobre a realização de pesquisas nacionais de monitoramento dos incêndios compartimentados.

Em consequência e por fim, torna-se altamente recomendado a adoção de protocolos internacionais relevantes, como por exemplo os 11 procedimentos da FCSN visando a própria proteção dos combatentes do fogo diante da exposição ocupacional que tal classe de trabalhadores é exposta diuturnamente, em todos os dias do ano.

6 REFERÊNCIAS

ABNT, NBR 7501. **Transporte terrestre de produtos perigosos - Terminologia**. Rio de Janeiro: 2011. 17p.

ACGIH. TLV® **Chemical Substances Introduction**. Disponível em: <<http://www.acgih.org/tlv-bei-guidelines/tlv-chemical-substances-introduction>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

ALVES, A. N. L. **Monitorização biológica na exposição ocupacional ao cobalto, aspectos toxicológicos e analíticos associado a um sistema de qualidade**. 1999. 101p. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Farmácia). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco
Seção 3 – Anais de Eventos Técnicos-Científicos
XVII Seminário Nacional de Bombeiros – João Pessoa PB
Vol.03 Nº08 - **Edição Especial XVII SENABOM** - ISSN 2359-4829
Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammae.com>.

BAGATIN, Ericson; KITAMURA, Satoshi. **História ocupacional.** J brasPneumol, v. 32, n. Supl 2, p. S30-S34, 2006.

BOLLINGER, Nancy J. et al. **NIOSH respirators election logic.** US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, 2004.

BOLSTAD-JOHNSON, Dawn M. et al. **Characterization of firefighter exposures during fireover haul.** AIHAJ-American Industrial Hygiene Association, v. 61, n. 5, p. 636-641, 2000.

BRANDT-RAUF, P. W. et al. **Health hazards of firefighters: exposure assessment.** British journal of industrial medicine, v. 45, n. 9, p. 606-612, 1988.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Resolução nº 420, de 12 de fevereiro de 2004.** Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 mai. 2004. Disponível em: <http://portal.antt.gov.br/index.php/content/view/1420/Resolucao_n__420.html> . Acesso em: 15 jun. 2017.

BRASIL. Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. **NR 15 - Atividades e operações insalubres.** Disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>. Acesso em: 8 jul. 2017.

CDC. Centers for disease control and prevention. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Publications & Products. Immediately Dangerous To Life or Health (IDLH) Values. **Table of IDLH Values.** Page last updated: February 3, 2017. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/idlh/intridl4.html>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

_____. Centers for disease control and prevention. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Directory of FireFighter Resources. Cancer, Injuries and Other Illnesses. Cancer Study. **Study of Cancer among U.S. FireFighters.** July, 2016. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/firefighters/ffcancerstudy.html>>. Acesso em: 08 abr. 2017.

Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco
Seção 3 – Anais de Eventos Técnicos-Científicos
XVII Seminário Nacional de Bombeiros – João Pessoa PB
Vol.03 Nº08 - **Edição Especial XVII SENABOM** - ISSN 2359-4829
Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammae.com>.

DELLA ROSA, Henrique Vicente; SIQUEIRA, Maria Elisa PB; COLACIOPPO, Sergio. Monitorização ambiental e biológica. In: **Fundamentos de toxicologia**. Atheneu, 1996. p. 135-51.

EXTRA. Explosão, fogo e destruição. **Um incêndio ontem à tarde reduziu a cinzas oito laboratórios de química da UFRJ**. Jornal impresso. Sexta-feira, 23 de março de 2001. p. 7.

FCSN. Firefighter Cancer Support Network. **Taking Action Against Cancer in the Fire Service**. Workshop. August 2013 (V2). Disponível em: <https://firefightercancersupport.org/wp-content/uploads/2013/08/Taking-Action-against-Cancer-in-the-Fire-Service.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2017.

GOLD, Avram; BURGESS, Wm A.; CLOUGHERTY, Edward V. **Exposure of firefighters to toxic air contaminants**. The American Industrial Hygiene Association Journal, v. 39, n. 7, p. 534-539, 1978.

GUERRA, António Matos; COELHO, José Augusto; LEITÃO, Ruben Elvas. **Fenomenologia da combustão e extintores**. Escola Nacional de Bombeiros, Sintra. Manual de Formação Inicial do Bombeiro, v. 7, 2003.

HOOVER, Lou Henry et al. **De Re Metallica, Translated from the First Latin Edition of 1556**. Book, 1912.

LOWRY, William T. et al. **Studies of toxic gas production during actual structural fires in the Dallas area**. Journal of Forensic Science, v. 30, n. 1, p. 59-72, 1985.

MELIUS, James. **Occupational health for firefighters**. Occupational medicine (Philadelphia, Pa.), v. 16, n. 1, p. 101-108, 2000.

NIOSH. **Pocket guide to chemical hazards**. Department of Health and Human Services. Centers for Disease Control and Prevention. National Institute for Occupational Safety and Health. September 2007. DHHS (NIOSH) Publication No. 2005-149. Disponível em: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-149/pdfs/2005-149.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2017.

OSHA. United States Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. **Permissible Exposure Limits / OSHA Annotated Table Z-1**. Disponível em: <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/tablez-1.html>. Acesso em: 15 jun. 2017.

Revista FLAMMAE

Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco
Seção 3 – Anais de Eventos Técnicos-Científicos
XVII Seminário Nacional de Bombeiros – João Pessoa PB
Vol.03 Nº08 - Edição Especial XVII SENABOM - ISSN 2359-4829
Versão on-line disponível em: <http://www.revistaflammae.com>.

RAMAZZINI, Bernadino. **As doenças dos trabalhadores**. Fundacentro, 2000.

SEITO, Alexandre Itiu et al. **A segurança contra incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto Editora, p. 44-45, 2008.

TORLONI, Maurício et al. Programa de proteção respiratória: recomendações, seleção e uso de respiradores. In: **Programa de proteção respiratória: recomendações, seleção e uso de respiradores**. 4. ed. - São Paulo: Fundacentro, 2016.

TRACY, Thomas; HUTCHINSON, Bill. Daily News. New York. **Threeretired FDNY members die of Sept. 11th-related cancers within hours of each other**. Updated: Thursday, September 25, 2014, 10:11 AM. Disponível em: <<http://www.nydailynews.com/new-york/3-retired-fdny-members-die-sept-11th-related-cancers-hours-article-1.1951902>>. Acesso em: 8 jul. 2017.

TREITMAN, Robert D.; BURGESS, WILLIAM A.; GOLD, Avram. **Air contaminants encountered by firefighters**. The American Industrial Hygiene Association Journal, v. 41, n. 11, p. 796-802, 1980.

UVA, António de Sousa; FARIA, Mário. **Exposição profissional a substâncias químicas: diagnóstico das situações de risco**. Revista Portuguesa de Saúde Pública, v. 18, p. 5-10, 2000.