VIGILES, 2022
Volume 5, Número 1
https://doi.org/10.56914/revistavigiles-2595-4229-v5n1-9

ARTIGO ORIGINAL

RISCOS QUÍMICOS DEPOSITADOS EM EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO DE COMBATE A INCÊNDIO URBANO EM MINAS GERAIS

Elias Cristovam de Souza Júnior[1], Marcos Anderson Viana Soares[1]
1. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais

RESUMO

A exposição aos subprodutos da combustão decorrente de incêndios urbanos depositados em equipamentos de proteção de bombeiros pode gerar efeitos como câncer e mutação genética. Este trabalho pretende elucidar como os bombeiros militares de Minas Gerais têm agido para mitigar o perigo da contaminação dos riscos químicos depositados em equipamentos de combate a incêndio urbano. O objetivo geral é identificar os riscos químicos e verificar o engajamento da tropa com a descontaminação desses equipamentos. O trabalho foi desenvolvido através de revisão de literatura e levantamento de dados com enfoque misto, por meio de questionário e entrevistas com especialistas. Percebeu-se uma falta de padronização na frequência e nos critérios de decisão para higienização dos equipamentos de proteção. Sugere-se estudos e aplicação de boas práticas para mitigar o risco químico decorrente do combate a incêndio urbano.

Palavras-chave: risco químico; combate a incêndio urbano; equipamentos de proteção; câncer.

CHEMICAL RISKS DEPOSITED ON URBAN FIGHT-FIGHTING PROTECTION EQUIPMENT IN MINAS GERAIS

ABSTRACT

The exposure to combustion by-products from explosions and urban fires deposited in firefighters' protective equipment can generate effects such as cancer and genetic mutation. This paper aims to elucidate how the military firefighters of Minas Gerais have been acting to mitigate the danger of chemical contamination. The objective is to identify the chemical hazards and to verify troop engagement with the decontamination of this equipment. The paper was developed through literature review and data collection with a mixed approach, through a questionnaire and interviews with experts. There was a lack of standardization in the frequency and decision criteria for cleaning protective equipment. Studies and application of good practices are suggested to mitigate the chemical risk arising from urban firefighting.

Keywords: chemical risk; fighting urban firefighting; protective equipment; cancer.

Recebido em: 11/07/2022
Aprovado em: 27/08/2022

E-mail: elias.junior@bombeiros.mg.gov.br

1 INTRODUÇÃO

O combate a incêndio urbano (CIUrb) é uma atividade típica de bombeiro e comum no dia a dia do combatente. Esta é uma das competências do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG) prevista na Constituição Estadual de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2021a). Segundo o anuário estatístico de 2020 do CBMMG, as ocorrências referentes a explosão e incêndio corresponderam a 18,1% do total das naturezas de pronta-resposta no atendimento operacional, totalizando 31.130 ocorrências. Do número global de registros nesse grupo, 67% correspondem a incêndios florestais e 33% a explosões e incêndios urbanos. Em números absolutos, foram 20.741 atendimentos em incêndio florestal frente a 10.389 em incêndio urbano (MINAS GERAIS, 2021b).

O enfrentamento às chamas oferece diversos riscos e pode ter grande impacto na saúde do militar. No combate a incêndio os riscos ocupacionais são preponderantemente químicos, físicos e ergonômicos. Em um estudo realizado entre bombeiros do Rio Grande do Sul (BAUMGART, 2012) apurou que entre os riscos mais percebidos pelos brigadistas em Porto Alegre estão: calor, gases, vapores, eletricidade, quedas, incêndio, explosão e fumaça. A exposição química no ambiente de trabalho não é limitada a uma substância, mas a uma gama de agentes. Essa multiplicidade de substâncias reage com os agentes presentes no ambiente e entre si, gerando um sistema complexo de contaminação. Mattos e Másculo (2011) afirmam que o contato com esses produtos pode gerar diversos efeitos, como câncer, mutações genéticas ou alterações no desenvolvimento de fetos. Os resultados adversos são de alta complexidade de avaliação e, por esse motivo, deve-se primar pelo princípio da precaução.

Para evitar esses efeitos adversos, é essencial o uso correto dos Equipamentos de Proteção Individual de Combate a Incêndio Urbano (EPIs-CIUrb) e dos Equipamentos de Proteção Respiratória (EPRs). Os EPIs dessa atividade são constituídos basicamente por capacete e luvas de combate a incêndio, balaclava, roupa de aproximação, botas e EPR (MINAS GERAIS, 2020a).

Nesse contexto, pretende-se responder ao seguinte questionamento: como os bombeiros militares de Minas Gerais têm agido para mitigar o perigo da contaminação dos riscos químicos depositados em EPIs-CIUrb?

Parte-se da hipótese de que os bombeiros estão expostos a inúmeras ameaças provenientes dos subprodutos da combustão, constituídos, em parte, por químicos orgânicos e metais pesados. Supõe-se que o contato contínuo com essas substâncias pode gerar graves enfermidades, com destaque aos diversos tipos de câncer. Acredita-se que os militares tenham conhecimento e pratiquem procedimentos que mitiguem a contaminação

por esses elementos, evitando o contato com as superfícies contaminadas dos equipamentos, conforme previsto em manuais específicos.

A quarta edição do Plano de Comando do CBMMG insere em programas de suporte, no eixo base de fortalecimento organizacional, o programa de sustentação voltado para saúde, qualidade de vida e valorização do bombeiro militar. O direcionamento é "desenvolver uma relação saudável entre a corporação e os colaboradores" com o objetivo de "lançar um novo olhar em relação aos trabalhadores" (MINAS GERAIS, 2021c, p. 100).

Estudos demonstram maior incidência de câncer em bombeiros do que na população em geral. Segundo LeMasters *et al.* (2006), um bombeiro tem 5% a mais de chance de desenvolver câncer do que uma pessoa comum. Daniels *et al.* (2014) encontraram resultados semelhantes, com uma taxa de incidência padronizada para todos os tipos de câncer de 9% a mais em bombeiros.

Além de causar sofrimento para o indivíduo e familiares, as doenças ocupacionais geram impactos econômicos para a sociedade. Butry *et al.* (2019) produziram um relatório do custo direto e indireto de lesões, enfermidades, exposição à saúde e doenças ocupacionais em bombeiros nos Estados Unidos. Os valores anuais estimados ficaram entre U$ 1,6 bilhão e U$ 5,9 bilhões. Esse custo equivale a uma perda anual de aproximadamente U$ 50.000 a U$ 200.000 por departamento de bombeiros, ou de U$ 1.500 a U$ 5.500 por bombeiro.

O presente trabalho busca contribuir para a conscientização dos militares quanto à contaminação com subprodutos da combustão oriundos das ocorrências de CIUrb. Além disso, é necessário o aprofundamento científico sobre o tema para que a tropa tenha ainda mais conhecimento a respeito dos riscos químicos depositados nos equipamentos de proteção e a importância do correto manuseio, limpeza, descontaminação e armazenamento desses materiais. Quando negligenciados, podem gerar consequências ao militar, à corporação e ao sistema de saúde. Dessa forma, esse conhecimento é fundamental para a preservação da saúde ocupacional do bombeiro militar e para a conservação dos EPIs-CIUrb.

O objetivo geral deste estudo é identificar os riscos químicos depositados em EPIs após o uso no combate a incêndio. Esse objetivo se desdobra nos seguintes objetivos específicos: verificar o engajamento da tropa do CBMMG com a descontaminação dos EPIs; relacionar as doenças ocupacionais que podem acometer bombeiros militares em contato com esses contaminantes; compilar conhecimento para mitigar o contato com esses agentes e elaborar uma cartilha de orientação informando os riscos e cuidados que envolvem os equipamentos contaminados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Riscos químicos no Combate a Incêndio Urbano

Apesar da natureza do incêndio influenciar diretamente nos subprodutos de combustão gerados, Baxter (2019) menciona que os componentes da mistura produzida em geral incluem: particulados, monóxido e dióxido de carbono, monômeros, hidrocarbonetos incluindo aromáticos e policíclicos aromáticos, orgânicos contendo oxigênio, enxofre, nitrogênio e halogênios, moléculas inorgânicas simples, complexos de metais e ametais voláteis. Stull (2018) cita cinco grupos de substâncias perigosas presentes em cenários de incêndio e que podem permanecer em equipamentos de bombeiros, quais sejam: metais, químicos inorgânicos, orgânicos voláteis, orgânicos semivoláteis e misturas orgânicas complexas.

Bombeiros podem ser expostos a uma variedade de substâncias carcinogênicas durante as atividades de combate a incêndio. Dois grandes grupos são frequentemente estudados devido a sua toxicidade e presença conhecida na fumaça: metais e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA) (KEIR *et al.,* 2020). O quadro 1 elenca alguns deles de acordo com a atividade carcinogênica para humanos, segundo a *International Agency of Research of Cancer* (IARC):

Quadro 1 - Metais e HPAs classificação segundo a IARC

Classificação IARC	Metais	HPAs
Carcinogênico	Cádmio	Benzo(a)pireno
Provavelmente carcinogênico	-	Ciclopenta[c,d]pireno Dibenzo[a,h]antraceno Dibenzo[a,l]pireno Naftaleno
Possivelmente carcinogênico	Chumbo Trióxido de antimônio	Benzo[j]aceantrileno Benzo[a]antraceno Benzo[b]fluoranteno Benzo[j]fluoranteno Benzo[k]fluoranteno Benzo[c]fenantreno Criseno Dibenzo[a,h]pireno Dibenzo[a,i]pireno Indeno[1,2,3-cd]pireno

Fonte: Adaptado de Keir *et al*. (2020).

O risco químico não se limita aos locais atingidos pelas chamas e pode ser carreado para as unidades de bombeiros. Magnusson e Hultman (2015) apontam a necessidade do cuidado com a contaminação não apenas dos EPIs-CIUrb, mas também dos EPRs, viaturas e mangueiras. Estudos reportaram a presença de HPAs em áreas de descanso, escritórios,

cozinha, cabine dos caminhões e salas de armazenamento de EPIs-CIUrb. Também foram detectadas presenças desses contaminantes nas mãos, pescoço e mandíbula de bombeiros. Em equipamentos, foram detectados HPAs em capacetes, luvas, balaclavas, capas de proteção e em EPRs (BAXTER *et al*., 2014; STEC *et al.*, 2018).

As vias principais de exposição a contaminantes gerados em um incêndio são a respiratória, a dérmica e a digestiva. Com o uso amplo de equipamentos de proteção respiratória no CIUrb, a pele como rota de acesso foi subestimada. Segundo Baxter (2019), a absorção dérmica para acroleína não tem ameaça, para benzeno, tolueno e xileno a ameaça é moderada e para formaldeído, HPAs e diésteres de ftalato é significativa.

Kirk e Logan (2015a) analisaram a concentração de HPAs depositados nas partes externas e internas de EPIs de instrutores após treinamentos de combate a incêndio: concluíram que os equipamentos fornecem uma proteção substancial, mas não completa, contra os riscos químicos, alcançando uma redução total na concentração de HPAs entre 69% e 96%. Apesar da mitigação, o risco químico ainda está presente. Baxter (2019) salienta que a higienização dos bombeiros não pode se limitar apenas às manchas visíveis na pele, uma vez que os contaminantes ficam espalhados por todo o corpo, mesmo com uso correto do EPI. Ademais, a rota de acesso por ingestão não pode ser descartada.

Kirk e Logan (2015b) avaliaram a acumulação e a liberação por gaseificação de subprodutos da combustão em conjuntos protetivos. Verificaram a gaseificação em baixas concentrações de orgânicos voláteis, cianeto de hidrogênio (HCN) e HPAs através do acondicionamento dos conjuntos em pequenas bolsas herméticas seguido de análise da atmosfera produzida na bolsa.

2.2 A ameaça do câncer em bombeiros

A *Firefighter Cancer Support Network* (FCSN) cita que o câncer é a ameaça mais perigosa e desconhecida para os bombeiros estadunidenses. Atualmente, os incêndios residenciais envolvem mais materiais perigosos do que em tempos passados, uma vez que a presença de plásticos e sintéticos é mais abundante. Tal fenômeno também ocorre nos incêndios comerciais e veiculares, com a particularidade de possuírem maior concentração de substâncias altamente tóxicas (FCSN, 2013).

Há um entendimento entre pesquisadores de que a taxa de câncer entre bombeiros seria ainda maior se não fossem os hábitos saudáveis comuns na profissão. A FCSN (2013) cita que é esperado que os combatentes às chamas tenham menor predisposição ao desenvolvimento do câncer uma vez que o trabalho atrai pessoas com hábitos saudáveis e em melhor condicionamento físico. Entretanto, pondera-se que as taxas de câncer são

subnotificadas entre bombeiros porque muitos não descobrem a doença até se aposentarem e são considerados parte do grupo de comparação da população geral (FCSN, 2013).

Segundo LeMasters *et al.* (2006), a taxa de incidência de câncer de testículo é 102% maior em bombeiros do que em pessoas comuns, 53% para mieloma múltiplo, 51% para linfoma não Hodgkin, 39% para câncer de pele e 28% para câncer de próstata. Daniels *et al.* (2014) encontraram taxas de 129% para mesotelioma maligno, 62% para câncer de esôfago e 39% para câncer de boca e faringe.

Estudos de corte revelaram uma incidência excessiva de câncer nos respondentes ao ataque do *World Trade Center* em Nova Iorque no ano de 2001. A doença em bombeiros aumentou 10% no período de 2001 a 2008, com um crescimento significativo de câncer de tireoide, melanoma e linfoma não Hodgkin (BOFFETTA *et al.*, 2016).

Um experimento conduzido pela *International Association of Fire Fighters* demonstrou que a equipagem com EPI-CIUrb e EPR não impede que um bombeiro tenha o seu corpo contaminado. As principais brechas foram a região do pescoço, a região do tronco coberto pelo zíper da capa protetora e o quadril (HILL; HANLEY, 2015). Tomando o antebraço como referência, a absorção dérmica do escroto é quarenta e duas vezes maior, da região da mandíbula é treze vezes maior e da testa é seis vezes maior (FELDMANN; MAIBACH, 1967). Segundo Stec *et al*. (2018), o maior risco de câncer em bombeiros é pela exposição dérmica. Em uma população de 100.000 bombeiros, até 350 podem desenvolver câncer pelo contato com EPIs-CIUrb e EPR contaminados e até 230 por contato com cabine das viaturas contaminadas.

2.3 Limpeza e descontaminação dos EPIs

A norma nº 1851 da *National Fire Protection Association* (NFPA) recomenda que as organizações devem prover meios para a limpeza dos elementos do conjunto de proteção individual. Pode ser realizada por membros internos da organização treinados pelo fabricante, por empresas de limpeza treinadas, pelos fabricantes ou qualquer combinação desses agentes. Ainda, cita que componentes do equipamento de proteção sujos ou contaminados não devem ser levados para casa, higienizados em lavanderias domésticas ou públicas (NFPA, 2020).

De acordo com a NFPA 1851 (2020), deve ser realizada no mínimo uma limpeza avançada a cada seis meses, totalizando duas ao ano. As lavadoras para a limpeza avançada devem ter as seguintes características, a menos que especificamente proibido pelo fabricante: ser programável para permitir múltiplas formas de ajustar a quantidade de detergente, quantidade e temperatura da água, tipo e tempo do ciclo de lavagem; não

possuir uma força G que exceda 100G ou possuir a capacidade de ajuste. Por fim, a norma veda o uso de lavadoras com carregamento pela parte superior para limpeza de EPIs-CIUrb. A roupa de aproximação e balaclava devem ser lavadas em máquinas de lavar, enquanto capacetes, botas e luvas devem ser lavados à mão.

O Procedimento Operacional Padrão 01 (POP 01), do Grupo O do CBMMG, padronizou um método para higienização da roupa de proteção após ocorrências de CIUrb. Ainda no local do incidente deve ser realizada uma redução preliminar de exposição (RPE) por meio da retirada mecânica de detritos secos, enxágue com jato mole, seguido de uma limpeza com um pincel ou pano. Após a RPE, o conjunto deve ser isolado e transportado em compartimento diferente do destinado aos combatentes. É definido que a limpeza especializada direcionada para agentes químicos não convencionais seja realizada apenas pelo fabricante ou organização credenciada e treinada. Por fim, a limpeza avançada pode ser feita em uma máquina de lavar com capacidade recomendada de 15 kg e porta frontal. Deve-se lavar de acordo com os procedimentos determinados pelo fabricante (MINAS GERAIS, 2020b).

A escolha do tipo de limpeza do EPI-CIUrb é essencial. Para isso, a ferramenta de tomada de decisão fornecida pela NFPA 1851 (2020) permite avaliar sistematicamente o nível de limpeza adequado. A avaliação deve ser feita pelo usuário ou indivíduo designado após cada uso do equipamento. Nota-se que, de acordo com a norma, eventos químicos, biológicos, radiológicos e nucleares (QBRN) são diferenciados de eventos envolvendo produtos perigosos (PP) pelo fato de o primeiro ser resultado de um ataque terrorista e o último ser capaz de criar riscos às pessoas, ao ambiente e aos bens.

De acordo com a ferramenta, a RPE não é aplicada apenas após eventos envolvendo contaminação por QBRN. Nesse caso, o EPI deve ser retirado, embalado e disposto como rejeito perigoso o quanto antes for possível. Quando se tratar de eventos envolvendo PP, deve-se realizar a RPE e a avaliação por membro qualificado da equipe para seleção do tipo de limpeza especializada, quando possível. Caso o material seja danificado, deve-se descartá-lo. Quando houver apenas sujidade, a RPE deve ser aplicada seguida da limpeza avançada, se necessário (NFPA, 2020).

Com relação à contaminação é necessário determinar o tipo de contaminante: em caso de contaminação por produtos químicos conhecidos, deve-se avaliar o EPI e determinar se a exposição permite limpeza e reuso. Nesse caso, a limpeza especializada é indicada. No caso de contaminação com fluidos corporais, a desinfecção e sanitização deve ser feita quando possível seguida da limpeza avançada. Por fim, a contaminação por subprodutos da combustão deve ser procedida da RPE, limpeza avançada e inspeção de rotina do EPI (NFPA, 2020).

O modelo sueco (*Skellefteå Model*) é uma importante contribuição que permite que bombeiros possam mitigar os riscos químicos na rotina de trabalho. Tem como princípios básicos que, entre um alarme e outro, o indivíduo deve ser responsável pela saúde do todo e que partículas desconhecidas devem ser consideradas danosas à saúde. Assim, estabelece uma pirâmide na qual a base busca fornecer conhecimento, treinamento e percepção do risco, a parte central consiste em estabelecer rotinas e fluxos e o topo é composto pelo uso de ferramentas, como máquinas de lavar, secadoras e equipamentos para lavagem de EPRs (MAGNUSSON; HULTMAN, 2015).

3 MÉTODO

O trabalho se desenvolveu mediante uma pesquisa bibliográfica que abordou os riscos químicos, as doenças ocupacionais mais recorrentes em bombeiros relacionadas a esses agentes, bem como os principais esforços no âmbito da qualidade de descontaminação de EPIs. Em seguida, utilizou-se o enfoque misto para levantamento de dados com aplicação de um questionário em um estudo transversal e de entrevistas semiestruturadas. Segundo Sampieri, Collado e Lucio (2013), os métodos mistos têm por finalidade obter uma fotografia mais completa do fenômeno por meio da integração da abordagem quantitativa e qualitativa. Assim é possível alcançar resultados mais confiáveis, genuínos e fidedignos daquilo que acontece com o fenômeno, explorando diferentes níveis do problema estudado.

As entrevistas foram realizadas com autoridades com sabida experiência em aplicação de projetos para descontaminação de EPIs-CIUrb em suas respectivas corporações. O Major BM Fernando Antônio Holanda Braga Damasceno é Subcomandante do Grupamento de Incêndio do Corpo de Bombeiros Militar de Alagoas e gestor de um contrato para lavagem dos EPIs-CIUrb de sua corporação. Já a 1º Tenente BM Elen Roberta Costa Carvalho, Comandante do Pelotão de Salinas (7º Pelotão/1ª Companhia/8º BBM) é formada no curso de Combate a Incêndio Urbano (2018), e entre julho de 2018 e janeiro de 2021, desenvolveu um projeto para limpeza e descontaminação de EPIs-CIUrb na referida fração. Ambos tiveram acesso ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e concordaram em conceder as entrevistas.

O questionário foi aplicado de forma anônima. A população para levantamento de dados consistiu na totalidade dos militares do CBMMG, já que o problema estudado está presente em toda a corporação. Durante a análise, foram excluídas as respostas em duplicatas. Também foram excluídos os discentes inclusos no ano de 2020 na graduação de

Soldado de 2ª Classe por não possuírem experiência em atendimento operacional na data da aplicação do questionário.

De acordo com Vieira (2009), o planejamento de um questionário deve ter como norte a construção do conhecimento científico e, por consequência, a orientação teórica. Dessa forma, as variáveis de análise foram definidas com base nas entrevistas e nas recomendações da literatura para procedimentos de cuidados, descontaminação e acondicionamento de EPIs-CIUrb. Os questionamentos buscaram avaliar o padrão de comportamento da tropa para mitigar os riscos químicos decorrentes de ocorrências de incêndio urbano.

A coleta de dados ocorreu no período de 30 de junho de 2021 a 21 de julho de 2021. Foram aplicados questionários de autoaplicação por meio de formulário *on-line.* O uso dessa ferramenta se justifica pela intenção de levantar dados com um grande número de pessoas e pela coleta das respostas em um formato padrão. A autoaplicação permite que o respondente preencha o questionário no momento mais adequado e durante o tempo que julgar necessário. Para o pesquisador, esse instrumento é vantajoso por coletar respostas em um formato padrão e pela certeza da não influência do pesquisador nas respostas (VIEIRA, 2009). Com base nos resultados, foi elaborada uma cartilha de orientação a ser amplamente divulgada para o público interno do CBMMG com os riscos e cuidados que envolvem os EPIs-CIUrb contaminados (apêndice único).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa bibliográfica demonstrou que os principais riscos químicos associados ao CIUrb são os HPAs e metais pesados. O contato contínuo com esses contaminantes pode gerar diversos tipos de cânceres (KEIR *et al*., 2020). A pele como rota de acesso ao corpo humano é um importante fator a ser observado, já que os HPAs possuem absorção dérmica significativa (BAXTER, 2019). Dentre os tipos de cânceres com maior incidência em bombeiros estão o mesotelioma maligno, câncer de testículo, câncer de esôfago, mieloma múltiplo, linfoma não Hodgkin, câncer de pele, de boca e de faringe (LEMASTERS *et al.,* 2006; DANIELS *et al.,* 2014).

O questionário foi aplicado a uma população de 5.898 militares. A amostra totalizou 421 respondentes, o que corresponde a 7,1% da população e fornece um grau de confiança de 95%, com margem de erro igual a 4,6%. Quanto à hierarquia, 34,4% dos respondentes são cabos e soldados, 33,7% representam subtenentes e sargentos, 7,4% correspondem a praças especiais, 17,1% são oficiais subalternos, 4,8% representam oficiais intermediários e

2,6% são oficiais superiores. O tempo médio de serviço dos respondentes é de nove anos e três meses.

Em relação à quantidade de lavadoras automáticas, 4,8% da amostra alegou não possuir o equipamento em sua residência, 91,4% afirmaram ter apenas uma lavadora e 3,8% declararam ter duas máquinas de lavar. Ao avaliar os militares que disseram ter dois equipamentos, apenas 0,5% utilizam máquina com alimentação frontal para lavagem dos EPI-CIUrb. Do total, 80,3% utilizam lavadora com alimentação superior para lavagem dos EPIs-CIUrb, enquanto 14,9% usam modelo com alimentação frontal. Os demais 4,8% informaram não possuir máquina de lavar.

O POP 01 do Grupo O recomenda a utilização de máquinas de lavar com capacidade superior a 15 kg e alimentação frontal (MINAS GERAIS, 2020b). Entretanto, apenas 6,4% da população possui máquina de lavar com a capacidade recomendada. O documento não cita qual o local apropriado para que o militar realize a lavagem do roupão de aproximação. Contudo, a NFPA 1851 (2020) veda que o combatente transporte EPIs-CIUrb para sua residência e o uso de lavadoras de alimentação superior. Tendo em vista o contexto operacional do CBMMG e o que as normas preconizam, duas alternativas para o militar realizar a limpeza dos seus equipamentos podem ser depreendidas: em sua residência ou em uma lavanderia comercial. Caso opte por lavar em casa, é recomendado que o militar possua pelo menos duas máquinas de lavar para evitar a contaminação cruzada de outras vestimentas.

Ao cruzar as três variáveis: capacidade, tipo de alimentação e número de máquinas de lavar, nenhum dos respondentes possui o que seria considerado ideal de acordo com as normas. Portanto, atualmente é inviável para os combatentes cumprir o que se estabelece nas normas de referência para o assunto. Ademais, o não cumprimento dessas normas pode carrear contaminantes cancerígenos para locais além dos encontrados por Stec *et al.* (2018), possibilitando a contaminação de terceiros.

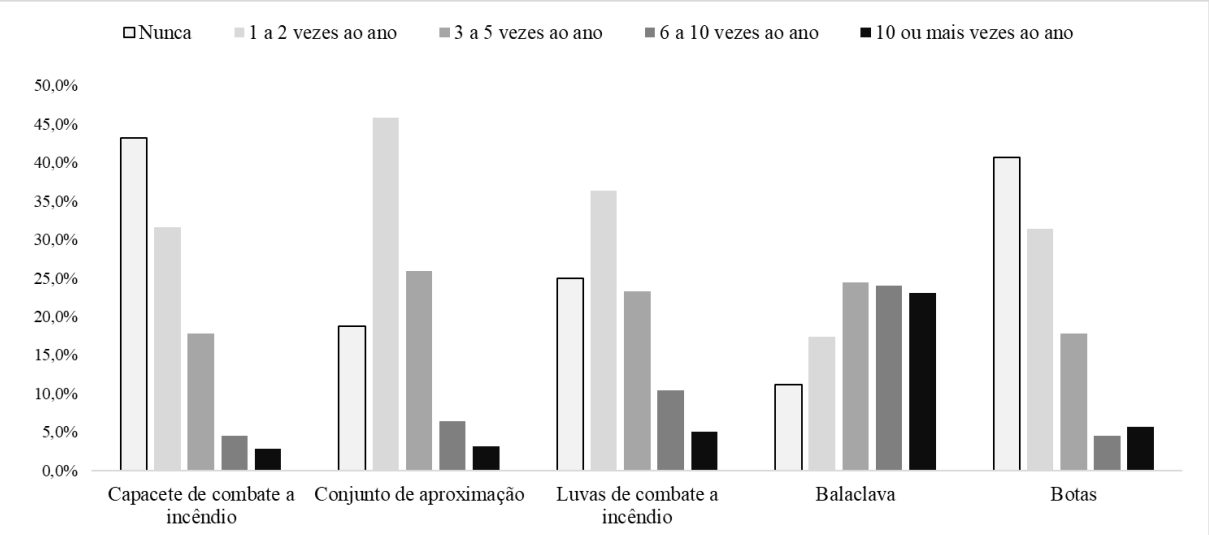
O principal fator decisório dos respondentes é a presença de sujidades nos equipamentos (63,2%), seguido de ocorrências envolvendo fluidos corporais (61,5%) e produtos perigosos (60,1%). Apenas 38,2% da amostra considera o combate a incêndio um fator decisório para realizar a lavagem dos EPIs-CIUrb e 36,6% lava após determinado tempo de uso. A ferramenta de tomada de decisão presente NFPA 1851 (2020) define que apenas a presença de sujidades não indica necessidade de realização da limpeza avançada. De outro modo, a norma define que, para ocorrências envolvendo combate às chamas, a limpeza avançada deve ser realizada. Esses resultados corroboram a necessidade de instruções para padronizar quais fatores devem determinar a necessidade

da descontaminação dos equipamentos, uma vez que o usuário é o responsável por essa decisão, de acordo com a NFPA 1851 (2020).

Além disso, dentro da categoria “outros fatores”, 3,3% dos militares citaram não usar máquina de lavar para higienização de EPIs-CIUrb. Outras importantes citações nessa categoria foram: em ocorrências em que o combatente transpira excessivamente, uso de lavanderias comerciais e lavagem à mão em detrimento do uso da máquina de lavar.

Afigura 1 demonstra a frequência com que cada respondente lava seu EPI-CIUrb. Para o conjunto de aproximação, foi considerada apenas a limpeza avançada.

Figura 1 - Frequência de limpeza dos EPIs-CIUrb



Fonte: Elaborado pelos autores.

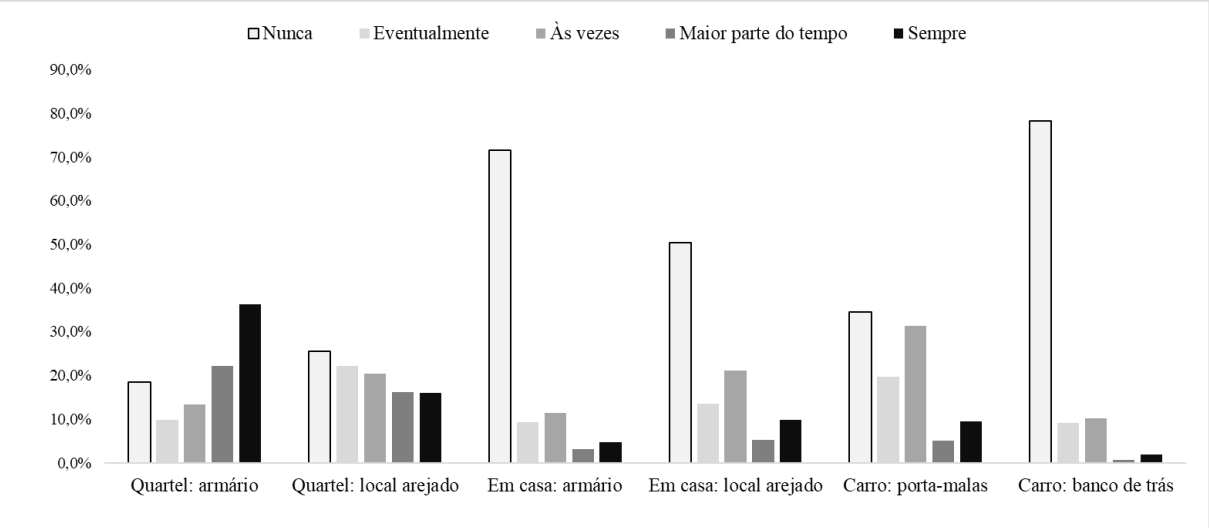
De acordo com os dados, 43,2% da amostra nunca lavam o capacete e 31,6% lavam uma ou duas vezes ao ano. Em relação às botas, 40,6% nunca as lavam e 31,6% lavam uma ou duas vezes ao ano. Em relação às luvas, 24,9% responderam nunca as lavar e 36,3% lavam uma ou duas vezes ao ano. Esses valores podem representar um desconhecimento da necessidade de limpeza desses equipamentos. Stec *et al.* (2018) encontraram presença de HPA em capacetes armazenados em quartéis de bombeiro. Ao analisar capacetes contendo luvas de combate a incêndio estocadas dentro, a concentração de HPAs aumentou cerca de cinco vezes em relação aos capacetes que estavam estocados sem conter luvas.

A frequência de limpeza do conjunto de aproximação é maior do que capacetes, luvas e botas. Contudo, 18,8% dos respondentes alegaram nunca o lavar e 45,8% lavam apenas uma ou duas vezes ao ano. A NFPA 1851 (2020) preconiza pelo menos uma lavagem por semestre, além das lavagens após eventos que ensejam a limpeza avançada. Dessa maneira, considera-se que a frequência de lavagem até duas vezes ao ano é baixa,

visto que apenas 36,6% dos respondentes consideram fator decisório o tempo decorrido. Apesar de a limpeza avançada ser um meio de descontaminação, contaminantes como HPAs não são totalmente eliminados e se acumulam nos equipamentos com o passar do tempo (BANKS *et al.,* 2021). Portanto, é necessário manter fluxos e rotinas que mitiguem o risco.

A figura 2 indica o padrão de comportamento de armazenamento dos EPIs-CIUrb pela tropa:

Figura 2 - Padrão de comportamento de armazenamento dos EPIs-CIUrb pela tropa



Fonte: Elaborado pelos autores.

O lugar com maior frequência onde os militares armazenam os EPIs-CIUrb é no armário do quartel, seguido por local arejado no quartel. Contudo, nota-se que militares ainda transportam e armazenam os equipamentos para sua residência, com predominância para locais arejados. Do total, 4,8% dos respondentes informaram sempre guardar em um armário em casa e 9,7% em local arejado em casa. Kirk e Longan (2015b) citam que a estocagem de materiais contaminados por HPAs em locais sem ventilação podem gerar uma atmosfera com maior concentração de contaminantes. Dessa maneira, são indicados armários com aberturas para circulação das substâncias que sofrem gaseificação. A NFPA 1851 (2020) veda o armazenamento de EPIs-CIUrb na residência do bombeiro. Entretanto, 29,2% dos respondentes informaram que os familiares sempre ou eventualmente têm contato com os EPIs-CIUrb.

Quanto ao transporte, os respondentes afirmaram que armazenam com maior frequência os equipamentos no porta-malas do que no banco de trás. O transporte de EPIs-CIUrb contaminados em veículos particulares pode causar a contaminação de terceiros,

visto que pode haver passagem dos contaminantes para o veículo, conforme os resultados encontrados por Stec *et al.* (2018).

Após uma ocorrência de CIUrb com uso dos EPIs, 62,2% dos militares responderam que normalmente tomam banho e trocam de fardamento, 18,3% tomam banho e vestem o mesmo fardamento e 19,5% lavam apenas as mãos, face ou partes visíveis do corpo ou não têm nenhum cuidado de higiene. Os EPIs-CIUrb formam uma barreira física que pode ser superada pelos subprodutos da combustão (KIRK; LOGAN, 2015a). Dessa forma, a higienização do corpo deve ser completa (BAXTER, 2019) e é indicada a troca e o isolamento do fardamento utilizado na ocorrência (MAGNUSSON; HULTMAN, 2015).

O Major BM Fernando Antônio Holanda Braga Damasceno apresentou, em entrevista, uma alternativa encontrada pela sua corporação. Diante da dificuldade de as unidades realizarem a adequada limpeza dos EPIs-CIUrb, uma lavanderia foi contratada para realizar a limpeza avançada do conjunto de aproximação. O custo desse serviço para a corporação é de R$ 15,00 por conjunto. Cada militar pode lavar seu EPI-CIUrb duas vezes ao ano e uma vez de forma emergencial. É possível limpezas adicionais com justificado motivo. Contudo, o oficial superior cita que “outros pilares devem seguir em paralelo a fim de que a mudança cultural seja consolidada, dos quais se pode citar a necessidade constante de treinamento, palestras e sobretudo a rotina de trabalho diária”.

A mudança cultural é um dos paradigmas do modelo sueco, o qual se apresenta como uma solução viável para a realidade operacional do CBMMG. Primeiramente, é necessário fornecer conhecimento sobre os riscos ocupacionais decorrentes do contato constante com os contaminantes oriundos da combustão para gerar uma consciência de risco. Em continuidade, deve-se estabelecer fluxos para que a contaminação seja limitada a corredores e salas específicas, bem como evitar o transporte de materiais contaminados no mesmo compartimento destinado à guarnição, conforme preconiza a POP 01 do Grupo O (MINAS GERAIS, 2020b). Por fim, é necessário fornecer ferramentas para prover meios de descontaminar os EPIs-CIUrb e outros materiais contaminados (MAGNUSSON; HULTMAN, 2015).

A entrevistada 1º Tenente BM Elen Roberta Costa Carvalho desenvolveu um projeto para prover meios de mitigação do contato com riscos químicos na fração. A concepção do projeto teve como catalisador a pandemia da COVID-19, que exigiu da fração um local para desinfecção de viaturas e equipamentos. Houve a percepção da viabilidade de se constituir uma lavanderia no quartel para descontaminação dos EPIs-CIUrb e foi adquirida uma máquina de lavar para tal. Ademais, foram estabelecidos fluxos de modo que os equipamentos contaminados não fossem levados para determinadas áreas do quartel de modo a evitar a contaminação de determinados ambientes e, para isso, criou-se uma sala

de armazenamento de EPIs com armários com ventilação adequada. Esse projeto demonstra a viabilidade da criação de lavanderias nos quartéis do CBMMG.

5 CONCLUSÃO

O trabalho desenvolvido permitiu enumerar os principais riscos químicos depositados em EPIs após o uso em ocorrências de incêndio urbano, possibilitando o amparo científico para o estabelecimento de rotinas e fluxos que mitiguem o contato com esses agentes. Foi possível elaborar uma cartilha de orientação com base no conhecimento produzido. Através do levantamento de dados foi possível compreender o engajamento da tropa com a descontaminação dos EPIs-CIUrb. Além disso, foi possível relacionar as principais doenças ocupacionais que podem decorrer do contato com esses contaminantes.

O levantamento de dados indicou uma não uniformização da tropa nos procedimentos para mitigar o contato com os riscos químicos. Dentre os possíveis motivos, pode-se destacar a falta de conhecimento sobre o tema. Portanto, sugere-se a inserção de um capítulo sobre riscos químicos e descontaminação no Manual de Bombeiros Militar de CIUrb.

O POP 01 do Grupo O é um elemento normativo importante que abriu o campo dos riscos de contaminação com subprodutos da combustão e está alinhada com a NFPA 1851 (2020). Entretanto, a norma não trata do procedimento para limpeza de capacetes, luvas e botas de combate a incêndio, contaminação de viaturas, esguichos, divisor, mangueiras e EPRs, não recomenda o uso de uma máquina de lavar exclusiva para o conjunto de aproximação para evitar contaminação cruzada, não fornece uma ferramenta sistemática para decisão da necessidade de limpeza avançada e não trata da frequência de lavagem necessária. Logo, sugere-se uma atualização do POP 01 de modo a operacionalizá-lo de acordo com a realidade do CBMMG.

Contudo, atualizar a norma não basta para criar uma cultura de maior prevenção contra contaminação com subprodutos da combustão. É imprescindível a criação de projetos para mitigar a contaminação dos bombeiros militares com o estabelecimento de locais adequados para armazenamento dos EPIs-CIUrb e de lavanderias nos quartéis. Nesse contexto, o modelo sueco (MAGNUSSON; HULTMAN, 2015) é um norte que propõe soluções simples e exequíveis.

A cartilha de orientação foi guiada pela base da pirâmide do modelo sueco, produzida com informações sobre as consequências do contato com os riscos químicos depositados em EPIs-CIUrb para elevar a percepção do risco e pelos destaques da etapa da revisão de literatura para mitigar o contato com a ameaça, como forma de treinamento.

Portanto, recomenda-se a ampla divulgação através de meios institucionais eletrônicos, quais sejam: *e-mail* institucional e *intranet*.

Sugere-se para futuras pesquisas o estudo de boas práticas de rotinas que diminuam o risco de contaminação e adaptação para a realidade operacional do CBMMG, bem como a análise dos métodos de descontaminação mais eficientes que diminuam a concentração que persiste nos EPIs-CIUrb.

6 REFERÊNCIAS

BANKS, A. P. W. *et al.* Assessing decontamination and laundering processes for the removal of polycyclic aromatic hydrocarbons and flame retardants from firefighting uniforms. **Environmental Research**, v. 194, 2021. DOI: 10.1016/j.envres.2020.110616.

BAUMGART, B. Z. **Riscos Ocupacionais em Bombeiros da Brigada Militar de Porto Alegre/RS**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Enfermagem) – Escola de Enfermagem, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

BAXTER, C. M. Firefighter exposure: assessing and minimizing dermal risk. **PPE Supplement**, p. 28-30, 2019. Disponível em: https://digital.pennwell.com/pennwellevents/fe_january_2019_ppe?sub_id=8FoeKisB2QWq&pg=28#pg28. Acesso em: 09 maio 2021.

BAXTER, Stuart C. *et al.* Exposure of firefighters to particulates and polycyclic aromatic hydrocarbons. **Journal of occupational and environmental hygiene**, v. 11, n. 7, 2014. DOI:/10.1080/15459624.2014.890286.

BOFFETTA, P. *et al.* Cancer in World Trade Center responders: Findings from multiple cohorts and options for future study. **American journal of industrial medicine**, v. 59, n. 2, 2016. DOI: 10.1002/ajim.22555.

BUTRY, D. T. *et al.* **The Economics of Firefighter Injuries in the United States**. [S. l.]: National Institute Of Standards And Technology, 2019. DOI: 10.6028/NIST.TN.2078.

DANIELS, R. D. *et al*. Mortality and cancer incidence in a pooled cohort of US firefighters from San Francisco, Chicago and Philadelphia (1950–2009). **Occupational And Environmental Medicine**, [s. l.], v. 71, n. 6, 2014. DOI: 10.1136/oemed-2013-101662.

FCSN - FIREFIGHTER CANCER SUPPORT NETWORK. **Taking Action Against Cancer in the Fire Service**. 2013.

FELDMANN, R. J.; MAIBACH, H. I. Regional variation in percutaneous penetration of 14C cortisol in man. **Journal of Investigative Dermatology**, v. 48, n. 2, 1967. DOI: 10.1038/jid.1967.29.

HILL, J.; HANLEY, J. Fluorescent Aerosol Screening Test (FAST) Test Report. **RTI International**, 2015. Disponível em: http://tkolb.net/tra_sch/Cancer/FluorescentAerosolScreening.pdf. Acesso em: 26 jul. 2021.

KEIR, J. L. A. *et al.* Polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) and metal contamination of air and surfaces exposed to combustion emissions during emergency fire suppression:

implications for firefighters' exposures. **Science of the total environment**, v. 698, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.134211.

KIRK, K. M.; LOGAN, M. B. Firefighting instructors' exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons during live fire training scenarios. **Journal of occupational and environmental hygiene**, v. 12, n. 4, 2015a. DOI: 10.1080/15459624.2014.955184.

KIRK, K. M.; LOGAN, M. B. Structural fire fighting ensembles: accumulation and off-gassing of combustion products. **Journal of occupational and environmental hygiene**, v. 12, n. 6, 2015b. DOI: 10.1080/15459624.2015.1006638.

LEMASTERS, G. K. *et al.* Cancer risk among firefighters: a review and meta-analysis of 32 studies. **Journal of occupational and environmental medicine**, v. 48, n. 11, 2006. DOI: 10.1097/01.jom.0000246229.68697.90.

MAGNUSSON, S.; HULTMAN, D. Healthy Firefighters-The Skellefteå Model improves the work environment. **Swedish Civil Contingencies Agency**, 2015.

MATTOS, U.; MÁSCULO, F. (Orgs.). **Higiene segurança do trabalho**. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2011.

MINAS GERAIS. **Constituição do Estado de Minas Gerais**. 28. ed. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 2021.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. Centro Integrado de Informações de Defesa Social (CINDS). **Anuário 2020 CBMMG**. Belo Horizonte: CBMMG, 2021b.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Manual de Bombeiros Militar:** Combate a incêndio urbano. Belo Horizonte: CBMMG, 2020a.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Plano de Comando 2015/2026**. 4. ed. Belo Horizonte: CBMMG, 2021c.

MINAS GERAIS. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais. **Procedimento Operacional Padrão 01:** Cuidados, Inspeção, Higienização e Acondicionamento da Roupa de Proteção para Combate a Incêndio Urbano. Belo Horizonte: CBMMG, 2020b.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 1851, Standard on Selection, Care, and Maintenance of Open-Circuit Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)**. EUA, 2020.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. P. B. **Metodologia de Pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

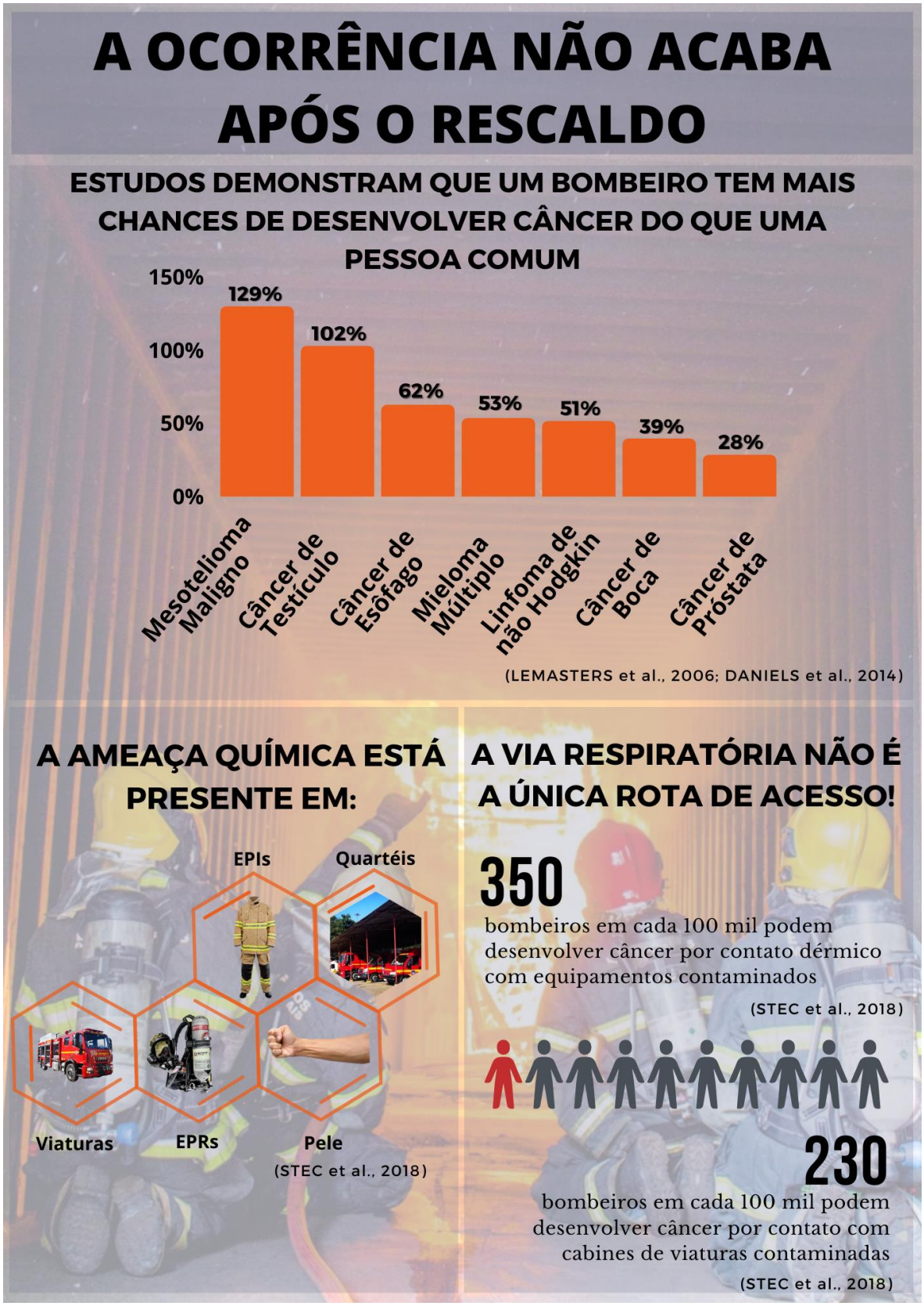
STEC, A. A. *et al.* Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and elevated cancer incidence in firefighters. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, 2018. DOI: 10.1038/s41598-018-20616-6.

STULL, J. O. How Clean Is Clean? A Fire Service Transformation for Adressing PPE Contamination Control. **PPE Supplement,** jan. 2018. Disponível em: https://digital.pennwell.com/pennwellevents/fe_ppe_supp_201801?pg=1#pg1. Acesso em: 09 maio. 2021.

VIEIRA, S. **Como elaborar questionários**. São Paulo: Atlas, 2009.

APÊNDICE ÚNICO

CARTILHA DE ORIENTAÇÃO



ENTRE UM ALARME E OUTRO TODOS SÃO RESPONSÁVEIS POR REDUZIR A CONTAMINAÇÃO DA TROPA

(MAGNUSSON & HULTMAN, 2015)

COMO MINIMIZAR ESSA CONTAMINAÇÃO?

1

Use EPR durante todo o combate

Além da proteção respiratório, a máscara facial fornece uma barreira física que protege da deposição de substâncias na face do combatente (BAXTER, 2019).

2

Tome banho assim que possível

O EPI é uma barreira penetrável pelas moléculas contaminantes e nem sempre deixam manchas no corpo. A ameaça é invisível! (BAXTER, 2019; KIRK & LOGAN, 2015)

3

Armazene os EPIs em local arejado

Estudos demonstram que a gaseificação das substâncias em local fechado gera uma atmosfera de contaminantes mais concentrada (KIRK & LOGAN, 2015).

4

Não guarde luvas em capacetes

Em uma análise de contaminantes em EPIs, a concentração em capacetes que continham luvas foi 5 vezes maior que os armazenados sem as luvas (STEC et al., 2018).

5

Lave todos os equipamentos

Não apenas o conjunto de proteção é contaminado, mas todos os equipamentos que são usados nas ocorrências. Capacetes, luvas, botas, EPRs, mangueiras, divisores e ferramentas também carregam o risco (MAGNUSSON & HULTMAN, 2015).

6

Estabeleça fluxos e rotinas no seu quartel

Determine áreas em que se é proibido transitar com EPIs contaminados. Além disso, transporte materiais contaminados em um local diferente da cabine da viatura (MAGNUSSON & HULTMAN, 2015).