

IMPACTOS À SAÚDE DOS BOMBEIROS MILITARES PELA EXPOSIÇÃO PROLONGADA AO FOGO E À FUMAÇA: RISCOS, DOENÇAS ASSOCIADAS E ESTRATÉGIAS PREVENTIVAS

HEALTH IMPACTS ON MILITARY FIREFIGHTERS DUE TO PROLONGED EXPOSURE TO FIRE AND SMOKE: RISKS, ASSOCIATED DISEASES AND PREVENTIVE STRATEGIES

PAULO DENIZAR ARAÚJO SOUSA

Licenciatura em matemática pela Universidade Federal do Tocantins (UFT)
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/134639057981395>
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-8835-1612>
E-mail: paulodenizar37@gmail.com

PEDRO HENRIQUE MOTA CAETANO

Bacharel em engenharia civil pela Universidade Federal do Tocantins (UFT)
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1346390579813955>
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6172-8229>
E-mail: pedromota@unitins.br

ROSA MARIA DA SILVA LEITE

Bacharel em Direito pela Universidade de Gurupi (Unirg)
Mestranda em Políticas Sociais e Cidadania pela Universidade Católica do Salvador-BA
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0596700336354427>
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3453-818X>
E-mail: rosa.ms@unitins.br

SÁVIO LUIZ DOS SANTOS PRAXEDES

Bacharel em engenharia civil pela Centro Universitário Luterano de Palmas (ULBRA)
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8132172524375293>
ORCID: <http://lattes.cnpq.br/8132172524375293>
E-mail: savioluiz@unitins.br

Resumo: Este estudo investigou os impactos à saúde dos bombeiros militares decorrentes da exposição prolongada ao fogo e à fumaça, identificando riscos, doenças associadas e estratégias preventivas através de pesquisa bibliográfica exploratória baseada na análise sistemática da literatura científica dos últimos 15 anos nas bases PubMed, SciELO e Google Scholar. Os resultados evidenciaram que a exposição prolongada à fumaça associa-se diretamente ao desenvolvimento de doenças respiratórias crônicas como asma ocupacional, DPOC e fibrose pulmonar, com estudos espirométricos demonstrando redução significativa nos parâmetros VEF₁ e CVF mesmo em bombeiros assintomáticos. A exposição a partículas ultrafinas mostrou-se capaz de causar danos ao DNA celular, elevando o risco de neoplasias, sendo a fase pós-incêndio identificada como risco adicional negligenciado. Conclui-se que a exposição ocupacional representa problema grave de saúde pública, exigindo implementação de programas de vigilância pulmonar, revisão de protocolos de EPIs e desenvolvimento de diretrizes específicas para saúde ocupacional desses profissionais.

Palavras-chave: Bombeiros militares. Exposição ocupacional. Doenças respiratórias. Fumaça. Equipamentos de proteção individual.

Abstract: This study investigated the health impacts on military firefighters resulting from prolonged exposure to fire and smoke, identifying main risks, associated diseases, and preventive strategies through exploratory bibliographic research based on systematic analysis of national and international scientific literature from the last 15 years in PubMed, SciELO, and Google Scholar databases. Results demonstrated that prolonged smoke exposure directly associates with the development of chronic respiratory diseases such as occupational asthma, COPD, and pulmonary fibrosis, with spirometric studies showing significant reduction in FEV₁ and FVC parameters even in asymptomatic firefighters. Exposure to ultrafine particles proved capable of causing cellular DNA damage, increasing neoplasia risk, with the post-fire phase identified as additional neglected risk. Although Personal Protective Equipment demonstrates proven efficacy, inadequate use due to discomfort and operational limitations compromises expected protection. The study concludes that occupational exposure of military firefighters represents a serious public health problem, requiring implementation of active pulmonary function surveillance programs, review of PPE protocols, regular training, and development of specific occupational health guidelines for these professionals.

Keywords: Military firefighters. Occupational exposure. Respiratory diseases. Smoke. Personal protective equipment.

Introdução

Os bombeiros militares desempenham um papel essencial na segurança pública, atuando diretamente na proteção de vidas e patrimônios. No entanto, o exercício dessa profissão envolve exposição constante a riscos extremos, especialmente durante o combate a incêndios, quando estão sujeitos a altas temperaturas, fumaça densa e substâncias tóxicas que podem comprometer sua saúde física e mental (Santos; Santos Júnior, 2022).

A exposição prolongada ao fogo e à fumaça, rica em partículas finas e substâncias tóxicas como monóxido de carbono e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, representa uma ameaça grave à saúde respiratória e cardiovascular dos bombeiros (Gomes, 2020; Oliveira; Moraes, 2019). Estudos apontam que, mesmo em bombeiros assintomáticos, há evidências de alterações espirométricas e danos celulares. Soma-se a isso uma cultura institucional que valoriza a resistência física e emocional, o que frequentemente leva à negligência dos primeiros sinais de adoecimento (Silva; Freitas, 2022).

Diante desse contexto, as principais perguntas que norteiam este estudo são: Qual a relação entre a exposição prolongada ao fogo e à fumaça e o desenvolvimento de doenças respiratórias e cardiovasculares em bombeiros militares? Quais são os fatores de risco que contribuem para a ocorrência dessas doenças ocupacionais? Quais estratégias preventivas podem ser adotadas para mitigar esses riscos?

O objetivo central deste artigo é investigar os efeitos de longo prazo na saúde dos bombeiros militares, especialmente aqueles decorrentes da exposição frequente ao fogo e à fumaça durante o exercício da profissão. A intenção é compreender de que forma esses agentes impactam a saúde física dos profissionais ao longo do tempo, identificando os principais riscos envolvidos nessa exposição contínua.

De forma mais específica, o estudo busca analisar a ocorrência de doenças respiratórias e cardiovasculares entre os bombeiros, que estão entre os problemas de saúde mais comuns associados ao ambiente de trabalho desses profissionais. Além disso, pretende-se investigar os fatores de risco que contribuem para o desenvolvimento dessas doenças, considerando aspectos como o tempo de exposição, a intensidade das atividades, a frequência das ocorrências e o uso adequado dos equipamentos de proteção. Por fim, o artigo visa propor estratégias de prevenção, tanto individuais quanto coletivas, que contribuam para a redução dos impactos negativos à saúde, promovendo melhores condições de trabalho e segurança para esses profissionais.

A relevância do tema é evidente, uma vez que a profissão de bombeiro militar, essencial para a sociedade, ainda enfrenta desafios significativos relacionados à saúde e segurança ocupacional (Brewster et al., 2025; Pinto, 2022). Além disso, a carência de estudos nacionais que abordem especificamente os impactos da exposição prolongada à fumaça reforça a necessidade de ampliar o conhecimento sobre o tema, subsidiando políticas públicas de prevenção e suporte à saúde desses profissionais.

O tema escolhido para este artigo é de extrema importância para a sociedade, uma vez que trata dos impactos à saúde dos bombeiros militares, que exercem uma atividade de risco e de grande relevância para a segurança e bem-estar da população. Além disso, a exposição prolongada ao fogo e à fumaça pode gerar diversos riscos e doenças aos profissionais, afetando diretamente a sua qualidade de vida e capacidade de atuação.

Ademais, a maioria das pesquisas existentes se concentra em outros aspectos da profissão, como o treinamento e a gestão de riscos, deixando em segundo plano as questões relacionadas à saúde desses profissionais. Diante disso, torna-se essencial a realização de uma pesquisa que aborde a temática dos impactos à saúde dos bombeiros militares, com o intuito de contribuir para a prevenção de riscos e o desenvolvimento de estratégias que promovam a saúde e a qualidade de vida desses profissionais. Também, é importante destacar que, com o aumento da ocorrência de desastres naturais e acidentes, a exposição dos bombeiros militares ao fogo e à fumaça tende a ser cada vez mais frequente, tornando ainda mais urgente a investigação sobre o tema.

Outro ponto relevante deste estudo é o fato de que os bombeiros militares, por exercerem uma atividade de risco, estão mais suscetíveis a desenvolverem doenças relacionadas à exposição ao fogo e à fumaça, como problemas respiratórios, cardíacos e emocionais. Além disso, existe uma

cultura de resistência por parte desses profissionais em buscar ajuda médica e reconhecerem os sinais e sintomas de possíveis doenças, o que pode agravar ainda mais a situação.

Portanto, é necessário que haja uma maior atenção e cuidado com a saúde dos bombeiros militares, garantindo a preservação da sua integridade física e mental. A realização deste artigo tem como objetivo contribuir para um maior conhecimento e conscientização sobre os riscos e doenças associadas à exposição prolongada ao fogo e à fumaça, bem como para a elaboração de estratégias preventivas que possam minimizar esses impactos e promover uma melhor qualidade de vida para esses profissionais.

Metodologia

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica de caráter exploratório e descritivo, fundamentada na análise sistemática da literatura científica nacional e internacional sobre os impactos à saúde dos bombeiros militares decorrentes da exposição prolongada ao fogo e à fumaça.

A coleta de dados foi realizada por meio de consultas às bases científicas PubMed, SciELO, Google Scholar e repositórios institucionais de universidades e corporações de bombeiros militares. Utilizaram-se os seguintes descritores, combinados por operadores booleanos (AND/OR): “bombeiros militares”, “exposição à fumaça”, “doenças respiratórias ocupacionais”, “equipamentos de proteção individual”, “incêndios florestais”, “saúde ocupacional”, bem como seus equivalentes em inglês: “firefighters”, “smoke exposure”, “occupational respiratory diseases”, “personal protective equipment”, “wildfire”, “occupational health”.

O recorte temporal adotado compreendeu o período de 2010 a 2025, justificado pela necessidade de contemplar estudos atualizados e alinhados às transformações recentes nas práticas operacionais, protocolos de segurança e avanços na saúde ocupacional.

Foram incluídos no corpus da pesquisa artigos científicos publicados em periódicos revisados por pares, dissertações e teses de programas de pós-graduação, trabalhos de conclusão de curso de academias militares, relatórios técnicos de órgãos oficiais, além de estudos epidemiológicos e experimentais que abordassem diretamente os riscos ocupacionais dos bombeiros militares. Foram excluídas publicações anteriores a 2010, estudos que não tratassem especificamente da exposição ocupacional de bombeiros, artigos sem fundamentação científica adequada, publicações duplicadas e trabalhos indisponíveis na íntegra.

A análise dos dados foi conduzida por meio de análise de conteúdo temática, permitindo a categorização das informações em cinco eixos principais: (i) tipos de exposição (urbana e florestal); (ii) doenças associadas (respiratórias, cardiovasculares e neoplásicas); (iii) fatores de risco (tempo de exposição, intensidade das atividades, uso de EPIs); (iv) eficácia dos equipamentos de proteção; e (v) estratégias preventivas (individuais e institucionais). Os achados foram sintetizados de forma narrativa, com foco na identificação de padrões recorrentes, lacunas no conhecimento e tendências emergentes na literatura científica sobre o tema.

Referencial Teórico

Antes de se adentrar nas referências, é fundamental reconhecer a existência de duas modalidades predominantes de incêndio, os incêndios urbanos e florestais, cada um com características intrínsecas que impactam diretamente as estratégias de proteção e os equipamentos utilizados pelos bombeiros.

Nos incêndios urbanos, que se originam em estruturas edificadas ou em veículos, ocorre a queima de uma variedade de materiais, desde componentes sintéticos até madeiras e outros combustíveis presentes nas construções. Essa diversidade gera um incêndio com alta concentração de fumaça e uma complexa composição química repleta de gases tóxicos, como o monóxido de carbono e hidrocarbonetos, o que demanda a máxima proteção do sistema respiratório.

Por essa razão, o uso do SCBA (*Self Contained Breathing Apparatus*) é imprescindível. Esse equipamento, composto por uma máscara facial de alta filtragem acoplada a cilindros de ar

comprimido, permite que os profissionais atuem com segurança em ambientes de baixa visibilidade, mitigando os riscos de intoxicação e inalação de agentes nocivos conforme discutido por Gomes (2020) e evidenciado nos estudos de Santos e Santos Júnior (2022).

Em contrapartida, os incêndios florestais apresentam um comportamento distinto, ocorrendo a partir da queima da biomassa natural (árvores, arbustos e vegetação rasteira) e geralmente se desenvolvem em áreas abertas. Nesses cenários, embora a ventilação natural possibilite uma maior dispersão da fumaça, a combinação de uma extensão temporal e espacial prolongada acentua a exposição contínua dos bombeiros a compostos tóxicos.

Devido a esse panorama e à dificuldade de empregar o SCBA de forma eficaz em operações que demandam mobilidade em grandes áreas, os profissionais frequentemente recorrem ao uso de máscaras com filtros específicos. Esses dispositivos, ainda que ofereçam uma proteção compatível com as condições de campo, não replicam a eficiência do SCBA em ambientes urbanos com alta densidade de fumaça, exigindo um ajuste dos protocolos operacionais para adequar a proteção às reais condições do incêndio. Esse cenário foi destacado por Alcântara (2024) e corroborado pelas observações de Silva e Freitas (2022), demonstrando como as limitações operacionais e as características ambientais determinam a adequação dos equipamentos de proteção individual a cada tipo de incêndio.

Para compreender plenamente os riscos enfrentados pelos bombeiros, é imprescindível fundamentar essa compreensão na teoria do fogo, que descreve o incêndio como uma reação química exotérmica. Essa reação envolve a interação indispensável entre três elementos essenciais, o combustível, que oferece a matéria-prima para a combustão; o calor, que inicia e sustenta o processo; e o comburente, geralmente o oxigênio presente no ar, um conjunto de componentes frequentemente representado pelo “triângulo do fogo” (Levin, 2001).

Em situações reais, contudo, essa reação raramente se completa de forma ideal, devido à variação na disponibilidade e na proporção desses elementos. Essa combinação imperfeita propicia a combustão incompleta, originando a formação de fumaça.

A fumaça, nesse contexto, apresenta-se como uma mistura complexa e multifásica composta por partículas sólidas e líquidas, incluindo fuligem e pequenas gotículas de produtos voláteis, além de uma variedade de gases tóxicos como o monóxido de carbono e o cianeto de hidrogênio, entre outros compostos potencialmente prejudiciais.

Levin (2001) define essa fumaça como “a suspensão no ar de partículas sólidas e/ou líquidas resultantes da pirólise ou combustão de materiais”, ressaltando a natureza heterogênea e traíçoeira desse subproduto da combustão. Esse alerta se torna ainda mais contundente quando se considera que estudos indicam que até 76 % das mortes em incêndios urbanos estão associadas à inalação desses agentes tóxicos, e não unicamente às queimaduras causadas pelo fogo.

O autor assegura ainda que a composição da fumaça, a qual varia conforme o tipo de material em combustão, a intensidade do calor e as condições de ventilação, concentra compostos irritantes, corrosivos e até cancerígenos, o que evidencia a necessidade de estratégias rigorosas de proteção e monitoramento para preservar a saúde dos profissionais que atuam nessas condições.

A exposição contínua às intensas fontes de calor e à complexa mistura de fumaça durante as operações de combate a incêndios desencadeia uma série de reações fisiológicas e bioquímicas no organismo dos bombeiros militares. Estudos recentes de Busatto (2025) e de Carlos, Bomfim e Pavanello (2025) demonstram que a inalação prolongada de fumaça, que é rica em partículas finas e monóxido de carbono, atua como um potente agente irritante e inflamador das vias aéreas.

Esse processo inflamatório crônico eleva significativamente o risco de desenvolvimento de doenças respiratórias, destacando-se a asma ocupacional, que surge pela resposta inflamatória repetitiva dos pulmões, e a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), marcada por um declínio progressivo na capacidade de fluxo de ar e danos estruturais ao tecido pulmonar. Esses estudos reforçam a necessidade de estratégias preventivas robustas e monitoramento médico contínuo para minimizar os impactos da exposição prolongada à fumaça na saúde dos profissionais.

A pesquisa de Oliveira e Moraes (2019) evidencia que a inalação de substâncias tóxicas durante as investigações pós-incêndio não é um risco esporádico, mas sim um fator de perigo contínuo para a saúde pulmonar dos bombeiros. Durante esta fase, os profissionais se deparam com a presença de resíduos tóxicos resultantes da combustão, os quais incluem uma variedade de

gases voláteis e partículas finas que se suspenderam no ar, ambientes estes em que muitas vezes os protocolos de proteção respiratória são insuficientes ou inadequadamente aplicados.

Silva (2019) amplia essa perspectiva ao destacar que a exposição a agentes tóxicos não se restringe ao combate direto das chamas, mas se estende para além desse momento, perdurando durante a fase de perícia dos incêndios. Nesse contexto, os bombeiros que participam das investigações pós-incêndio enfrentam condições críticas, pois permanecem em contato com resíduos tóxicos sem a proteção ideal dos equipamentos de proteção individual (EPIs). Essa persistente exposição, frequentemente desconsiderada ou subestimada pelos próprios profissionais, tem o potencial de causar efeitos cumulativos prejudiciais à saúde respiratória, contribuindo para a insidiosa deterioração da função pulmonar ao longo do tempo.

Ademais, Silva (2019) ressalta que a ausência de protocolos rigorosos para a descontaminação dos equipamentos e a inconsistência no uso dos EPIs durante essas operações elevam significativamente o risco de danos pulmonares. Essa combinação de fatores (a continuidade da exposição a agentes nocivos, a ineficiência nos procedimentos de descontaminação e o uso inadequado dos mecanismos de proteção) consagra a atividade de perícia pós-incêndio como uma das mais perigosas para a integridade do sistema respiratório dos bombeiros.

A literatura internacional amplia significativamente a compreensão dos riscos ocupacionais enfrentados pelos bombeiros, oferecendo diversas perspectivas que enriquecem o debate. Panumasivat et al. (2024) investigaram os impactos diretos da matéria particulada, especialmente a fração menor que 2,5 micrômetros (PM2.5), na função pulmonar.

Esses estudos demonstraram que a exposição persistente a essas partículas finas em ambientes com fumaça densa não só compromete a capacidade respiratória, mas também pode induzir danos ao DNA das células pulmonares, sugerindo uma trajetória de deterioração laboratorial que se correlaciona com o aumento do risco de doenças respiratórias graves.

Adicionalmente, Brewster et al. (2025) trazem à tona a problemática dos efeitos agudos em contraste com os crônicos decorrentes da exposição prolongada. Segundo esses autores, embora os efeitos imediatos como irritação e inflamação das vias aéreas sejam frequentemente diagnosticados e tratados, ainda existem importantes lacunas na pesquisa quanto aos impactos a longo prazo dessa exposição. Essa incerteza reforça a necessidade de um acompanhamento médico contínuo para os bombeiros, o que permitiria a detecção precoce de alterações subclínicas e a implementação de intervenções preventivas de forma tempestiva.

Complementando esse quadro, estudos como os de Feary et al. (2025) apontam que os profissionais envolvidos em operações de grandes incêndios podem apresentar uma probabilidade significativamente elevada de desenvolver câncer, em virtude de uma combinação de fatores tóxicos e do efeito cumulativo de inalação de agentes químicos nocivos. Esses estudos sublinham a importância de programas de rastreamento regular e exames periódicos, visando identificar, de forma precoce, quaisquer sinais de transformação maligna no organismo dos bombeiros.

Juntas, essas contribuições internacionais evidenciam a complexidade dos efeitos da exposição a ambientes com fumaça densa, ressaltando a necessidade de políticas de saúde ocupacional que contemplam tanto o monitoramento contínuo quanto estratégias de mitigação dos riscos a longo prazo.

Parâmetros espirométricos são medidas obtidas por meio da espirometria, que é um exame que avalia a função pulmonar, especialmente o fluxo de ar que entra e sai dos pulmões. Esses parâmetros ajudam a diagnosticar, acompanhar e avaliar doenças respiratórias, como asma, DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica), fibrose pulmonar, entre outras (França; Luisi, 2017).

França e Luisi (2017) demonstraram, por meio de uma análise minuciosa desses parâmetros, que os bombeiros expostos de forma contínua a ambientes com fumaça, partículas finas e inúmeros gases tóxicos sofrem um comprometimento significativo na função pulmonar, mesmo quando nenhum sintoma clínico evidente manifesta-se inicialmente.

Os pesquisadores mensuraram variáveis como o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF_1) e a capacidade vital forçada (CVF), constatando reduções graduais nesses índices, o que sinaliza a presença de um processo silencioso e progressivo de deterioração respiratória.

Além desse aspecto, os estudos sugerem que a constante exposição a agentes irritantes interfere na integridade das vias aéreas e na elasticidade dos pulmões, promovendo uma inflamação

crônica que, aos poucos, pode levar à fibrose pulmonar ou a outras condições incapacitantes. Essa inflamação, embora inicialmente subclínica, manifesta-se por meio de alterações detectadas apenas por meio de exames quantitativos e não por sintomas perceptíveis pelo profissional, o que torna o monitoramento periódico uma ferramenta crucial na prevenção de complicações mais graves.

Diante desse cenário, o estudo enfatiza a necessidade de implementação de estratégias preventivas específicas para os bombeiros, entre as quais se destacam: a realização de avaliações regulares da função pulmonar para detectar precocemente qualquer declínio, o uso rigoroso e contínuo dos equipamentos de proteção individual (EPIs), como máscaras de alta eficiência e sistemas de ventilação assistida, e a criação de programas estruturados de reabilitação respiratória, focados especialmente em profissionais com maior tempo de serviço. Essas medidas não apenas visam preservar a capacidade funcional dos pulmões, mas também atuam na mitigação dos riscos a longo prazo, permitindo intervenções terapêuticas que possam retardar a progressão das alterações pulmonares.

Os resultados obtidos por França e Luisi (2017) reforçam a importância de um monitoramento de saúde que vá além da abordagem reativa e passe a ser preventiva, com o objetivo de garantir que os bombeiros possam atuar com segurança, minimizando os danos cumulativos decorrentes de sua exposição em ambientes adversos. A detecção precoce dos danos e a intervenção adequada podem evitar que os comprometimentos iniciais se transformem em doenças crônicas que afetem significativamente a qualidade de vida desses profissionais tão essenciais para a sociedade.

Além dos aspectos físicos, os impactos psicológicos decorrentes da atuação em ambientes de incêndio também se apresentam como um desafio de grande relevância. Estudos de Caumo et al. (2022) demonstram que a exposição prolongada a incêndios não só aumenta a incidência de doenças crônicas, mas também está fortemente associada ao surgimento de transtornos de ansiedade e de estresse pós-traumático. Esses profissionais frequentemente vivenciam cenários de alto risco de forma contínua, o que pode levar a uma condição de hiperestimulação e à persistência de memórias traumáticas, manifestadas por meio de pesadelos, flashbacks e dificuldades significativas na regulação emocional.

Essa vulnerabilidade psicológica é corroborada pelos trabalhos de Weheba et al. (2024), que sublinham a urgência de oferecer suporte psicológico específico para os bombeiros. Conforme esses estudos, a falta de um acompanhamento especializado não só agrava o impacto do estresse crônico acumulado, mas também pode resultar em comportamentos de evitação, isolamento social e até mesmo no desenvolvimento de quadros depressivos.

O contínuo enfrentamento de situações extremas, sem o devido suporte, compromete não apenas a saúde mental, interferindo na capacidade de lidar com o estresse e de manter o funcionamento normal no dia a dia, como também pode influenciar negativamente a performance operacional desses profissionais.

Em adição, os estudos de Brewster et al. (2025) e West et al. (2024) reforçam a necessidade de programas de saúde ocupacional amplos, que integrem medidas de prevenção física e mental. Tais programas devem contemplar, entre outras estratégias, a implementação de sessões regulares de aconselhamento psicológico, treinamentos focados na gestão do estresse e intervenções que promovam a resiliência, visando a mitigação dos danos causados pela repetida exposição a eventos traumáticos.

Ainda, a criação de um ambiente de trabalho que valorize tanto a saúde física quanto a mental é fundamental para prevenir o desenvolvimento de transtornos psicológicos e para garantir que os bombeiros mantenham a capacidade de resposta e enfrentamento em situações críticas.

Desse modo, a conjugação desses dados evidencia que a proteção dos bombeiros deve ser abordada de forma holística. Não basta apenas investir em equipamentos e cuidados voltados para a saúde física, mas é igualmente imperativo oferecer suporte mental e emocional que permita a esses profissionais processarem e gerenciarem as intensas pressões emocionais inerentes ao exercício de suas funções. Essa abordagem integrada não só melhora a qualidade de vida dos bombeiros, mas também potencializa a eficácia de seu desempenho em campo, contribuindo para uma resposta de emergência mais segura e sustentável.

A análise de Anderson e Marchezini (2020) sobre a qualidade do ar em regiões afetadas por incêndios florestais destaca que a poluição gerada por esses eventos possui impactos amplos,

afetando não somente a saúde da população geral residente nas áreas próximas, mas também colocando em risco a integridade física e mental dos profissionais de emergência, como os bombeiros, que atuam diretamente na linha de frente das intervenções. Os dados revelam que os níveis elevados de partículas em suspensão, associados a gases tóxicos oriundos da combustão da biomassa, perpetuam um cenário de risco respiratório e cardiovascular, impactando significativamente a qualidade do ar e ampliando a carga tóxica nos ambientes afetados.

Esse contexto preocupante reforça a urgência de implementação de políticas públicas robustas e integradas, que visem reduzir a exposição a esses poluentes e, assim, proteger os profissionais que enfrentam condições de trabalho extremamente adversas. Tais políticas deveriam incluir o aprimoramento dos sistemas de monitoramento da qualidade do ar, a definição de diretrizes específicas para o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) em áreas de alto risco e a promoção de intervenções preventivas que garantam tanto a saúde dos bombeiros quanto a segurança da comunidade local. Além disso, a adoção de medidas educativas e treinamentos continuados pode contribuir para a conscientização dos riscos e para a melhoria dos protocolos operacionais durante as emergências.

Diante desses desafios, os trabalhos de Anderson e Marchezini (2020) evidenciam a necessidade de uma abordagem multidisciplinar na formulação de estratégias de mitigação, envolvendo não apenas a esfera da saúde pública, mas também setores relacionados à gestão ambiental e à segurança do trabalho. Essa integração é crucial para estabelecer medidas que, em conjunto, possam minimizar os efeitos negativos da poluição, promover a saúde dos profissionais de emergência e, ao mesmo tempo, proteger a população exposta, contribuindo para a construção de um ambiente mais seguro e resiliente frente aos desafios impostos pelos incêndios florestais.

Chakr e Sav (2024), em uma revisão sistemática abrangente, evidenciam a eficácia dos equipamentos de proteção individual (EPIs) no enfrentamento dos riscos químicos e físicos inerentes às operações de incêndio. Eles demonstram que o uso correto de EPIs, que inclui desde máscaras de alta eficiência para proteção respiratória até roupas e equipamentos que minimizam a exposição a agentes tóxicos e calor extremo, pode reduzir significativamente a inalação de substâncias nocivas e mitigar lesões diretas durante o combate ao fogo.

No entanto, os benefícios desses equipamentos só se concretizam quando há uma abordagem contínua e integrada voltada para a segurança dos bombeiros. Estudos de Ocampos (2024) e Souza (2020) ressaltam que a eficácia dos EPIs depende fundamentalmente de treinamentos constantes e da implementação de protocolos de segurança rigorosos.

Esses treinamentos permitem que os profissionais se familiarizem com as melhores práticas de uso, assegurando que os equipamentos sejam utilizados corretamente mesmo em condições adversas e sob alta pressão de tempo. Além disso, a definição clara e a atualização regular dos protocolos de segurança garantem que as medidas de proteção se adaptem aos desafios emergentes, promovendo uma resposta rápida e eficaz (Ocampos, 2024; Souza, 2020).

Ademais, a manutenção de programas de monitoramento contínuo da saúde dos bombeiros é imprescindível para identificar precocemente possíveis efeitos adversos decorrentes da exposição aos riscos ocupacionais. Ao incorporar avaliações periódicas e o acompanhamento de indicadores de saúde, é possível ajustar as estratégias preventivas e intervir de forma oportuna, reduzindo os danos a longo prazo e assegurando a integridade física e mental dos profissionais.

Em suma, a conjugação do uso eficaz dos EPIs com treinamentos, protocolos bem definidos e um sistema robusto de monitoramento da saúde constitui uma abordagem integral para a proteção dos bombeiros no ambiente de alto risco representado pelos incêndios.

No contexto brasileiro, os estudos de Gomes (2020) e Alcântara (2024) destacam de forma enfática a importância do uso de equipamentos de proteção individual (EPIs), com especial atenção para as máscaras com filtros destinadas ao combate a incêndios florestais. Esses equipamentos são considerados fundamentais para reduzir significativamente a inalação de substâncias tóxicas presentes na fumaça, protegendo os bombeiros dos riscos químicos envolvidos durante as operações. Segundo esses estudos, o uso correto dos EPIs não só minimiza a exposição a agentes agressivos, como também aumenta a segurança dos profissionais em ambientes de alta toxicidade e calor intenso.

Entretanto, apesar da reconhecida importância dos EPIs, evidências apontadas por Silva e

Freitas (2022) demonstram que a eficácia desses equipamentos frequentemente é comprometida devido a dois fatores principais: a utilização inadequada e o desconforto experimentado durante as operações. Quando os dispositivos não são usados de maneira correta ou quando sua ergonomia não atende às necessidades dos profissionais em condições extremas, a proteção oferecida pode ser significativamente reduzida. Esse descompasso entre a tecnologia disponível e a aplicação prática ressalta a necessidade de aprimoramento constante dos equipamentos, bem como de adaptações que promovam maior conforto e usabilidade.

Além disso, a falta de treinamentos regulares intensifica essa vulnerabilidade. A ausência de programas de atualização e capacitação contínua impede que os bombeiros se familiarizem com as melhores práticas de utilização dos EPIs e com os procedimentos necessários para uma proteção eficaz em diversas emergências. Essa combinação de equipamentos inadequados ou desconfortáveis e a carência de treinamentos sólidos agrava a exposição dos bombeiros aos riscos ocupacionais, aumentando a probabilidade de lesões e comprometimentos à saúde a longo prazo.

Portanto, os estudos apontam para a urgência de uma abordagem integrada, que não só invista na tecnologia e na qualidade dos EPIs, mas que também reforce a capacitação constante dos profissionais, garantindo que as medidas de proteção se adequem às exigências operacionais e às condições adversas do ambiente de trabalho. Essa abordagem holística é crucial para reduzir as vulnerabilidades e assegurar que os bombeiros possam desempenhar suas funções com o máximo de segurança e eficácia.

Resultados

A análise da literatura científica revelou padrões consistentes de comprometimentos fisiológicos entre bombeiros militares expostos prolongadamente ao fogo e à fumaça, com destaque para agravos respiratórios, cardiovasculares e genéticos.

Estudos como os de França e Luisi (2017) e Panumasvivat et al. (2024) apontam uma relação direta entre a inalação crônica de fumaça e o desenvolvimento de doenças como asma ocupacional, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), fibrose pulmonar e redução da função pulmonar mesmo em indivíduos assintomáticos. Os dados espirométricos indicam queda significativa nos parâmetros de VEF₁ e CVF, evidenciando um processo insidioso de deterioração respiratória. Complementarmente, Busatto (2025) e Carlos, Bomfim e Pavanello (2025) associaram o uso inadequado de máscaras em incêndios florestais a quadros de inflamação pulmonar crônica, com evolução para alterações estruturais irreversíveis no tecido pulmonar.

A literatura destaca que a fase de perícia e rescaldo representa um risco adicional frequentemente negligenciado. Silva (2019) e Oliveira e Moraes (2019) evidenciam que, mesmo após a extinção do fogo, os bombeiros permanecem expostos a gases voláteis e partículas finas sem proteção adequada, favorecendo efeitos cumulativos sobre a função pulmonar.

A eficácia dos EPIs, especialmente das máscaras com filtros e dos aparelhos de respiração autônoma (SCBA), mostrou-se determinante para a mitigação dos riscos. No entanto, estudos de Silva e Freitas (2022), Gomes (2020) e Alcântara (2024) apontam que o uso inadequado, o desconforto físico e a limitação de mobilidade comprometem a adesão dos profissionais. A carência de treinamentos atualizados também foi identificada como fator agravante.

Dados de Panumasvivat et al. (2024) e Feary et al. (2025) demonstram que a exposição prolongada a partículas ultrafinas (PM2.5) pode causar danos ao DNA das células pulmonares, elevando o risco de desenvolvimento de câncer entre bombeiros que atuam em áreas com alta densidade de fumaça. Esses estudos reforçam a importância do monitoramento contínuo da saúde desses profissionais e da implementação de estratégias rigorosas de proteção respiratória.

Discussões e Considerações Finais

Os resultados desta pesquisa evidenciam que a exposição prolongada dos bombeiros militares ao fogo e à fumaça, especialmente em ambientes ricos em compostos tóxicos, configura um grave problema de saúde pública e ocupacional. A literatura científica analisada demonstra que

essa exposição está diretamente associada ao desenvolvimento de doenças respiratórias crônicas, como asma ocupacional, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC) e fibrose pulmonar, além de alterações espirométricas significativas mesmo em profissionais assintomáticos, indicando processos subclínicos e progressivos.

Outro achado relevante diz respeito ao risco aumentado de neoplasias respiratórias, especialmente câncer de pulmão, decorrente da inalação de partículas ultrafinas (PM2.5) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Esses agentes, ao se alojarem nos alvéolos pulmonares, podem provocar danos genéticos e alterações celulares irreversíveis, conforme demonstrado por estudos recentes.

A pesquisa também identificou limitações operacionais no uso dos Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), como máscaras filtrantes e aparelhos de respiração autônoma (SCBA). Embora sua eficácia seja comprovada, fatores como desconforto, restrição de mobilidade e ausência de treinamentos regulares comprometem a adesão dos profissionais e reduzem a proteção esperada. Especial atenção deve ser dada à fase pós-incêndio, como perícias e investigações, nas quais os bombeiros permanecem expostos a resíduos tóxicos sem o uso adequado dos EPIs, agravando os riscos à saúde.

Diante desse cenário, torna-se imprescindível a adoção de medidas práticas e estruturais que promovam a proteção integral dos bombeiros militares. Recomenda-se:

- A implementação de programas de vigilância ativa da função pulmonar, com exames espirométricos periódicos, inclusive para profissionais assintomáticos;
- A revisão e padronização dos protocolos de uso de EPIs, com adaptações específicas para diferentes contextos operacionais e incorporação de tecnologias mais ergonômicas;
- A realização de treinamentos obrigatórios e contínuos sobre segurança respiratória, uso correto dos EPIs e procedimentos de descontaminação pós-incêndio;
- O desenvolvimento de diretrizes nacionais voltadas à saúde ocupacional dos bombeiros, com foco na prevenção de doenças crônicas relacionadas à inalação de fumaça;
- A criação de bancos de dados institucionais que integrem indicadores clínicos, tempo de exposição e frequência de ocorrências, subsidiando decisões administrativas e políticas públicas.

Conclui-se que a atuação dos bombeiros em ambientes com fumaça densa não deve ser encarada como um risco pontual, mas como uma exposição crônica e sistemática a agentes nocivos. A proteção à saúde desses profissionais deve ser incorporada às estruturas organizacionais e às políticas públicas com a mesma prioridade dedicada à resposta às emergências, garantindo condições dignas e seguras para o exercício da profissão.

Referências

ALCÂNTARA, Letícia de Paula Zimer. Procedimento de descontaminação de viaturas utilizadas no combate a incêndio urbano. **Trabalho de conclusão de curso — Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Academia de Bombeiro Militar, Curso de Formação de Oficiais**, 2024.

ANDERSON, Liana; MARCHEZINI, Victor. Mudanças na exposição da população à fumaça gerada por incêndios florestais na Amazônia: o que dizem os dados sobre desastres e qualidade do ar? **Saúde em Debate**, v. 44, p. 284–302, 2020.

BREWSTER, L. Madden *et al.* CardioRespiratory Effects of Wildfire Suppression (CREWS) study: an experimental overview. **Frontiers in Public Health**, v. 13, 2025.

BUSATTO, Rafael Commim. Proteção respiratória no combate a incêndios florestais: análise comparativa entre máscaras e bandanas sob a perspectiva do Corpo de Bombeiros Militar do Paraná. **Brazilian Journal of Development**, v. 11, n. 2, 25 fev. 2025.

CARLOS, Taiane Maria Valente; BOMFIM, Giovanna Pierote; PAVANELLO, Andrei. Novos dispositivos de fumaça: implicações sob uso crônico. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 8, n. 2, 4 abr. 2025.

CAUMO, Sofia *et al.* Impactos na saúde humana causados pela exposição a incêndios florestais: as evidências obtidas nas últimas duas décadas. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 30, p. 182–218, 16 fev. 2022.

CHAKR, Nicole; SAV, Adem. The role of personal protective equipment (PPE) in reducing firefighter exposure to chemical hazards: A systematic review. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 21, n. 11, p. 831–841, 23 nov. 2024.

FEARY, Johanna *et al.* **Assessment of cancer biomarkers in the Grenfell firefighter cohort study. Sci Rep**, 2025. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12059041>>

FRANÇA, Marcelo da Rosa; LUISI, Fernanda. Análise da função pulmonar dos bombeiros efetivos da cidade de Torres e Terra de Areia/RS: estudo controlado de caráter transversal. **Revista Flammae: Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco**, dez. 2017.

GOMES, Hugo Batista. Utilização de máscaras com filtro em incêndio florestal: uma aplicação ao Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. **Trabalho de conclusão de curso — Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Academia de Bombeiro Militar, Curso de Formação de Oficiais**, 2020.

LEVIN, Barbara C. Smoke and Combustion Products. **Patty's Toxicology**, 16 abr. 2001.

OCAMPOS, Marcelo Sampaio. AVALIAÇÃO DO RISCO PARA A SAÚDE DE BOMBEIROS EXPOSTOS AO FUMO DA QUEIMA DE LENHA E CARVÃO DURANTE INCÊNDIOS FLORESTAIS. **Periódico**, 2024.

OLIVEIRA, Tiago Lucian de; MORAES, Wagner Alberto de. Riscos decorrentes do não uso ou uso inadequado da proteção respiratória na investigação de incêndio. **Revista Ignis**, 2019.

PANUMASVIVAT, Jinjuta *et al.* Exploring the adverse effect of fine particulate matter (PM2.5) on wildland firefighters pulmonary function and DNA damage. **Scientific reports**, v. 14, n. 1, p. 7932, 4 abr. 2024.

PINTO, Edson Cláudio Mesquita. Brado de alerta: sobrevida e causa mortis dos bombeiros militares na inatividade. **Revista Flammae: Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco**, v. 9, n. 25, p. 9–42, 2022.

SANTOS, José Genilson dos; SANTOS JÚNIOR, Ziraldo dos. Análise sobre a proteção respiratória do combatente de incêndios florestais. **Trabalho de conclusão de curso — Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Academia de Bombeiro Militar, Curso de Formação de Oficiais**, 2022., 2022.

SILVA, Guilherme Messias da; FREITAS, Raquel Oliveira Nascimento de. Avaliação da necessidade da implementação de um programa de prevenção de lesões e doenças acometidas em instrutores bombeiros militares da grande área de combate à incêndio urbano do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. **Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Formação de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal**, 2022.

SILVA, Thiara Elisa da. Avaliação da exposição tóxica durante a perícia de incêndios urbanos pelo CBMDF. **Trabalho de conclusão de curso — Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Academia de Bombeiro Militar, Curso de Formação de Oficiais**, 2019., 2019.

SOUZA, Michel Aquino de. Proteção respiratória do combatente de incêndio florestal. **Revista Flammae: Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco**, 2020.

WEHEBA, Ahmed *et al.* **Respiratory Diseases Associated With Wildfire Exposure in Outdoor Workers. J Allergy Clin Immunol Pract**, 2024. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1016/j.jaip.2024.03.033>>

WEST, Molly *et al.* A review of occupational exposures to carcinogens among wildland firefighters. **Journal of occupational and environmental hygiene**, v. 21, n. 10, p. 741–764, 2 out. 2024.

Recebido em 14 de outubro de 2025.
Aceito em 15 de dezembro de 2025.