

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA - FEF
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO-SENSU* EM
EDUCAÇÃO FÍSICA**

**TENDÊNCIAS TEMPORAIS DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA
E DA COMPOSIÇÃO CORPORAL DE BOMBEIROS MILITARES
BRASILEIROS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PRINCÍPIOS
FISIOLÓGICOS E OCUPACIONAIS**

Rosenkranz Maciel Nogueira

**Brasília-DF
2023**

**TENDÊNCIAS TEMPORAIS DA APTIDÃO CARDIORRESPIRATÓRIA
E DA COMPOSIÇÃO CORPORAL DE BOMBEIROS MILITARES
BRASILEIROS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PRINCÍPIOS
FISIOLÓGICOS E OCUPACIONAIS**

Rosenkranz Maciel Nogueira

Exame de tese de doutorado, apresentado ao Programa de Pós-Graduação *Stricto-Sensu* em Educação Física, da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília, como requisito para obtenção do doutorado em Educação Física.

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ GUILHERME GROSSI PORTO

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus por todas as graças alcançadas durante a minha jornada na Universidade de Brasília. “Pedi e fui atendido, busquei e encontrei, bati a porta e ela se abriu, pois, todo aquele que pede recebe e quem busca acha” (Mt 7, 7-12).

Gratidão ao Comando do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal que sempre abriu as portas para as pesquisas com a Universidade de Brasília. Servi ao Corpo de Bombeiros por 30 anos e sei por experiência própria quão desafiadora é essa profissão. Na verdade, considero-a um sacerdócio, dada a dedicação dessa nobre instituição à prestação de serviços à sociedade.

Meus agradecimentos à Universidade de Brasília-UnB, por todo suporte à pesquisa junto ao Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, sempre buscando a excelência da pesquisa para proporcionar melhor qualidade de vida aos cidadãos. Nesta Universidade, idealizada por Darcy Ribeiro, achei as respostas para melhoria da condição física e melhoria da qualidade de vida dos bombeiros. A parceria entre a Universidade e o CBMDF colhemos muitos frutos produzidos nos trabalhos desenvolvidos, entre os quais destaco: a participação em três Simpósios Internacionais – SISAF; a participação no SENABOM – Seminário Internacional de Bombeiros realizados em Goiás, Paraíba e Paraná; uma entrevista na TV UnB, tempo de apresentação 21min 50seg. – com o tema, Diálogos: Saúde e aptidão física na Segurança Pública; as apresentações em congressos do CELAFISC – Centro de Estudos do Laboratório de Aptidão Física de São Caetano e do ACSM – *American College of Sports Medicine*; o desenvolvimento da pesquisa em parceria da UnB - SKIDMORE COLLEGE – Saratoga Springs NY – onde atuei como pesquisador associado no Departamento de Saúde e Ciências Fisiológicas Humanas – Coordenado pela professora Doutora Denise Smith, durante período de doutorado Sanduíche e as palestras ministradas no CBMDF para oficiais, praças e profissionais de saúde do Corpo de Bombeiros. Todas as ações realizadas sempre buscando a melhoria da qualidade de vida e o bem-estar no ambiente de trabalho destes nobres heróis do fogo, que têm como lema “Vidas alheias e riquezas salvar”.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao meu orientador, o Professor Doutor Luiz Guilherme Grossi Porto, cuja excelência em pesquisa é acompanhada por uma inteligência acima da média e uma humildade que é admirável para todos os seus alunos e aqueles que têm o privilégio de compartilhar de seus ensinamentos. Mestre, agradeço sinceramente por todos os ensinamentos e paciência que teve comigo ao longo dos mais de sete anos que estive na Universidade. Para mim, o senhor será sempre o nosso Comandante, General de quatro estrelas, e receba minha continência em sinal de respeito.

Também gostaria de agradecer à Professora Doutora Denise Smith pelo seu inestimável apoio e orientação durante meu tempo no Laboratório do Skidmore College, onde pude aprender sobre as pesquisas desenvolvidas nos Estados Unidos voltadas para os bombeiros. Sou grato a Deus por colocar pessoas boas em minha jornada de vida e a Professora Denise é como um anjo disfarçado de humano, cujas asas foram trocadas por pernas para tornar meu caminho mais suave. Obrigado, Professora!

Meus agradecimentos também se estendem ao Professor Dr. Molina, por seus ensinamentos durante as reuniões do GEAFS e sua devoção à pesquisa. Ele é um exímio professor, sempre fornecendo orientações inteligentes e precisas nos debates dos artigos.

Ao Professor Dr. Américo, agradeço por sempre estar disponível para contribuir com as atividades do GEAFS, sendo um professor de excelência e com uma humildade peculiar dos bons mineiros.

Agradeço de coração à minha mãe Leticia Ferreira Pires, heroína, amiga que sempre me deu apoio, na minha jornada de vida. Até hoje tenho na minha mente o meu primeiro dia de aula, quando era aluno da primeira série do ensino fundamental quando estava lá segurando a minha mão, lembra Mãe? Estava inseguro com o ambiente desconhecido, mas, sempre com palavras sábias, dizia que a escola era a oportunidade de mudança na vida de pessoas pobres.

Aos meus filhos por toda parceria e ensinamentos que vocês proporcionam na minha vida, Brunna, Natália e Daniel, tornando-a mais leve e com mais pureza. A minha neta Laura, muito pura nas palavras e ações, sempre que está com uma roupa

nova, evita os meus abraços, nas palavras dela, para não “amarrotá-la”. Acho o máximo.

Agradecimentos aos amigos Daniel R.F. Saint-Martin e Kevin Alves que contribuíram muito na minha pesquisa. Eu estava com várias planilhas de dados coletados dos testes de aptidão física dos Bombeiros Militares do Distrito Federal. Mais de sessenta mil dados foram tabulados, em um trabalho árduo, mas, o suporte desses pesquisadores tornou o meu caminho mais leve, sempre incentivando nos momentos de maiores tribulações. Desejo sucesso a ambos na jornada acadêmica.

Eu, na realidade, me separei das pessoas mais próximas para me encontrar na Universidade e agora me separo do ambiente acadêmico para me reencontrar. Assim é a nossa jornada terrena, é sempre um reencontro. Um fraternal abraço a todos os colegas e professores que compartilharam comigo na vida acadêmica.

DEDICATÓRIA

Durante o serviço noturno, uma guarnição de bombeiros foi convocada para entrar em forma para que fosse feita a conferência dos militares que estavam de serviço. O corneteiro realizou vários toques para colocá-los em forma, e imediatamente todos se concentraram nas instruções do serviço para a noite. Em seguida o comandante de socorro iniciou a chamada e, em um tom firme, chamou o nome: "Sargento Maciel!" Rapidamente, o militar respondeu: "PRESENTE!"



Dedico esta pesquisa ao meu pai (*in memoriam*), Eugênio Maciel, que foi bombeiro militar em Belo Horizonte. Desde criança eu escutava as histórias das rotinas do quartel: o hasteamento do pavilhão Nacional, a troca de serviço das alas, a manutenção dos equipamentos e os brados da sirene quando saíam para o socorro. Infelizmente perdi meu pai, o velho sargentão, faleceu com um infarto fulminante no ano de 1985, perdi meu herói.

Algum tempo depois ingressei no Corpo de Bombeiros, adotei o nome de guerra, Maciel, em homenagem ao meu pai. Realizei um sonho e dei prosseguimento à corrida da vida. O meu

Pai tombou, mas passou o bastão para que eu pudesse continuar a corrida pela vida. Agradeço a Deus todos os dias por ter concedido essa dádiva de servir a essa nobre Corporação que tem como lema: "**Vidas alheias e riquezas a salvar**".

Grande sertão veredas

“O correr da vida embrulha tudo,
a vida é assim: esquenta e esfria,
aperta e daí afrouxa,
sossega e depois desinquieta.
O que ela quer da gente é coragem.
O que Deus quer é ver a gente
aprendendo a ser capaz
de ficar alegre a mais,
no meio da alegria,
e inda mais alegre
ainda no meio da tristeza!
A vida inventa!
A gente principia as coisas,
no não saber por que,
e desde aí perde o poder de continuação
porque a vida é mutirão de todos,
por todos remexida e temperada.
O mais importante e bonito, do mundo, é isto:
que as pessoas não estão sempre iguais,
ainda não foram terminadas,
mas que elas vão sempre mudando.
Afinam ou desafinam. Verdade maior.
Viver é muito perigoso; e não é não.
Nem sei explicar estas coisas.
Um sentir é o do sentente, mas outro é do sentidor.”

João Guimarães Rosa

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E SÍMBOLOS	10
RESUMO	12
1 INTRODUÇÃO.....	16
2 OBJETIVOS	24
2.1 OBJETIVO GERAL	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3 REVISÃO DA LITERATURA	25
3.1 CORPO DE BOMBEIROS - ASPECTOS HISTÓRICOS	25
3.2 A IMPORTÂNCIA DA APTIDÃO CARDIORESPIRATÓRIA	33
3.2.1 NFPA e a Importância do Padrão Mínimo de 12 MET	37
3.4 AS EXIGÊNCIAS LABORAIS DIÁRIAS DA PROFISSÃO DE BOMBEIRO E SUAS RELAÇÕES COM A APTIDÃO FÍSICA.....	45
3.5 A IMPORTÂNCIA DA ADEQUADA COMPOSIÇÃO CORPORAL.....	50
3.6 RISCO CARDIOVASCULAR DA PROFISSÃO	58
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	68
4.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA.....	69
4.3 PROTOCOLOS DE PESQUISA	71
4.3.1 População pesquisada.....	71
4.4 CUIDADOS ÉTICOS	72
4.5 DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS E FORMAS DE ANÁLISE	73
5 RESULTADOS	76
6 DISCUSSÃO.....	84
7 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES PRÁTICAS.....	95
8 REFERÊNCIAS	97

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Classificação do IMC em adultos.....	55
Tabela 2	Classificação da aptidão cardiorrespiratória dos homens por idade segundo as categorias de Cooper, expressa tanto em VO2máx quanto em METs.....	74
Tabela 3	Estatísticas descritivas dos participantes e comparação entre os anos de 2006 e 2018.....	76
Tabela 4	Análise de frequência absoluta e relativa do IMC, ACR segundo padrões fixos e ajustados por idade ao longo dos anos.....	77
Tabela 5	Análise da frequência absoluta e relativa da associação entre obesidade e ACR segundo diferentes padrões de classificação (classificação fixa e ajustada por idade) nos anos de 2006 e 2018.....	79
Tabela 6	Coeficientes da análise de regressão linear retrospectiva do comportamento da ACR ao longo dos anos em diferentes classificações de IMC em 2018.....	80
Tabela 7	Comparações dos valores de ACR ao longo dos anos em diferentes classificações de IMC em 2018.....	81
Tabela 8	Médias Marginais Estimadas valores de ACR ao longo dos anos em diferentes classificações de IMC em 2018.....	81
Tabela 9	Risco de obesidade de acordo com diferentes classificações de aptidão física.....	82
Tabela 10	Relação entre a ACR e o risco para obesidade.....	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>Firemen at Work</i> , 1733, ilustração de 1887, mostrando o trabalho dos bombeiros nos Estados Unidos.....	26
Figura 2	Incêndio do Recolhimento de Nossa Senhora do Parto, 1789, óleo sobre tela, de João Francisco Muzzi.....	29
Figura 3	Índice de morte por doenças cardíacas entre bombeiros nos Estados Unidos durante o plantão de serviço.....	60
Figura 4	Modelo simplificado de alterações estruturais e funcionais que, em associação com características individuais e da tarefa a ser executada, podem resultar em eventos cardiovasculares súbitos durante atividades laborais de bombeiros.....	64
Figura 5	Modelo teórico da sobrecarga cardiovascular em bombeiros	65
Figura 6	Etapas do protocolo de pesquisa.....	72
Figura 7	Classificação da aptidão cardiorrespiratória usando padrões fixos e ajustados por idade antes e após 12 anos.....	78
Figura 8	Análise longitudinal retrospectiva do comportamento da ACR ao longo dos anos em diferentes classificações de IMC em 2018.....	80
Figura 9	Curva de sobrevivência para indivíduos com a ACR em 2006 classificada sem ajuste por idade.....	82
Figura 10	Curva de sobrevivência para indivíduos com classificação de ACR ajustada pela idade em 2006.....	83

LISTA DE SIGLAS, ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

a.C.	Antes de Cristo
ACSM	<i>American College of Sports Medicine</i>
ACR	Aptidão Cardiorrespiratória
APF	Aptidão Física
ATP	Enzimas que fornecem energia para o funcionamento das células
AVC	Acidente Vascular Cerebral
BM	Bombeiro
bpm	Batimentos por minuto
CBMDF	Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal
CEP-FS-UnB	Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília
CID	Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde
DAC	Doença arterial coronariana
dBA	Decibéis
DCC	Doença Cardíaca Coronária
DCNTs	Doenças crônicas não transmissíveis
DCV	Doenças cardiovasculares
DISAU	Diretoria de Saúde do CBMDF
DXA	Dupla energia de raios-X
EPIs	Equipamentos de Proteção Individual
EUA	Estados Unidos da América
FC	Frequência cardíaca
HDL	Colesterol de lipoproteína de baixa densidade
=	Igual a
IMC	Índice de Massa Corporal
Kg	Quilo
kg/m ²	Quilograma por metro quadrado
<	Menor que
≥	Maior ou igual a

MET	Equivalente Metabólico
mL	mililitro
mL(kg.min	mililitros por quilo, por minuto
mmHg	milímetros de mercúrio
MSC	Morte Súbita Cardíaca
NCFC	National Commission on Fire and Control
NFPA	<i>National Fire Protection Association</i>
NHANES	<i>National Health and Nutrition Examination Survey</i>
NHMRC	<i>National Health and Medical Research Council</i>
NVFC	<i>National Volunteer Fire Council</i>
O ₂	Oxigênio
OMS	Organização Mundial de Saúde
OR	<i>odds ratio</i>
SM	Síndrome Metabólica
TAF -	Teste de Aptidão Física
USFA	United States Fire Administration
VIGITEL	Sistema de Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico
VO ₂ máx	Volume de oxigênio máximo
WHO	<i>World Health Organization</i>

RESUMO

Introdução: Os bombeiros são reconhecidos por desenvolverem diversas atividades profissionais de risco, associadas a elevadas demandas físicas e psicológicas. Devido à natureza do trabalho, é esperado que os bombeiros possuam adequado nível de aptidão física. A Associação Nacional de Proteção contra Incêndios dos Estados Unidos (NFPA) recomenda um padrão mínimo de aptidão cardiorrespiratória (ACR) de 12,0 METs para garantir que os bombeiros possam realizar suas funções com segurança e eficácia. No entanto, esse padrão não leva em conta as diferenças de aptidão física entre os sexos e o declínio natural da aptidão física com o envelhecimento. **Objetivos:** O objetivo deste estudo foi descrever as mudanças longitudinais da composição corporal e da aptidão cardiorrespiratória de bombeiros militares (BMs) do sexo masculino. Objetivou-se ainda comparar a prevalência de bombeiros considerados aptos/inaptos do ponto de vista da ACR com base nos padrões fixo (12,0 MET) e ajustado para a idade. **Materiais e Métodos:** Realizou-se estudo de tendência temporal entre BMs do sexo masculino do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF), com base nos Testes de Aptidão Física realizados entre 2006 e 2018, que englobaram 64.039 avaliações físicas. Desses dados, foram incluídos todos os BMs do sexo masculino com dados válidos de ACR e IMC em todos os anos de seguimento. Assim, foram avaliados 1327 bombeiros ao longo de 12 anos, representando 27% da população atual de BMs do sexo masculino do CBMDF. Empregou-se teste-t pareado para comparar mudanças na ACR e na composição corporal. Para analisar o tamanho do efeito, foi utilizado o teste d de Cohen. Pelo padrão fixo, os participantes com ACR <12,0 MET ou $\geq 12,0$ MET foram classificados como inaptos ou aptos. Para o padrão ajustado para a idade, empregou-se a classificação de Cooper, agrupando-se as categorias superior, excelente e bom como “aptos” e regular, ruim e muito ruins como inaptos. Empregou-se $IMC \geq 30,0$ kg/m² para definir a obesidade. Para comparar as prevalências foi utilizado o teste de McNemar. Para verificar o comportamento da ACR ao longo dos anos em diferentes classificações de IMC de maneira longitudinal foi realizado uma regressão linear com dados em painel. Para verificar o risco de desenvolver obesidade foi realizado uma análise de sobrevivência com o uso das curvas de Kaplan-Meier para a comparação de variáveis e pontos de corte, e a regressão de Cox foi usada para determinar a independência e a significância da ACR no tempo até o desfecho obesidade. As diferenças foram consideradas estatisticamente significativas ao nível de 5%. Empregou-se estatística R (versão 4.2) e o *software* JAMOVI (versão 2.2.5). **Resultados:** Observou-se redução significativa da ACR e um aumento do IMC entre esses BMs de meia-idade durante o período de doze anos ($p < 0,001$). A prevalência de bombeiros obesos aumentou significativamente no período de análise, assim como a prevalência de BMs classificados como inaptos, tanto de acordo com o padrão fixo de 12 METS), quanto com o padrão ajustado por idade ($p < 0,001$). Após o intervalo de 12 anos, a chance do bombeiro se tornar obeso foi de 22,5 (11,1 - 45,7) vezes maior. No que diz respeito à ACR, foi observado que após 12 anos a chance de se tornar inapto, pelo critério fixo, foi 6,1 (4,8 - 7,9) vezes maior, ao passo que quando a idade é levada em consideração, essa chance foi 2,7 (2,2 - 3,3) vezes maior. Os BMs com ACR <12 METs em 2006 apresentaram um risco de 2,48 vezes para obesidade, em comparação com aqueles com ACR superior. No modelo corrigido pela idade, o risco manteve-se significativo HR = 2,07 (1,67-2,57). Observou-se ainda que um aumento de 1 MET reduziu em 28% o risco de o BM se tornar obeso. **Conclusão:** Houve um declínio significativo da ACR e um aumento no IMC entre bombeiros militares brasileiros de meia-idade do sexo masculino durante ao longo de 12 anos. Quando a ACR foi categorizada com base em um padrão fixo de 12,0 MET ou com base em categorias ajustadas para a idade, a porcentagem de bombeiros inaptos após o período de acompanhamento de 12 anos diminuiu

significativamente. Evidenciou-se a importância de estabelecer uma abordagem que combine as demandas ocupacionais específicas, priorizando as exigências laborais, juntamente com uma abordagem que respeite preceitos fisiológicos de correção para a idade. Em suma, os resultados deste estudo têm implicações significativas para a saúde e o bem-estar dos bombeiros, bem como para a organização e planejamento das corporações de bombeiros. É fundamental que sejam adotadas medidas abrangentes e adaptativas para lidar com os desafios decorrentes do envelhecimento desses profissionais, garantindo assim a segurança e o desempenho eficiente de suas funções, essenciais para a sociedade.

Palavras-Chave: Bombeiro militar; IMC, ACR; NFPA.

ABSTRACT

Introduction: Firefighters are recognized for their involvement in various high-risk professional activities associated with physical and psychological demands. Due to the nature of their work, firefighters are expected to maintain adequate physical fitness. The National Fire Protection Association (NFPA) in the United States recommends a minimum cardiorespiratory fitness (CRF) standard of 12.0 METs to ensure firefighters can perform their duties safely and effectively. However, this standard does not account for gender differences in physical fitness or the natural decline in fitness with aging. **Objectives:** The aim of this study was to describe the longitudinal changes in body composition and cardiorespiratory fitness among male military firefighters (FF). Additionally, we sought to compare the prevalence of firefighters classified as fit/unfit based on CRF using both fixed (12.0 METs) and age-adjusted standards. **Materials and Methods:** A longitudinal trend study was conducted among male FF from the Military Fire Department of the Federal District (CBMDF) using physical fitness tests conducted between 2006 and 2018, which included 64,039 physical evaluations. From these data, all male FF with valid CRF and body mass index (BMI) data in all follow-up years were included, resulting in the evaluation of 1,327 firefighters over a 12-year period, representing 27% of the current male FF population in CBMDF. Paired t-tests were used to compare changes in CRF and body composition, while Cohen's d-test was used to assess effect size. According to the fixed standard, participants with CRF <12.0 METs or ≥ 12.0 METs were classified as unfit or fit, respectively. For the age-adjusted standard, Cooper's classification was used, grouping superior, excellent, and good categories as "fit" and fair, poor, and very poor as unfit. Obesity was defined as BMI ≥ 30.0 kg/m². McNemar's test was used to compare prevalence estimates. A longitudinal panel data linear regression analysis was performed to investigate the relationship between CRF and different BMI classifications over the years. Survival analysis using Kaplan-Meier curves was conducted to assess the risk of developing obesity, and Cox regression was used to determine the independence and significance of CRF in relation to the time until the obesity outcome. Differences were considered statistically significant at the 5% level. R software (version 4.2) and JAMOVI software (version 2.2.5) were used for statistical analysis. **Results:** A significant decline in CRF and an increase in BMI were observed among middle-aged FF over the twelve-year period ($p < 0.001$). The prevalence of obese firefighters increased significantly, as did the prevalence of unfit FF based on both the fixed (12 METs) and age-adjusted standards ($p < 0.001$). After the twelve-year interval, the odds of a firefighter becoming obese were 22.5 (11.1-45.7) times higher. Regarding CRF, the chance of becoming unfit, based on the fixed criterion, was 6.1 (4.8-7.9) times higher after 12 years, while considering age, this chance was 2.7 (2.2-3.3) times higher. FF with CRF <12 METs in 2006 had a 2.48-fold increased risk of obesity compared to those with higher CRF. In the age-adjusted model, the risk remained significant (HR=2.07, 1.67-2.57). Furthermore, it was observed that a 1 MET increase reduced the risk of a firefighter becoming obese by 28%. **Conclusion:** There was a significant decline in CRF and an increase in BMI among middle-aged Brazilian male military firefighters over a 12-year period. When CRF was categorized based on a fixed standard of 12.0 METs or age-adjusted categories, the percentage of unfit firefighters decreased significantly after the 12-year follow-up period. The findings highlight the importance of establishing an approach that combines specific occupational demands, prioritizing job requirements, along with an approach that respects physiological age adjustment principles. In summary, the results of this study have significant implications for the health and well-being of firefighters, as well as for the organization and planning of firefighting corporations. It is essential to adopt comprehensive and adaptive measures to

address the challenges arising from the aging of these professionals, thus ensuring their safety and efficient performance of their essential societal functions.

Keywords: Military firefighter; BMI; CRF; NFPA.

1 INTRODUÇÃO

A profissão de bombeiro militar é caracterizada por atividades fisicamente exigentes, como extinção de incêndios, salvamentos e atendimento a emergências médicas. Devido às exigências físicas do trabalho, é esperado que esses profissionais possuam elevado condicionamento físico, particularmente no que tange à aptidão cardiorrespiratória (ACR) e à composição corporal (ABAD *et al.*, 2016; KALES; SMITH, 2017; SMITH *et al.*, 2016). Estudo publicado em 2010 observou-se, por exemplo, uma demanda energética aproximadamente dez vezes maior que a de repouso (10 equivalentes metabólicos – MET) durante uma atividade profissional simulada que incluía subir cinco andares de escada, resgatar uma vítima desacordada e descer de volta com a vítima utilizando equipamento de proteção individual (WILLIAMS-BELL *et al.* 2010). Neste contexto, é necessário ainda considerar a forte associação entre a ACR e a composição corporal entre esses profissionais. Estudo com bombeiros brasileiros identificou chances entre 2.9 e 8.1 vezes de bombeiros não atingirem a $ACR \geq 12$ METs quando apresentavam piores indicadores de composição corporal (NOGUEIRA *et al.*, 2016).

Diversos estudos investigando diferentes atividades de bombeiros observam situações similares, ou seja, associando bons indicadores de ACR e composição corporal tanto com o melhor desempenho profissional quanto com melhores indicadores de saúde cardiometabólica entre os profissionais (BAUR; CHRISTOPHI; KALES, 2012; KISS *et al.*, 2014; SOTHMANN *et al.*, 1992; VICENTE; HERRERO; PRIETO, 2021; XU *et al.*, 2020). Assim, as evidências suportam a necessidade de que o bombeiro possua uma boa aptidão física, suficientemente superior ao exigido pelas atividades laborais de rotina. A *National Fire Protection Association* (NFPA) dos Estados Unidos estabelece um padrão mínimo de ACR de 12,0 MET para que os bombeiros possam desempenhar suas atividades de forma adequada e segura (NFPA, 2022). No entanto, esse padrão é fixo e, portanto, não leva em consideração o declínio natural da ACR esperado com o avanço da idade, nem o aperfeiçoamento técnico e amadurecimento do bombeiro ao longo dos anos, o que permitiria que realizassem seu trabalho com menor gasto energético (POPLIN *et al.*, 2014; BAUR *et al.*, 2012; PRIETO *et al.*, 2013; VICENTE; HERRERO; PRIETO, 2021). Além disso, os diferentes componentes da aptidão física se relacionam entre isso e também são

afetados pelo envelhecimento, com um especial destaque para a composição corporal, comumente avaliada pelo Índice Massa Corporal (IMC) (KALES; SMITH, 2017; PORTO *et al.*, 2019).

Assim, é imprescindível a adoção de um critério de avaliação adequado para julgar a adequação da aptidão física nesta categoria profissional. Isso, para que se possa avaliar da melhor forma um grupo de trabalhadores e guiar intervenções, visando a melhor do condicionamento físico. É importante destacar, que a norma NFPA 1582 - *Standard on Comprehensive Occupational Medical Program for Fire Departments Scope*, que propõe um programa integral de saúde ocupacional para redução de riscos e promoção da saúde e segurança laboral de bombeiros, estabelece padrões para avaliar a aptidão física dos bombeiros nos Estados Unidos. Essa norma fornece diretrizes para avaliar a saúde dos bombeiros e determinar se eles são capazes de realizar suas tarefas com segurança e eficiência. Uma das principais qualidades físicas alvo de preocupação entre bombeiros é a capacidade cardiorrespiratória, já que eles enfrentam situações estressantes e demandas físicas intensas durante suas operações de combate a incêndios e resgates que requerem consumos de oxigênio entre 33.5 e 42.0 mL.kg⁻¹.min⁻¹ (SOTHMANN *et al.*, 1992). É importante observar que ainda inexitem no Brasil normas semelhantes às propostas pela NFPA quanto aos requisitos fundamentais de aptidão física para o desempenho seguro e eficaz das atividades de bombeiros. Por outro lado, estas normas vêm sendo aplicadas, ao menos quanto a referenciais teóricos em diferentes pesquisas com bombeiros em todo o mundo (NOGUEIRA *et al.*, 2016; GAVIN *et al.*, 2018).

No Brasil, as forças militares exigem um nível mínimo de aptidão cardiorrespiratória para a entrada na academia de formação. Embora os requisitos variem de acordo com o gênero, a maioria dos processos seletivos para homens adota o padrão mínimo de 12,0 MET, coincidente como o proposto pela NFPA. No Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF), por exemplo, o nível mínimo de ACR exigido para candidatos do sexo masculino é de 12,0 MET, como consta em edital do concurso realizado em 2016 (DISTRITO FEDERAL, 2016, p. 15). Ao contrário de outras instituições de bombeiros brasileiras e internacionais, os bombeiros do CBMDF realizam anualmente o teste de aptidão física obrigatório durante toda a sua carreira, que inclui exigências mínimas de ACR e da força muscular, ajustados para a idade, além do acompanhamento da composição corporal, que, diferentemente das demais

qualidades físicas, não tem exigência de valores normativos (NOGUEIRA *et al.*, 2016; BRASIL, 2009).

Estudos como os de Porto *et al.* (2019) e Nogueira *et al.* (2016) mostram ACR mediana dos bombeiros brasileiros de 42,4 (18,2 - 64,7) mL(kg.min)⁻¹, sendo que 52,9% apresentaram a ACR superior a 12 METs, valores muito superiores a bombeiros americanos, entre os quais se observou proporção de apenas 38,7% atingindo a recomendação mínima de ACR (POSTON *et al.*, 2011).

Reforça-se que o declínio da ACR e a piora da composição corporal com a idade são uma preocupação importante, uma vez que o consumo de energia e a natureza extenuante do trabalho do bombeiro não diminuem com o tempo. Por isso, é fundamental que os bombeiros mantenham um alto nível de condicionamento físico para atender às demandas de um trabalho extenuante e perigoso. A aptidão cardiorrespiratória (ACR) está diretamente relacionada ao desempenho das funções de um bombeiro e é fundamental para promover a segurança e a saúde no trabalho (HAWKINS; WISWELL, 2003; ROSS *et al.* 2016).

Em um estudo foi constatado que a ACR dos bombeiros norte-americanos com média de idade de 39 anos excedeu o requisito da NFPA (ACR média = 49,6 mL.kg⁻¹.min⁻¹). Para bombeiros entre 20 e 29 anos, a ACR foi de 48,0 mL.kg⁻¹.min⁻¹, sendo de 28,3 mL.kg⁻¹.min⁻¹ para aqueles entre 60 a 69 anos. A redução média foi de 10% por década (KAMINSKY; MYERS; ARENA, 2015).

Estudos transversais de ACR em bombeiros norte-americanos, do sexo masculino, relataram valores médios de ACR abaixo do limite da NFPA em indivíduos com mais de 40 anos (BAUR *et al.* 2012). No entanto, esse declínio relacionado à idade na ACR pode ser atenuado pela manutenção do IMC inferior a 30 (kg/m²) (BAUR; CHRISTOPHI; KALES, 2012). Esse resultado sugere que a composição corporal, especificamente o excesso de gordura corporal, pode afetar negativamente a relação entre idade e ACR.

Um segundo problema envolvendo a medida de ACR, que não será abordado diretamente por esta tese de doutorado, é a sua forma de mensuração. Naturalmente, para a avaliação de muitas pessoas em curto espaço de tempo, são mais indicados métodos indiretos que otimizam tempo e custos. Existem várias maneiras de se avaliar a aptidão cardiorrespiratória dos militares, como aquelas apontadas na Norma NFPA 1582 e o Teste de Cooper. Esta última consiste em um teste de resistência

cardiorrespiratória que envolve correr a máxima distância possível em 12 minutos. Embora a Norma NFPA 1582 e o Teste de Cooper sejam úteis, é importante considerar a idade do indivíduo ao escolher o teste adequado (ACSM, 2018; COOPER, 1968).

Como mencionado, a Norma NFPA 1582 estabelece um padrão de 12 MET como valor mínimo para a aptidão cardiorrespiratória dos bombeiros nos Estados Unidos (NFPA, 2022). Essa norma estabelece requisitos para avaliar a saúde cardiorrespiratória dos bombeiros, incluindo testes de capacidade pulmonar, testes de esforço cardiopulmonar e exames médicos regulares. No entanto, é importante destacar mais uma vez que esta recomendação da NFPA 1582 não leva em consideração nem a idade nem o sexo para avaliações durante a carreira profissional. No caso do Brasil, e mais especificamente no Distrito Federal, o CBMDF adota o teste de Cooper de 12 minutos para avaliar a ACR, com valores mínimos de exigência ajustados para homens e mulheres e para cada faixa etária.

Considerando que bombeiros com idade mais avançada podem apresentar limitações físicas, aumento do IMC e lesões que afetam sua aptidão cardiorrespiratória, o uso exclusivo da Norma NFPA 1582, que estabelece um padrão mínimo de 12 METs para a ACR, pode não ser o mais adequado para garantir uma avaliação precisa do desempenho desses indivíduos na atividade operacional. Portanto, parece plausível a utilização de padrões mínimos nos testes de avaliação física que levem em conta as diferenças de sexo e o declínio esperado com a idade na aptidão física, com destaque para a aptidão cardiorrespiratória e na piora na composição corporal, usualmente identificada por aumento do IMC (BAUR *et al.*, 2012). Assim, visando garantir a adequada avaliação de bombeiros e bombeiras, e o consequente aproveitamento do bombeiro mais experiente na atividade operacional, faz-se necessária a investigação do impacto dos requisitos mínimos de aptidão física ao longo da carreira. Em outras palavras, parece-nos fundamental buscar formas de conciliar a perspectiva das demandas ocupacionais (o que favorece o estabelecimento de requisitos mínimos com valores fixos, pensados a partir das demandas profissionais) e aquele fundamentado nos preceitos da fisiologia, que indicam a necessidade de ajustes dos requisitos mínimos para sexo e idade.

Vale ressaltar que a avaliação da aptidão física, especificamente a ACR, é um importante critério de seleção para ingresso nas forças de segurança pública. No

Brasil, nesse processo seletivo, aplica-se com bastante frequência o teste de Cooper, que consiste em uma corrida de 12 minutos, devendo o indivíduo alcançar uma distância mínima, usualmente estabelecida em 2400 metros para homens (DISTRITO FEDERAL, 2016, p. 15). Observa-se que a referida norma NFPA adota como referência o valor de 12 METs, que corresponde à ACR estimada quando se completam os 2400 metros em 12 minutos (NFPA, 2007).

Quanto à composição corporal, a NFPA não tem um texto específico sobre obesidade em bombeiros americanos, mas aborda o tema de forma geral em seus padrões e normas. A NFPA 1582 estabelece os requisitos médicos para os bombeiros, incluindo as condições que podem limitar a capacidade física do indivíduo para realizar o trabalho, como a obesidade (NFPA, 2022). O padrão recomenda que os bombeiros americanos passem por avaliações médicas regulares e que os médicos estejam cientes das exigências físicas do trabalho para a tomada de decisão. De maneira geral, a obesidade é reconhecida como um problema de saúde importante para os bombeiros, pois pode limitar sua capacidade física e aumentar o risco de doenças relacionadas ao excesso de peso (POSTON *et al.*, 2011; SMITH; PETRUZZELLO, 1998). A NFPA incentiva os departamentos de bombeiros americanos a promoverem a saúde e o bem-estar de seus funcionários, incluindo o incentivo à atividade física e à adoção de hábitos alimentares saudáveis.

Ademais, a baixa ACR torna o bombeiro propenso ao aumento de risco para a obesidade e a síndrome metabólica, que são questões preocupantes não só na população em geral, mas também entre bombeiros (BAUR; CHRISTOPHI; KALES, 2012; NOGUEIRA *et al.*, 2016; STRAUSS *et al.*, 2016). O sucesso e segurança nas operações de bombeiros está relacionado, entre outros fatores, à capacidade física. Na população em geral, a alta aptidão cardiorrespiratória (ACR) tem demonstrado ser um dos mais fortes preditores de sobrevivência, bem como está associado ao menor risco de doenças crônicas não transmissíveis (HASKELL *et al.*, 2007; KUEHL *et al.*, 2013; MYERS *et al.*, 2002; ROSS *et al.*, 2016).

Deste modo, estes profissionais trabalham em ambientes insalubres e o desgaste físico e emocional ao longo da carreira provoca efeitos deletérios na saúde do bombeiro militar (SOTERIADES *et al.*, 2011). Constata-se na literatura, por exemplo, que a morte súbita cardíaca (MSC) é a principal causa de mortes de bombeiros norte-americanos em serviço, sendo responsável por aproximadamente

42% dessas mortes anualmente (FAHY; PETRILLO; MOLIS, 2020; KALES *et al.*, 2007). Sabe-se também da relação entre baixa aptidão física e a obesidade com o aumento das doenças cardiometabólicas, como comentado. Simultaneamente, já está bem documentada a relação entre a pior saúde cardiometabólica com o avanço da idade, tanto na população em geral quanto entre bombeiros (BODE *et al.*, 2021; NORTH; SINCLAIR, 2012). Assim, tem-se um contexto de uma profissão com elevados riscos cardiovasculares intrínsecos à rotina laboral, associados ao avanço natural da idade ao longo da carreira, o que, por sua vez, aumenta ainda mais esse risco. Portanto, torna-se fundamental avaliar adequadamente os critérios mínimos de aptidão física a serem exigidos ao longo da carreira. O declínio da aptidão física relacionado à idade é uma condição fisiológica que acontece com todos os seres humanos, incluindo, é claro, os bombeiros (ROSS *et al.*, 2016). É importante ressaltar que esse declínio também ocorre em bombeiros mais ativos e magros, embora em proporção atenuada (KAMINSKY; MYERS; ARENA, 2019). Vários estudos têm apresentado dados que levantam preocupações em relação à aptidão física de bombeiros e sua composição corporal, apesar das características inerentes ao trabalho. Pesquisa publicada em 2011 demonstra existir elevada prevalência de sobrepeso (79,5%) e obesidade (33,5%) entre bombeiros de carreira norte-americanos. Essa elevada percentagem de bombeiros obesos se mostrou semelhante à população em geral (POSTON *et al.*, 2011), o que também é motivo de preocupação, tendo em vista que as exigências profissionais demandam perfil diferenciado de aptidão física, em comparação com a população em geral.

Destacando ainda mais a importância de uma adequada composição corporal em bombeiros, um estudo observou que o IMC foi identificado como principal preditor de cardiomegalia, marcador clínico de doenças cardiovasculares e MSC, entre bombeiros norte-americanos. (KORRE *et al.*, 2016a). Estudos baseados em séries históricas de relatórios de autópsias de bombeiros de carreira norte-americanos indicam que a cardiomegalia é comum entre bombeiros dos Estados Unidos que faleceram durante o plantão de serviço (SMITH *et al.*, 2018).

O impacto da obesidade na aptidão física e na saúde dos bombeiros é uma preocupação importante. Estudos têm demonstrado que a obesidade pode aumentar o risco de incapacidade de trabalho, reduzir o desempenho no trabalho e até mesmo aumentar a mortalidade em bombeiros norte-americanos, além de estar fortemente

associada à menor ACR (SOTERIADES *et al.*, 2008; MUST *et al.*, 1992; FONTAINE *et al.*, 2003) (NOGUEIRA *et al.*, 2016).

A obesidade é um problema grave de saúde pública que afeta indivíduos de todas as idades, grupos e raças/etnias (MOKDAD *et al.*, 1999; CATERSON; GILL, 2002; FAN *et al.*, 2023; WILSON *et al.*, 2002). Diversas pesquisas têm mostrado fortes associações positivas entre o excesso de peso ou obesidade e diversos resultados adversos à saúde, como hipertensão, dislipidemia, diabetes, doenças cardiovasculares, câncer e outras condições mórbidas, além da mortalidade (MUST *et al.*, 1992; FONTAINE *et al.*, 2003).

Estudo realizado por Soteriades *et al.* (2008) com bombeiros do sexo masculino norte-americanos constatou que os obesos eram mais propensos a desenvolver incapacidade de trabalho ao longo do tempo. O aumento de uma unidade no Índice de Massa Corporal foi associado a um aumento de 5% no risco de incapacidade no trabalho, enquanto bombeiros com $IMC \geq 30$ kg/m² tiveram duas vezes (98%) mais chances de experimentar um evento adverso na atividade operacional do que seus colegas com IMC inferior a 27,2 kg/m². Os autores apontam que bombeiros dos Estados Unidos demonstraram que a obesidade está associada com menor desempenho de trabalho, maior limitação de trabalho, reclamações trabalhistas mais altas, aposentadoria por invalidez, pensão por invalidez e mortalidade.

Além disso, em um relatório sobre incapacidade de curto e longo prazo no local de trabalho, os autores apresentaram uma associação positiva com a obesidade, enquanto aqueles com excesso de peso tiveram a menor duração média de incapacidade. Nesta mesma linha, relataram que trabalhadores obesos foram significativamente mais propensos a perda de produtividade, enquanto os trabalhadores com excesso de peso tiveram a menor perda de produtividade (RICCI; CHEE, 2005).

Embora a NFPA publique recomendações para avaliações de serviço de linha de base e adequação periódica, a fim de garantir o desempenho adequado e seguro do trabalho dos bombeiros, as diretrizes atuais não consideram a obesidade extrema (Classe III) como uma condição desqualificante em relação à aptidão para a atividade operacional (NFPA, 2022). É importante destacar que é esperado que os bombeiros realizem tarefas manuais difíceis com alto gasto de energia em curto prazo em casos de emergência. Dessa forma, a obesidade pode prejudicar o desempenho dos

bombeiros e ter efeitos deletérios sobre sua saúde e/ou segurança (KALES *et al.*, 1999). Ainda, nesta mesma linha, Soteriades *et al.* (2008) constataram que bombeiros norte-americanos com IMC entre 25 e 28,5 tiveram o menor risco de incapacidade no trabalho, comparativamente àqueles com IMC mais elevado (≥ 30 kg/m²).

Por fim, outro aspecto importante a ser considerado ao analisar as mudanças relacionadas à idade na aptidão cardiorrespiratória (ACR) entre os bombeiros é o fato de que muitos deles estão estendendo sua carreira profissional. Walker *et al.* (2014) relataram que bombeiros australianos tiveram sua idade de aposentadoria aumentada de 55 para 65 anos. No Brasil, um fenômeno semelhante ocorreu em 2019, quando o tempo mínimo de serviço para aposentadoria aumentou de 30 para 35 anos (BRASIL, 2019). Uma consequência natural dessa tendência é que as Corporações de bombeiros tendem a ter mais bombeiros trabalhando além dos 50 e 60 anos. Essa situação exige ainda mais atenção para a necessidade de ajustes nos planejamentos estratégicos e na avaliação das tendências temporais de ACR e composição corporal desta categoria profissional, além de reflexões sobre a fundamentação técnica-científica para a definição de critérios mínimos de aptidão física ao longo da carreira.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a tendência temporal da aptidão cardiorrespiratória e da composição corporal em uma coorte de bombeiros brasileiros do sexo masculino, durante um período de doze anos (2006 - 2018).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a prevalência de bombeiros militares considerados aptos empregando-se como critério mínimo um valor fixo de aptidão cardiorrespiratória ou valores ajustados por idade, em uma coorte de bombeiros brasileiros do sexo masculino durante um período de doze anos (2006 - 2018).
- Comparar a prevalência de bombeiros obesos em uma coorte de bombeiros militares brasileiros do sexo masculino durante um período de doze anos (2006 - 2018).
- Investigar a relação da ACR e o IMC em uma coorte de bombeiros militares brasileiros do sexo masculino.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CORPO DE BOMBEIROS - ASPECTOS HISTÓRICOS

A origem dos Corpos de Bombeiros remonta à época em que o homem começou a empregar o fogo. A primeira organização de combate ao fogo de que se tem notícia surgiu na Roma Antiga, após um grande incêndio em 27 a.C. Em resposta a isso, o imperador Otávio Augusto criou um grupo de *Vigiles* em 22 a.C., que patrulhavam as ruas para impedir incêndios e policiar a cidade, recebendo treinamento para exercer a função. A maior parte das casas da cidade era de madeira e o fogo era o principal inimigo. Com a criação dos *Vigiles* o problema foi contornado e a população da cidade cresceu muito. A presença dessa força de combate a incêndios se estendeu a outras cidades romanas, permitindo que elas ultrapassassem os 200.000 habitantes. Esse é o primeiro corpo organizado conhecido na história, dedicado à função de bombeiro (BOBERTZ, 2023).

Durante a Idade Média, considerava-se o incêndio um dano inevitável e os métodos de extinção das chamas eram insuficientes. A maioria das casas ainda era feita de madeira e a destruição pelo fogo era constante. Algumas paróquias organizaram serviços de combate a incêndios, mas como não havia norma a ser seguida, em pouco tempo eles se dissolviam. Somente com a ocorrência do Grande Incêndio de Londres, em 1666, já na chamada Idade Moderna, é que foi feita uma padronização para o combate ao fogo no ambiente urbano, com o emprego de pequenas equipes de aguadeiros do rio Tâmesa, que poderiam ser considerados os precursores dos bombeiros. Contudo, para ser atendido, o dono do imóvel deveria ter um seguro, que lhe dava o direito a uma marca a ser colocada na fachada. Cada grupo de “bombeiros” atendia determinadas marcas. Apesar da destruição causada, Londres ainda levaria cerca de dois séculos para ter uma corporação profissional de bombeiros e novas regras para a construção de casas e prédios mais seguros (DAVIES, 2016).

A partir da organização inglesa, outras brigadas de combate a incêndios foram organizadas em países europeus, ainda no século XVII, conseguindo evoluir do uso de baldes para um carro de bombeiros, passando das bombas manuais para bombas de sucção, em veículos puxados por cavalos, onde uma mangueira flexível de couro era ligada a acoplamentos de latão, o que fazia com que os jatos de água tivessem

maior alcance. Mas ainda permanecia o poder das seguradoras, fazendo com que somente construções seguradas tivessem direito a ter o fogo combatido pelas equipes de bombeiros, também seguindo o modelo londrino (SPELL, 2021).

A primeira empresa a atuar em solo norte americano e que seguiu esse modelo foi a inglesa Ryley and Mabb, em 1637. Em 1648 foram criadas regras de construção para prevenir incêndios e escolhidos oito bombeiros para cuidarem da segurança, onde seria, futuramente, a cidade de Nova Iorque, que só veio a ter uma brigada oficial em 1731. Os bombeiros, nomeados pelo governador Peter Stuyvesant, foram os primeiros do continente americano a exercerem essa função de forma oficial. Incêndios na cidade de Boston, ocorridos em 1653 e 1676 também levaram ao estabelecimento de regras para a construção e criação de equipamentos de combate ao fogo, como mangueiras de couro, acopladas com conexões de latão e 50 pés de comprimento e também a importação da bomba d'água manual criada em Londres. Em 1678, a cidade nomeou oficialmente 12 bombeiros, que atendiam por chamada. Um incêndio de 1711, de grandes proporções, levou à criação do carro de bombeiros, pelo inventor Richard Newsham, em 1725 (Figura 1). O manuseio desse carro mostra o quanto de esforço os bombeiros tinham que fazer (COLLINS, 2015).



Figura 1. *Firemen at Work*, 1733, ilustração de 1887, mostrando o trabalho dos bombeiros nos Estados Unidos.

Fonte: COLLINS, 2015, p. 11.

Em 1774, antes da independência, já existia na cidade de Alexandria, Virgínia, a *Friendship Veterans Fire Engine Company*, que havia sido fundada em 1736, da qual participava o futuro presidente George Washington, como bombeiro voluntário. Com dinheiro próprio, Washington comprou o primeiro carro de bombeiros para a cidade. Benjamin Franklin, que também se tornaria presidente, também foi bombeiro voluntário e ajudou a criar o primeiro corpo de bombeiros da Filadélfia, em 1736. Foi somente na época da Guerra Civil Americana (1861-1865) que os Estados Unidos passaram a ter corpos de bombeiros financiados pelo governo. Até então, as brigadas eram privadas e estavam ligadas às seguradoras, seguindo o modelo europeu, criado em Londres (FIREFIGHTER FOUNDATION, 2023).

Durante todo o século XX foram introduzidas tecnologias de prevenção e de combate a incêndios, como a criação de máscaras contra gases, carro movido a gasolina, uso da escada de extensão, além de melhorias na legislação. Com o decorrer do século XX, houve um aumento da preocupação com o desenvolvimento humano, saúde e preparo físico, devido as consequências da vida moderna. Assim, a partir do início do século XXI, foram estimulados mais subsídios para o treinamento dos bombeiros e compra de equipamentos pessoais, intensificados mais recentemente em função das 342 mortes de bombeiros no atentado ao World Trade Center, em 11 de setembro de 2001. A Administração Nacional de Incêndios dos Estados Unidos também tem procurado atrair os jovens para exercerem a atividade de bombeiro, visto que em muitos estados norte-americanos este é um trabalho voluntário e os bombeiros que trabalhavam nessa condição estavam envelhecendo, não sendo substituídos por outros de menor idade, que pudessem enfrentar o aumento das demandas das comunidades, sendo este aumento justamente o que tornava o trabalho menos atrativo (COLLINS, 2015).

Diante do esforço físico necessário para exercer a atividade de bombeiro, o *National Volunteer Fire Council* (NVFC), dos Estados Unidos, estabeleceu, em 2003, um programa para cuidar da saúde cardíaca dos participantes, envolvendo educação, conscientização e recursos. O treinamento físico, a nutrição adequada e a conscientização sobre a importância das condições de saúde diante do trabalho fazem parte do programa. O fundamento do programa é que, se os bombeiros conhecerem melhor sua saúde, serão capazes de enfrentar os riscos da atividade com maior competência, maximizando as habilidades adquiridas em treinamentos, por meio da

prática de atividades físicas e abandono do hábito de fumar. Outros programas do NVFC, instituição que representa os 67% de bombeiros voluntários dos Estados Unidos, estão relacionados aos cuidados com a saúde mental dos bombeiros, auxiliando-os a gerenciarem problemas pessoais e relacionados ao trabalho (NCFC; USFA, 2014; NVFC, 2023).

3.1.1 A evolução do Corpo de Bombeiros no Brasil

Durante o período colonial, na cidade do Rio de Janeiro, as posturas municipais vigentes determinavam que os donos ou condutores de veículos eram obrigados a prestar o serviço de combate aos incêndios. Destaca-se um grande incêndio que destruiu o edifício da igreja e do Recolhimento dedicados à Nossa Senhora do Parto, ocorrido em 1789, que é o mais famoso deles, sendo, inclusive, tema da obra do artista italiano Francisco Muzzi (Figura 2). No final do século XVIII, a cidade do Rio de Janeiro era constantemente assolada por incêndios que causavam grande destruição e perda de vidas humanas, o que não era diferente do restante do Brasil. Trabalhadores de extinção estavam a cargo do Arsenal da Marinha e, nessas ocasiões, corriam para os incêndios os guardas da cidade, aguadeiros e voluntários que combatiam empiricamente as chamas com os meios disponíveis, dificultando o trabalho o tipo de construções com farto madeirame, arruamentos estreitos e irregulares. Quando irrompia a noite, os incêndios vitimavam mais pessoas pela dificuldade de evacuação dos locais, devido à precária iluminação existente (MACEDO, 2005; COARACY, 1965).



Figura 2. Incêndio do Recolhimento de Nossa Senhora do Parto, 1789, óleo sobre tela, de João Francisco Muzzi

Fonte: SOUZA, 2021, p. 20.

A pintura da Figura 2 retrata o incêndio do Recolhimento de Nossa Senhora do Parto e oferece uma visão viva e realista dos esforços empreendidos pela população para conter as chamas devastadoras. A imagem também nos mostra a utilização de bombas manuais para lançar água sobre o prédio em chamas, assim como a presença de aguadeiros voluntários em suas carroças cheias de água. Além disso, homens em escadas e escravos empenhados em auxiliar no combate ao incêndio ilustram o cotidiano vivido pelos moradores do Rio de Janeiro até meados do século XIX naquilo que se refere à sistemática de combate a incêndios. As exigências físicas desta atividade envolvem um conjunto único de estressores. O trabalho era claramente extenuante, devendo os participantes subir escadas, carregar materiais e usar ferramentas pesadas em posições incômodas, além de enfrentarem difíceis operações de resgate. Analogia se verifica ainda nos dias atuais, onde, mesmo dotados de novas tecnologias e equipamentos, os bombeiros trabalham em ambientes perigosos, enfrentando temperaturas extremas, fumaça tóxica (incluindo monóxido de carbono e cianeto de hidrogênio) e condições caóticas, como ruído alto e baixa

visibilidade. Além disso, o trabalho deve ser feito com urgência e muitas vezes é realizado sob forte estresse psicológico (SMITH *et al.*, 2016).

Diante desse cenário, com a importância e o crescimento conquistados pelo Rio de Janeiro, foram exigidas ações do poder público que melhor organizassem o serviço de combate e extinção de incêndios. O Arsenal de Marinha foi escolhido para extinguir os incêndios na cidade, tendo sido levado em conta a experiência que tinham os homens do mar em apagar o fogo em suas embarcações. Em 1797, o Alvará Régio determinou que o Arsenal da Marinha passasse a ser o órgão público responsável pela extinção de incêndios (CBMGO, 2022).

Anteriormente a criação do Corpo de Bombeiros no Rio de Janeiro, o combate a incêndios no Brasil era realizado por diferentes setores do governo, como o Serviço de Extinção de Incêndios nos Arsenais de Marinha e Guerra, Repartição de Obras Públicas e Casa de Correção, todos localizados no Rio de Janeiro. Em 1851, o Capitão de Mar e Guerra, Joaquim José Inácio, solicitou ao Imperador D. Pedro II a criação de uma corporação que pudesse se responsabilizar pelo combate aos incêndios, o que foi atendido por meio da publicação do Decreto nº 1.1775, de 2 de julho de 1856 (BRASIL, 1856).

O primeiro corpo de bombeiros brasileiro foi oficializado em 30 de abril de 1860, como Corpo Provisório de Bombeiros da Corte, sob o comando do Major João Batista de Castro Moraes Antas. A corporação recebeu sua primeira bomba a vapor em 1865 para combater incêndios no litoral e navios ancorados, exigindo vinte homens para transportá-la. Naquela época, apenas um apito e o toque dos sinos das igrejas eram utilizados para alertar a população sobre o trabalho dos bombeiros, já que não havia sirenes. A falta de recursos se agravou com os gastos feitos pelo Brasil na Guerra do Paraguai, levando ao fechamento de várias unidades do Corpo de Bombeiros na cidade do Rio de Janeiro, no final da década de 1860 (SOUZA, 2021).

Devido à falta de regras penais, até que fosse publicado o Regulamento do Corpo de Bombeiros, em abril de 1860, havia muita dificuldade para que os alistados na corporação realizassem atividades físicas e exercícios simulados de combate a incêndios. A falta de autoridade dos chefes de turma e ausência de castigos para quem não praticasse essas atividades fizeram com que elas desaparecessem totalmente da corporação no final de 1858, tendo os bombeiros, principalmente os que eram escravos, sido desviados todos os domingos, que eram os dias destinados aos

treinamentos físicos e técnicos, para o trabalho em uma obra de construção, no próprio quartel. Com a publicação do regulamento, os bombeiros ficaram sob a chefia direta do diretor geral da corporação e não mais sob a chefia da Casa de Correção, dando início ao processo de profissionalização dos bombeiros da cidade do Rio de Janeiro (SOUZA, 2021).

Em 17 de dezembro de 1881, o Corpo de Bombeiros foi reconhecido como instituição militar pelo Decreto n. 8.837, com um efetivo inicial de trezentos homens. Em caso de guerra, a corporação poderia ser convocada e atuar como Corpo de Sapadores ou Pontoneiros, seguindo a mesma estrutura organizacional do Batalhão de Engenheiros (MELO, 2015). Em 1 de junho de 1913, o Corpo de Bombeiros incorporou seu primeiro automóvel com motor de explosão para suas atividades, embora ainda tenha utilizado viaturas puxadas por animais por algum tempo (AMARAL, 2014).

Entre 1902 e 1906 a cidade do Rio de Janeiro havia passado por uma ampla reforma urbana, que exigiu das instituições públicas reaparelhamento e adaptações. Nesse contexto, o Corpo de Bombeiros passou por mudanças em sua estrutura profissional, humana e técnica. O Quartel Central dos Bombeiros foi remodelado e um engenheiro foi designado para comandar a Corporação (Coronel do Corpo de Engenheiros do Exército Brasileiro Francisco Marcellino de Souza Aguiar). No centro das mudanças promovidas na cidade estava o sanitarista Oswaldo Cruz, que tinha estreita relação com o comando dos bombeiros, mas não conseguiu evitar que muitos deles fossem atingidos pela febre amarela, varíola e peste, junto com a população. Diante disso, no processo de saneamento da cidade o Corpo de Bombeiros do Distrito Federal foi peça importante no apaziguamento dos revoltosos e insatisfeitos (BASTOS, 2017).

Nesse cenário, o desafio era transformar uma Corporação com características ainda coloniais e desarticulada em uma Corporação adequada aos novos tempos, por meio de melhorias nas condições técnicas e operacionais. Era preciso melhorar as condições profissionais e humanas e aumentar o quantitativo de bombeiros, que estava em torno de 300 profissionais desde o início do século XX. Para dar andamento a solução dessas necessidades, foram criadas em 1903 uma caixa de pecúlio, uma enfermaria para cuidar da saúde dos bombeiros e uma escola de formação, para melhorar o treinamento (BASTOS, 2017).

A existência e atuação do Corpo de Bombeiros Militar sediado no Rio de Janeiro e o avanço das melhorias urbanas em todo o país impulsionaram a criação de Corporações de Bombeiros nos demais estados brasileiros, ainda no século XIX, como foi o caso do Amazonas, em 1876; do Pará, em 1882, acompanhando o chamado “ciclo da borracha”, que alavancou o desenvolvimento da região amazônica, em função da extração do látex das seringueiras. Em São Paulo, a criação de uma Seção de Bombeiros ocorreu devido ao incêndio no Convento de São Francisco, em 1880, que se tornou o atual Corpo de Bombeiros Militar do Estado de São Paulo. A mesma motivação, ou seja, a ocorrência de um grande incêndio na Ladeira do Taboão, em Salvador, levou o governador da Bahia a criar a 11ª Companhia de Combate a Incêndio, no âmbito da Polícia Militar, em 1890. No Rio Grande do Sul, o serviço foi criado em 1894, em Porto Alegre (CASARIM, 2017).

Até por volta de 1926, os estados de Maranhão, Minas Gerais, Paraná, Paraíba, Rio Grande do Norte, Sergipe, Ceará, Espírito Santo e Santa Catarina criaram suas Corporações e Bombeiros. Logo após a Segunda Guerra Mundial, e na segunda metade do século XX, surgiram serviços de combate a incêndios no Piauí, Alagoas, Goiás, Distrito Federal e sua nova capital, Brasília, Mato Grosso, Rondônia, Amapá, Mato Grosso do Sul, Acre, Roraima e Tocantins, já no início da década de 1990. Os avanços da industrialização, que promoveu migrações em todo o país e crescimento das cidades foram os motores que impulsionaram a criação dessas novas Corporações, tornando o trabalho dos bombeiros não só essencial, mas também mais desgastante e desafiador, diante de populações cada vez maiores (CASARIM, 2017).

Assim, a história mundial e brasileira retrata o estresse e o desgaste físico das pessoas das comunidades que combatiam incêndios desde a época da Antiguidade e do império brasileiro, respectivamente. Nesse período da história brasileira, os escravos eram frequentemente empregados nessa atividade insalubre. Atualmente, os bombeiros enfrentam uma série de desafios diários, incluindo buscas e salvamentos, combate a incêndios urbanos e florestais e atendimento de emergências médicas. Esses profissionais trabalham em regime de escala, muitas vezes com jornadas de trabalho extraordinárias. A literatura especializada tem abordado cada vez mais os riscos à saúde enfrentados pelos bombeiros. Evidências indicam que esses profissionais estão expostos a riscos muito maiores do que a população em geral, incluindo problemas cardiovasculares, metabólicos, tumores malignos e

distúrbios psicológicos graves (KALES *et al.*, 2009; KALES; SMITH, 2017; GAINEY *et al.*, 2018).

3.2 A IMPORTÂNCIA DA APTIDÃO CARDIORESPIRATÓRIA

A aptidão física é um aspecto fundamental para a execução de atividades operacionais de bombeiros. A importância da aptidão física na esfera militar foi reconhecida desde a Guerra Fria nos Estados Unidos, quando havia pressão entre os americanos para manterem a vantagem em termos de aptidão física comparativamente aos pares soviéticos. Na década de 1960, pesquisas com militares foram desenvolvidas com o objetivo de melhorar a aptidão cardiorrespiratória, com destaque para as pesquisas realizada pelo Dr. Cooper, enquanto oficial do exército e da força aérea dos Estados Unidos. (COSTILL; WILMORE, KENNEY, 2020).

Diante do impasse na disputa entre essas superpotências, a ciência desempenhou um papel fundamental na pesquisa da aptidão física. Testes com padrão-ouro, como o teste de esforço máximo em esteira, eram desenvolvidos para avaliar a aptidão aeróbica de militares. No entanto, sua aplicação em grande escala era dificultada pelo alto custo e tempo necessário para realização. Foi em 1968 que o Dr. Kenneth Cooper, um pioneiro em fisiologia do exercício, desenvolveu um teste de baixo custo e eficiente em termos de tempo, que pudesse ser aplicado fora de um ambiente laboratorial. O objetivo do teste era avaliar a aptidão aeróbica, resultando no surgimento do Teste Cooper de corrida de 12 minutos (COOPER, 1968).

O Teste de Cooper de 12 minutos tornou-se o método mais difundido e eficiente para avaliar a aptidão aeróbica em grandes grupos. Sua simplicidade, baixo custo e rapidez na realização o tornaram uma opção popular entre pesquisadores e profissionais do setor (BASSETT *et al.*, 2001). A validação do teste foi realizada com 115 oficiais e soldados da Força Aérea dos EUA, que foram convidados a correr o máximo que pudessem em 12 minutos sob condições rigorosamente supervisionadas em uma superfície plana e precisamente medida. Dentro de três dias após a corrida, todos os indivíduos foram submetidos ao teste de esforço máximo em esteira no laboratório como pedida de referência para a aptidão cardiorrespiratória (COOPER, 1968). Comparando-se os resultados da distância percorrida durante a corrida de 12 minutos e o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) durante o teste de esforço

máximo em esteira, foi encontrada uma alta correlação ($r = 0,897$) entre os dois (COOPER, 1968). Apesar de não ser o método mais preciso ou padrão-ouro, a medida indireta estimada a partir de uma corrida em pista, o teste de Cooper é também validado pelo uso há décadas. Isso significa que, com base na distância percorrida durante a corrida de 12 minutos, é possível fazer uma estimativa adequada do $VO_2\text{max}$. Atualmente, o teste de Cooper ainda é usado como um teste de campo para determinar a aptidão aeróbica e é utilizado por muitos treinadores para determinar a aptidão cardiovascular e acompanhar a aptidão ao longo do tempo (ACSM, 2018; COOPER, 1968; PENRY; WILCOX; YUN, 2011; FARREL, 2018).

É importante destacar que o protocolo do teste em voga segue aquilo que é descrito pelo *American College of Sports Medicine* (ACSM; BALADY, 2000), no qual o participante percorre correndo continuamente buscando atingir a maior distância possível, sendo que, no caso de fadiga, é permitido caminhar. Esse teste é empregado em adultos hígidos. Para a transformação da distância percorrida em aptidão cardiorrespiratória, é utilizada a equação: $VO_2\text{max} = (\text{distância (m)} - 504,09) / 44,73$.

O $VO_2\text{máx}$ é um indicador da capacidade máxima de uma pessoa em realizar a ressíntese de ATP, o que o torna um importante indicador da capacidade funcional fisiológica global e da possibilidade de realizar um exercício de alta intensidade dependente majoritariamente do consumo de oxigênio (McARDLE; KATCH; KATCH, 2021).

A equação de Fick é uma fórmula amplamente utilizada na fisiologia do exercício para calcular o consumo de oxigênio (VO_2) durante atividades físicas. Essa equação é fundamental para entender o sistema cardiovascular e respiratório do corpo humano em resposta ao exercício. Foi formulada por Adolf Eugen Fick (1829-1921), em 1855, considerando os fatores que influenciam o débito cardíaco, como maior capacidade de transporte de oxigênio do sangue, aumento do volume sanguíneo e melhora da função/estrutura cardíaca (JOÃO; FIGUEIRA JÚNIOR, 2019).

A equação de Fick é dada por:

$$VO_2 = Q \times (CaO_2 - CvO_2)$$

Onde:

VO₂ é o consumo de oxigênio (Volume de oxigênio consumido por minuto, usualmente expresso em mL/min);

Q é o débito cardíaco (Volume de sangue bombeado pelo coração por minuto, usualmente expresso em L/min);

CaO₂ é o conteúdo de oxigênio no sangue arterial, expresso em mL de oxigênio por litro de sangue;

CvO₂ é o conteúdo de oxigênio no sangue venoso, expresso em ml de oxigênio por litro de sangue) (MONTERO; DIAZ-CAÑESTRO; LUNDBY, 2015).

A equação de Fick é baseada no princípio de que o consumo de oxigênio pelos tecidos (VO₂) é igual à quantidade de oxigênio que é transportada pelo sangue para os tecidos. Essa quantidade de oxigênio transportada é determinada pela diferença entre a quantidade de oxigênio no sangue arterial (CaO₂) e a quantidade de oxigênio no sangue venoso (CvO₂) que retorna aos pulmões (MONTERO; DIAZ-CAÑESTRO; LUNDBY, 2015).

O débito cardíaco (Q) é a quantidade total de sangue bombeada pelo coração por minuto e é determinado pelo produto do volume sistólico (volume de sangue bombeado em cada batimento) e a frequência cardíaca (número de batimentos cardíacos por minuto). O coração regula a sua atividade constantemente, aumentando ou diminuindo o débito cardíaco, diante das necessidades, como no caso de atividade física (EVORA, 2017).

A prática regular de exercício reduz a taxa de diminuição do VO₂max decorrente do envelhecimento em comparação com um estilo de vida sedentário, e quanto maior o VO₂máx, maior a proteção contra eventos cardiovasculares (ROGERS *et al.*, 1990). Um aumento na capacidade aeróbica está associado a um aumento na sobrevida, assim como ocorre um aumento significativo no risco relativo de morte por qualquer causa à medida que a capacidade funcional diminui, independentemente dos fatores de risco envolvidos. Além disso, um aumento de 12% na sobrevida para cada aumento de 1 MET no nível de ACR foi estimado em estudo de coorte com mais de 6 mil homens de meia idade (MYERS *et al.*, 2002).

Nesta mesma linha, pesquisas têm apontado o papel protetor conferido por uma melhor ACR em diferentes desfechos entre profissionais bombeiros. Por exemplo, Baur *et al.* (2012) identificaram uma clara, significativa e inversa associação entre a ACR e a síndrome metabólica (SM), uma condição que aumenta o risco

cardiovascular. Este estudo avaliou 957 bombeiros norte-americanos com média de idade de 39,6 anos e identificou uma prevalência de 28,3% de SM. É importante ressaltar que a prevalência de SM foi 10 vezes maior no grupo com menor ACR (≤ 10 METs), comparativamente àqueles com $ACR \geq 14$ METs.

O *American College of Sports Medicine* (ACSM) sugere que a taxa de equivalente metabólico (MET) seja utilizada como método para indicar e comparar a intensidade absoluta e gasto energético de diferentes atividades físicas. Dessa forma, o MET é uma medida de intensidade de esforço que pode ser usada para orientar a população em relação ao gasto energético das atividades (PORTO; JUNQUEIRA JÚNIOR, 2008; POLLOCK *et al.* 1998). O Equivalente Metabólico (MET) é uma unidade de medida utilizada para expressar o gasto energético de uma atividade física em relação ao metabolismo basal. Na literatura, o consumo de oxigênio (VO_2) de aproximadamente 3,5 mL/kg/min é utilizado como referência para um MET. Quando o gasto energético é expresso em METs, representa-se o número de vezes que o metabolismo basal é multiplicado durante uma atividade física (McARDLE; KATCH; KATCH, 2021; MONTOYE *et al.* 1996).

Esse valor, 1 MET - aproximadamente 3,5 mL O_2 /kg/min, é considerado constante para todas as pessoas e é utilizado para classificar os níveis relativos de gasto energético (BALKE, 1960). Adultos saudáveis geralmente têm níveis de ACR entre 8 e 12 METs, enquanto pacientes com insuficiência cardíaca, idosos e obesos mórbidos podem ter capacidades tão baixas quanto 2 a 4 METs (FRANKLIN *et al.*, 2018).

Pessoas com níveis de VO_{2max} inferiores a 5 a 6 METs geralmente apresentam pior prognóstico (MORRIS *et al.*, 1991; MYERS *et al.*, 2004), enquanto níveis entre 9 e 12 METs ou mais estão associados a uma vantagem de sobrevivência acentuada (BLAIR *et al.*, 1989; FINE *et al.*, 2013). A ACR diminui com a idade devido a reduções no desempenho físico e outras razões. Estudos suportam inclusive a relação causal entre a melhoria da ACR e a redução da mortalidade (MYERS *et al.*, 2004).

3.2.1 NFPA e a Importância do Padrão Mínimo de 12 MET

A *National Fire Protection Association* (NFPA) é uma organização sem fins lucrativos dos Estados Unidos que se dedica a cuidar da saúde e do desempenho profissional seguro de bombeiros, visando também reduzir o risco de incêndios e outros perigos relacionados à segurança. Seu objetivo é proteger pessoas e propriedades através do desenvolvimento e publicação de códigos, normas e padrões técnicos, bem como oferecer treinamentos, certificações e recursos educacionais para profissionais da área de segurança contra incêndios e emergências (NFPA, 2022).

A Norma NFPA 1582, estabelece padrões para avaliar a aptidão física e cardiorrespiratória dos bombeiros nos Estados Unidos (NFPA, 2022). Esta norma fornece diretrizes para avaliar a saúde dos bombeiros e determinar se eles são capazes de realizar suas tarefas com segurança e eficiência, incluindo testes de capacidade pulmonar, testes de esforço cardiopulmonar e exames médicos regulares (NFPA, 2022). Além disso, as normas da NFPA estabelecem critérios para determinar quando um bombeiro deve ser considerado inapto para a atividade por motivos de saúde, visando a proteção da saúde e segurança tanto dos bombeiros quanto da população em geral (NFPA, 2022).

Uma das recomendações de maior impacto, não só nos Estados Unidos, mas que alcançou o mundo, é aquela sobre a ACR mínima recomendada para bombeiros. A NFPA recomenda que todo bombeiro possua uma ACR mínima de 12 METs para desempenhar suas tarefas com segurança (NFPA, 2022). Por isso, é comum ver em pesquisas a avaliação da ACR em função de quantos atingiram 12 METs, ou não. Por exemplo, em uma amostra de 4.237 bombeiros brasileiros do sexo masculino observou-se que a possibilidade de o bombeiro militar não atingir a recomendação mínima de 12 METs era entre 2,9 e 8,1 vezes maior entre aqueles com composição corporal acima do recomendado, comparativamente àqueles com adequada composição (NOGUEIRA *et al.*, 2016).

Dessa maneira, para desempenhar de forma eficiente as atividades de bombeiro, seguindo o padrão mínimo da NFPA, é necessário ter uma ACR de 42 mililitros por quilo por minuto, medida pelo consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), equivalente a 12 Equivalentes Metabólicos (METs), o que corresponde a uma corrida de 2400m no teste de 12 minutos (NFPA, 2022). No entanto, pesquisa de 2014

identificou que apenas 38,7% dos bombeiros norte-americanos avaliados alcançavam esse valor, tendo como VO_2 máx médio o valor de $33,5 \text{ mL}(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}$ (STORER, 2014). Já no Brasil, estudos como os de Porto *et al.* (2019) e Nogueira *et al.* (2016) mostram a ACR mediana dos bombeiros brasileiros, de $42,4 (18,2 - 64,7) \text{ mL}(\text{kg}\cdot\text{min})^{-1}$, sendo que 52,9% apresentaram um VO_2 máx superior a 12 METs, valores muito superiores aos apresentados pelos bombeiros americanos.

A avaliação da aptidão física e cardiorrespiratória é um importante critério de seleção para ingresso nas forças de segurança pública, sendo o padrão NFPA, 12 MET, para corrida de 12 minutos, utilizado como referência nesse processo – ou seja, percorrer pelo menos 2400 metros em 12 minutos (NOGUEIRA *et al.*, 2016). A NFPA 1582 tem sido fundamental para promover a saúde e segurança dos bombeiros nos Estados Unidos e em outros países que adotaram seus princípios, contribuindo para conscientizar os profissionais sobre a importância da aptidão física e cardiorrespiratória na profissão de bombeiro e incentivando-os a manter um estilo de vida saudável e se preparar adequadamente para as exigências físicas do trabalho (NFPA, 2022).

No entanto, considerando que os bombeiros, ao longo da carreira, terão ACR declinando com a idade, mas nem por isso significando que não estejam aptos para o trabalho, a aplicação exclusiva da Norma NFPA 1582 pode não ser suficiente para avaliar adequadamente a condição de saúde e desempenho em atividades laborais. Neste contexto, entende-se que a lógica empreendida pela NFPA se baseia em uma abordagem ocupacional, estabelecendo assim critério de valor absoluto de ACR para que o bombeiro desempenhe todas as possíveis atividades profissionais com maior segurança e eficiência. Entretanto, como se detalhará adiante, existe um inexorável declínio da ACR com o avanço da idade, exigindo-se assim uma abordagem simultânea baseada nos princípios fisiológicos, até porque bombeiros podem ficar muitos anos na função (PETTEE *et al.*, 2022). Portanto, é importante que sejam considerados outros critérios que considerem fatores influenciadores da ACR, com destaque para o sexo e a idade, de forma a garantir que o resultado da avaliação da aptidão cardiorrespiratória seja preciso e adequado a este público.

No contexto da avaliação global da aptidão física, embora a NFPA não tenha um texto específico sobre obesidade em bombeiros americanos, a entidade aborda o tema de forma geral em seus padrões e normas. A NFPA 1582 estabelece os

requisitos médicos para os bombeiros, incluindo as condições que podem limitar a capacidade física do indivíduo para realizar o trabalho, como a obesidade (NFPA, 2022). Portanto, recomenda-se que os bombeiros passem por avaliações médicas regulares e que os médicos estejam cientes das exigências físicas do trabalho.

A título de exemplo da realidade brasileira, observa-se que para selecionar candidatos para ingresso no Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, exige-se um índice mínimo de ACR de acordo com a NFPA-12 METs. É importante destacar que atualmente, no Distrito Federal, o tempo de serviço dos bombeiros é de 35 anos. Contudo a ACR não é avaliada somente no ingresso, mas, após a formação, os membros da corporação são avaliados anualmente por meio do Teste de Aptidão Física (TAF) do CBMDF, que inclui o teste de Cooper, sendo levado em consideração o desempenho esperado para a idade. Essas medidas são implementadas para garantir que os bombeiros tenham a condição física necessária para desempenhar suas funções com eficiência e segurança, ao mesmo tempo em que se considera o declínio esperado com o avanço da idade (BRASIL, 1986).

Desta forma, surge uma indagação, seria adequado avaliar a ACR de acordo com o sexo e a faixa etária que o bombeiro pertence, ou, usar o padrão fixo dos 12 METs para bombeiros, independentemente do sexo e da idade seria mais adequado em razão das demandas ocupacionais. Assim, considerando-se as exigências laborais e os conhecidos efeitos fisiológicos da idade na aptidão física, parece razoável, ou necessário, buscar um casamento entre as abordagens ocupacional e fisiológica.

3.3 O DECLÍNIO DA APTIDÃO CARDIORESPIRATÓRIA RELACIONADA À IDADE E AS DEMANDAS LABORAIS

O corpo de evidências que relaciona os baixos níveis de Aptidão Cardiorrespiratória (ACR) com um aumento significativo na morbimortalidade cardiovascular é bastante robusto. Essa associação é independente da presença de outros fatores de risco e fornece dados importantes tanto para o diagnóstico quanto para o prognóstico (CARNETHON, GULATI, GREENLAND, 2005; SUI *et al.*, 2007; ARENA *et al.*, 2007).

A mensuração do nível de ACR, que pode ser avaliada através do consumo máximo de oxigênio ou pico (VO_2 máx), pode ser realizada por meio da análise dos gases expirados, que é considerado o método padrão de referência, ou estimada em um teste de exercício convencional por ergometria. Atualmente, existem padrões estabelecidos para o teste de exercício convencional que nos permitem fazer comparações entre indivíduos, sendo o protocolo de Bruce amplamente utilizado em adultos. A classificação da ACR pode ser feita, levando em consideração idade, sexo e VO_2 max (BELLI *et al.*, 2008; POWERS, HOWLEY, 2000).

O VO_2 máx, também conhecido como potência aeróbica máxima, é a taxa máxima na qual o oxigênio pode ser consumido durante o exercício de intensidade máxima. Geralmente, é expresso em mililitros de oxigênio consumido por quilograma de peso corporal por minuto ($mL.kg^{-1}.min^{-1}$). Essa medida fundamental reflete a capacidade do organismo em utilizar o oxigênio durante o exercício máximo, sendo um indicador importante da aptidão cardiorrespiratória. O VO_2 máx desempenha um papel crucial na determinação da intensidade e do ritmo do exercício que um indivíduo é capaz de suportar, uma vez que o consumo de oxigênio se estabiliza ou diminui após atingir o seu valor máximo. Conhecer o VO_2 máx de um indivíduo é essencial para prescrever programas de exercícios personalizados, estabelecer metas realistas e monitorar o progresso ao longo do tempo. Além disso, o VO_2 máx está associado a importantes desfechos de saúde, incluindo a morbimortalidade cardiovascular (NIEMAN, 1999; BLAIR *et al.*, 1996; MYERS *et al.*, 2002).

Essa medida é crucial para determinar a intensidade e o ritmo do exercício que um indivíduo é capaz de suportar, uma vez que o consumo de oxigênio estabiliza ou diminui após atingir o VO_2 máx, que é a máxima taxa de consumo de oxigênio que pode ser alcançada durante um exercício exaustivo. Se a intensidade do exercício ultrapassar o ponto em que o VO_2 máx é atingido, o consumo de oxigênio se estabiliza ou diminui ligeiramente. Portanto, o VO_2 máx é um determinante importante para definir o ritmo ou a intensidade do exercício que uma pessoa pode sustentar (WILMORE; COSTILL, 2001).

A capacidade funcional do sistema cardiovascular diminui com o envelhecimento, resultando em uma diminuição na capacidade máxima de captação de O_2 (VO_2 máx) (ASTRAND, 1960; DILL; ROBINSON; ROSS, 1967; GERSTENBLITH; LAKATTA; WEISFELDT, 1976; GRIMBY; SALTIN, 1966;

HAWKINS; WISWELL, 2003; PETTEE *et al.*, 2022; PRIETO *et al.*, 2013). A taxa de declínio no VO₂máx em homens saudáveis sedentários nos Estados Unidos tem uma média de aproximadamente 10% por década após os 25 anos (BUSKIRK; HODGSON, 1987; HAGBERG, 1987).

Heath *et al.*, (1981) sugeriram, com base em uma comparação transversal de atletas de resistência jovens e mais velhos, que um nível relativamente constante de treinamento regular vigoroso de exercícios de resistência reduz a taxa de declínio no VO₂ máximo para aproximadamente 5% por década. O declínio do VO₂máx com a idade é resultado do próprio processo de envelhecimento. Entretanto, o aumento do peso corporal (NORRIS; LUNDY, 1963) e a queda do nível habitual de atividade física (CUNNINGHAM *et al.*, 1968) que tipicamente ocorrem com o envelhecimento também contribuem para a queda do VO₂máx, onde é expresso em ml.kg⁻¹.min⁻¹ (BAUR *et al.*, 2012).

Estudo realizado por Soteriades *et al.*, (2011) indica que o processo de envelhecimento em homens que mantém um estímulo de exercício relativamente constante parece resultar em um declínio no VO₂máx de apenas 5% por década. Isso sugere que cerca de 50% de declínio no VO₂máx com o envelhecimento é resultado da inatividade física e pode ser prevenido. Assim, a manutenção de um regime de treinamento físico regular e do adequado controle do peso, parecem fundamentais para minimizar o declínio da ACR associado à idade (BAUR *et al.*, 2012).

Ademais, a boa aptidão física impacta positivamente nas condições laborais, proporcionando níveis melhores de autoconfiança e motivação (ACSM, 2018). A alta ACR é um dos mais fortes preditores de sobrevivência e está associada ao menor risco de doenças crônicas não transmissíveis (HASKELL *et al.*, 2007; KUEHL *et al.*, 2013).

No caso dos bombeiros, a necessidade da ACR é evidente devido à elevada demanda fisiológica das tarefas, especialmente durante o combate ao incêndio (SMITH *et al.*, 2016). Além dos estressores inerentes, como o estresse térmico e psicológico, o transporte de equipamentos pesados gera sobrecarga extra. Durante a supressão de incêndio, para que os bombeiros possam cumprir suas atividades laborais com segurança, eles precisam usar Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) que podem chegar a pesar aproximadamente 30 kg (capacete, luvas, óculos de proteção, cilindro de ar comprimido, roupa de aproximação e botas) e cujo peso pode variar de acordo com a tarefa realizada (RASCHKA; BAMBUSEK; TÜRK, 2012).

Embora o declínio natural da aptidão física relacionado à idade seja universal, há um dilema enfrentado pelos bombeiros de meia-idade e mais velhos, pois as demandas físicas do trabalho são constantes ao longo de suas carreiras, independentemente da idade. Entretanto, é possível atenuar o declínio da aptidão cardiorrespiratória relacionado à idade em pessoas que mantêm um treinamento físico regular (HAWKINS; WISWELL, 2003; BAUR *et al.* 2012; PRIETO *et al.* 2013). Porém, é importante ressaltar que a taxa de declínio da aptidão cardiorrespiratória relacionada à idade e como ela é influenciada por diferentes regimes de treinamento ainda precisa ser investigada mais a fundo.

As evidências sugerem que o declínio da aptidão cardiorrespiratória relacionado à idade é um fenômeno não linear, com primeiras reduções significativas observadas no início da idade adulta e aceleração em idades mais avançadas (HAWKINS; WISWELL, 2003). Além disso, vários fatores podem afetar esse declínio, como índice de massa corporal, atividade física, educação, treinamento físico e uso de álcool e tabaco (HAWKINS; WISWELL, 2003; ROSS *et al.*, 2016; PETTEE *et al.* 2022).

A ACR é afetada negativamente pelo processo natural de envelhecimento na população em geral, o que leva a uma diminuição média de cerca de 1,6% ao ano no $VO_2\text{max}$ (mL/kg/min) em homens e mulheres conforme envelhecem (HAKOLA *et al.*, 2011). Em indivíduos não treinados, é comum observar uma redução de 5 a 10% no pico de VO_2 por década de vida (FLEG *et al.*, 2011).

A baixa ACR é um importante fator de risco para o desenvolvimento de obesidade, hipertensão e outros fatores de risco cardiovascular, bem como doença coronariana, derrame, perda de independência e mortalidade prematura (HAKOLA *et al.*, 2011; BRIEN *et al.*, 2007; LAAKSONEN *et al.*, 2002), sendo que todos aumentam com o avanço da idade.

Na pesquisa realizada por Baur *et al.* (2012) foi encontrada uma diminuição da ACR relacionada à idade de bombeiros militares norte-americanos do sexo masculino. No entanto, os pontos iniciais, intermediários e finais da ACR ao longo da carreira diferem significativamente de acordo com o IMC medido e a atividade física auto-relatada dos bombeiros. Enquanto os bombeiros obesos apresentaram valores de ACR mais baixos em todas as faixas etárias em comparação com os indivíduos com peso normal, o exercício físico atenuou a queda. Nesta mesma linha, o estudo aponta

que grande parte da diminuição da ACR relacionada à idade é potencialmente prevenível ao manter níveis elevados de atividade física e um IMC saudável (BAUR *et al.*, 2012). A capacidade de modificar a queda relacionada ao envelhecimento na ACR é especialmente importante entre os bombeiros, que dependem muito do seu consumo máximo de oxigênio e de uma adequada composição corporal para realizar suas tarefas com segurança, em uma profissão que tem eventos cardiovasculares como a principal causa de morte durante o serviço.

Episódios imprevisíveis de atividade intensa em indivíduos sedentários são um precursor conhecido de eventos coronários agudos (MITTLEMAN; MACLURE; TOFLER, 1993), assim como períodos de estresse emocional (WILBERT-LAMPEN, LEISTNER, GREVEN, 2008). Os bombeiros têm muito mais probabilidade de sofrer eventos de doença cardiovascular (DCV) durante períodos de resposta a alarmes ou combate a incêndios do que durante outras tarefas na estação de bombeiros (KALES *et al.*, 2007).

Sabe-se que a atividade de bombeiros é uma ocupação perigosa que exige esforço físico. No entanto, a atividade física inadequada torna os bombeiros propensos a obesidade e à síndrome metabólica. Bombeiros obesos são mais propensos a ganhar mais peso (SOTERIADES *et al.*, 2005) e associados à diminuição do estado de saúde (SOTERIADES *et al.*, 2005, KALES *et al.* 1999). Conforme comentado, a baixa atividade física e a reduzida ACR estão associadas a perfis de risco para doenças cardiovasculares desfavoráveis, bem como maior prevalência da síndrome metabólica (BAUR *et al.*, 2011).

Muitos bombeiros dos Estados Unidos recebem testes médicos e de habilidades físicas no início de suas carreiras profissionais e nenhuma reavaliação formal subsequente ao longo de um período de trabalho de 20-30 anos (SOTERIADES *et al.*, 2011), o que pode representar um risco, tendo em vista o esperado declínio da ACR com a idade.

No entanto, espera-se, sob a ótica ocupacional, que bombeiros mais velhos sejam capazes de desempenhar as mesmas funções essenciais do trabalho que os recrutas jovens. Estudos de tarefas simuladas de combate a incêndios sugerem que a capacidade aeróbica mínima necessária para realizar com segurança as funções de combate a incêndios varia de 33,9 a 45 mL/kg/min (9,7-12,8 METs) (ELSNER; KOLKHORST, 2008). Portanto, todos os bombeiros devem continuar a requerer

capacidades aeróbicas relativamente altas para realizar suas funções com segurança, independentemente de sua idade.

A diminuição na aptidão cardiorrespiratória é uma preocupação séria, uma vez que está associada a diversos fatores de risco para doenças cardiovasculares, como obesidade, hipertensão, doença coronariana, acidente vascular cerebral, perda de independência e mortalidade prematura (KALES; SMITH, 2017; KAMINSKY; MYERS; ARENA, 2019; RASCHKA; BAMBUSEK; TÜRK, 2012). Esses riscos aumentam significativamente com a idade avançada.

Devido às demandas físicas relacionadas ao trabalho dos bombeiros, espera-se que esses profissionais precisem de uma condição de condicionamento físico superior à população em geral (KALES; SMITH, 2017). No entanto, como já comentado, a referência ACR de 12 METs ou superior recomendada pela NFPA para bombeiros realizarem tarefas relacionadas ao trabalho de forma adequada e segura não leva em consideração o declínio fisiológico da ACR ao longo dos anos (KALES; SMITH, 2017; SMITH *et al.*, 2016; HAWKINS; WISWELL, 2003; ROSS *et al.*, 2016). Portanto, é necessário investigar mais a fundo como a idade afeta a aptidão cardiorrespiratória dos bombeiros e como essa informação pode ser utilizada para aprimorar as recomendações de treinamento físico para essa população.

Apesar do efeito inexorável da idade na aptidão física, pode-se argumentar que as exigências do combate a incêndios são constantes e, portanto, independem da idade ou aptidão física do bombeiro. Este argumento, baseado em uma perspectiva de saúde ocupacional (ou seja, baseado nas características das demandas do trabalho) é consistente com o padrão fixo de 12,0 MET proposto pela NFPA como padrão mínimo, independentemente de idade e sexo. Além disso, esse padrão fixo de ACR tem sido usado em estudos que avaliam resultados de saúde diferentes na população de bombeiros, particularmente saúde cardiometabólica (KAMINSKY; MYERS; ARENA, 2019; PETTEE *et al.*, 2022). Na população em geral, valores de ACR acima de 8,0 e 10,0 MET foram associados a melhores resultados de saúde, incluindo aumento da sobrevida (CASTILHO *et al.*, 2016).

É importante destacar que o envelhecimento afeta não apenas a aptidão cardiorrespiratória (ACR), mas também outros indicadores de saúde, como a gordura corporal e a obesidade em bombeiros. Estudos realizados com bombeiros norte-americanos, escoceses e belgas indicam que há uma associação entre o aumento da

idade e o acúmulo de gordura corporal (CAMERON *et al.*, 2018; KISS *et al.*, 2014; IDE, 2012). Esses achados são particularmente preocupantes, já que a composição corporal tem relação com a ACR, como demonstrado em pesquisas envolvendo bombeiros brasileiros, belgas e norte-americanos (KISS *et al.*, 2014; BAUR *et al.*, 2012; NOGUEIRA *et al.*, 2016).

No Brasil, todas as forças militares exigem um nível mínimo de entrada ACR antes do treinamento inicial da academia. Os requisitos variam entre os sexos, mas os processos de seleção de entrada para homens normalmente usam o mesmo padrão mínimo proposto pela NFPA – 12,0 MET. É o caso do Corpo de Bombeiros Militar de Brasília (CBMDF), onde o nível de entrada de ACR é de 12,0 MET para todos os candidatos do sexo masculino. Diferentemente de outras instituições de bombeiros brasileiras e mundiais, após ingressar no CBMDF, esses bombeiros devem realizar um teste de aptidão física anual obrigatório ao longo de sua carreira que inclui ACR e padrões mínimos ajustados para a idade (NOGUEIRA *et al.*, 2016).

Em suma, a pesquisa desenvolvida por Baur *et al.* (2012) apresenta que à medida que os bombeiros masculinos norte-amer norte-americanos de carreira envelhecem sua ACR é significativamente reduzida. No entanto, a magnitude desse declínio depende muito do IMC e dos hábitos de exercício físico dos bombeiros. Aqueles que têm um IMC saudável e se exercitam regularmente têm uma ACR inicial mais alta e sofrem uma redução menos acentuada ao longo do tempo. Assim, é importante medir a ACR, a atividade física e os indicadores de saúde cardiovascular regularmente desde a entrada na carreira e ao longo do tempo, o que vai ao encontro do preconizado pela NFPA. Isso pode ser uma ferramenta valiosa para prevenir a diminuição excessiva da ACR com o envelhecimento dos bombeiros. Além disso, como a manutenção de níveis elevados de aptidão física é fundamental para a segurança dos bombeiros e do público, as corporações de bombeiros devem incentivar a atividade física frequente e a manutenção de um peso saudável.

3.4 AS EXIGÊNCIAS LABORAIS DIÁRIAS DA PROFISSÃO DE BOMBEIRO E SUAS RELAÇÕES COM A APTIDÃO FÍSICA

O trabalho dos bombeiros é amplamente reconhecido como perigoso, envolvendo esforço físico extenuante e elevado estresse emocional (KALES, 2017).

Independentemente da organização ou local de trabalho, as atividades dos bombeiros incluem combate a incêndios, serviços médicos de emergência e resgates técnicos, os quais envolvem estressores como ruído, calor extremo, levantamento de objetos pesados e salvamento de pessoas (SOTERIADES *et al.*, 2011).

Para realizar essas atividades com segurança, os bombeiros devem usar equipamentos de proteção individual (EPIs), que acrescentam significativamente à sua carga de trabalho fisiológico. Os EPIs empregados no combate a incêndios pesam cerca de 30 kg e os bombeiros trabalham em ambientes extremamente desafiadores, incluindo temperaturas elevadas, fumaça perigosa e baixa visibilidade (RASCHKA BAMBUSEK; TÜRK, 2012; SMITH *et al.*, 2016). É importante considerar também que o uso de EPIs acarreta sobrecarga cardiorrespiratória, para além da muscular, implicando em menor consumo máximo de oxigênio quando o bombeiro está equipado, comparativamente àquele estimado com roupas leves e tênis, além de afetar também a temperatura corporal gerando, por si só, uma sobrecarga fisiológica extra (LEE *et al.*, 2013; WILKINSON *et al.*, 2020). Portanto, para realizar essas tarefas com eficiência e proteger a própria saúde, inclusive de situações fatais, como a morte súbita cardíaca, os bombeiros precisam manter aptidão física adequada, que inclui aptidão cardiorrespiratória, força e resistência muscular e composição corporal adequada (KALES; SMITH, 2017; SOTERIADES *et al.*, 2011; SMITH *et al.*, 2016).

A aptidão física pode ser definida como a capacidade de desempenhar tarefas cotidianas sem fadiga excessiva, permitindo uma boa relação entre a tarefa e o indivíduo (CASPERSEN; POWELL; CHRISTENSON, 1985). Para realizar suas tarefas de maneira eficiente e segura, especialmente o combate a incêndios, os bombeiros precisam de elevada aptidão cardiorrespiratória, força muscular e resistência muscular, além de outros componentes, (HANSON *et al.*, 2010; RUIZ *et al.*, 2008; SHEAFF *et al.*, 2010; TIMPKA *et al.*, 2014).

É importante ressaltar que os componentes da aptidão física possuem características independentes, mas ao mesmo tempo podem estar interligados, como a composição corporal e a ACR. Por exemplo, em um estudo conduzido por Nogueira *et al.* (2016) com bombeiros brasileiros, a mediana da aptidão cardiorrespiratória foi de 42,4 (18,2 - 64,7) mL(kg.min)⁻¹, com 52,9% dos 2240 participantes tendo VO₂max maior que 12 METs. Os resultados mostraram uma forte associação entre a aptidão cardiorrespiratória dos bombeiros e sua composição corporal, avaliada por diferentes

indicadores. Quando comparados aos bombeiros com peso normal, aqueles com excesso de peso ($IMC \geq 25,0 \text{ kg/m}^2$) apresentaram menores consumos de oxigênio, com diferenças variando entre -0,4 a -1,6 METs, dependendo da faixa etária.

Pensando nas demandas fisiológicas impostas aos bombeiros durante seu trabalho, é importante destacar que eles enfrentam exigências laborais muito específicas e intensas. Eles precisam estar preparados para atuar em diversas situações de emergência, desde combate a incêndios até resgates em acidentes de trânsito e desastres naturais. Essa profissão demanda uma série de habilidades técnicas e físicas, como a capacidade de trabalhar em equipe, resiliência emocional, coragem, força física, agilidade e boa forma física. Além disso, é preciso estar sempre atualizado sobre as mais recentes técnicas e tecnologias de combate a incêndios e resgate (BRASIL, 1986; BRASIL, 1991; SOTERIADES *et al.*, 2011; KALES; SMITH, 2017).

O trabalho do bombeiro é fundamental para garantir a segurança da população em situações de emergência, e por isso, é uma profissão que exige muito dos profissionais. Eles precisam estar sempre preparados para agir rapidamente e com eficiência, mesmo em situações de alto risco. Para atender a essas exigências laborais, os bombeiros precisam passar por um rigoroso processo de seleção e treinamento. Além disso, é fundamental que eles mantenham uma rotina de exercícios físicos e cuidem da saúde para manter a boa forma física e a capacidade de atuação em situações de emergência (KALES; SMITH, 2017; BRASIL, 1991; SMITH *et al.*, 2016). Entretanto, constata-se de modo muito preocupante, que diversos estudos têm indicado proporções elevadas de bombeiros com baixa ACR e composição corporal inadequada, o que, por si só, reforça a necessidade de melhor entender esses fenômenos nesta profissão, especialmente em análises longitudinais. (LOFRANO-PORTO *et al.*, 2020; NOGUEIRA *et al.*, 2016; POSTON *et al.*, 2011; RANADIVE *et al.*, 2021; STRAUSS *et al.*, 2021)

Atualmente, o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) desenvolve diferentes atividades inerentes à profissão, sendo estas claramente definidas em sua Lei de Organização Básica (Lei n. 8.255, de 20 de novembro de 1991), de onde se extraem as seguintes competências:

Realizar serviços de prevenção e extinção de incêndios, serviços de busca e salvamento, perícias de incêndio relacionadas com sua competência, prestar socorros nos casos de sinistros, sempre que houver ameaça de destruição de haveres, vítimas ou pessoas em iminente perigo de vida, atividades de segurança contra incêndio e pânico, com vistas à proteção das pessoas e dos bens públicos e privados, atividades de prevenção aos incêndios florestais, com vistas à proteção ambiental (BRASIL, 1991, p. 1).

Nessas atribuições, são evidentes algumas condições que podem implicar em sobrecarga cardiovascular e demandar elevado preparo físico e emocional para o adequado desempenho da função. Nesse contexto, passar-se-á ao detalhamento dos fatores importantes da aptidão física e da saúde, associados à atividade profissional de bombeiros.

Os estudos que simulam tarefas operacionais indicam que a ACR mínima necessária para executar com segurança o combate a incêndios, considerando o uso de EPI e demandas térmicas, gira em torno de 33,9 a 45,0 mL(kg.min)⁻¹ ou 9,7 a 12,9 METs (SOTHMANN *et al.*, 2009). Na Bélgica, por exemplo, a depender da idade e da função desempenhada pelo bombeiro, os critérios mínimos de ACR estabelecidos são de 38,0 e 45,0 mL(kg.min)⁻¹ (KISS *et al.*, 2014).

Em um estudo com 36 bombeiros norte-americanos utilizando EPI, realizando uma tarefa simulada de subir cinco andares, resgatar uma vítima desacordada e descer de volta, a tarefa levou em média 5 minutos e 27 segundos, com VO₂ médio de 34,1 mL(kg.min)⁻¹ ou 9,7 METs. Em geral, quanto maior a capacidade aeróbica máxima, menor será a sobrecarga relativa causada pela execução de uma tarefa (WILLIAMS-BELL *et al.*, 2010).

O mesmo grupo, avaliando candidatos ao cargo de bombeiros, em teste padronizado em circuito de oito atividades simuladas que não incluíam o combate a incêndio, estimou o consumo médio de oxigênio ao longo do teste em 38.5 mL(kg.min)¹, correspondendo a cerca de 73% da capacidade máxima dos participantes. Destaca-se que a média de idade dos 34 homens avaliados era de 24,3 ± 5,6 anos e que, portanto, é lícito estimar que a demanda relativa em bombeiros mais velhos seja significativamente superior (WILLIAMS-BELL *et al.*, 2010).

Em estudo recente avaliando as respostas cardiovasculares de 67 bombeiros norte-americanos realizando atividade simuladas de combate a incêndio, observou que as ações eram fisicamente muito exigentes, gerando aumentos máximos da frequência cardíaca (FC) ou próximos do máximo (JOHNSON *et al.*, 2020).

Resultados semelhantes quanto à intensidade das atividades inerentes à profissão foram observados em estudo de nosso grupo, no qual se verificou que bombeiros em situação de vida real, em combate a incêndio florestal, permaneceram em média 12 minutos em faixa de FC correspondente a esforço muito vigoroso ($\geq 94\%$ da FC máxima prevista para a idade), sendo que um dos voluntários permaneceu 33 minutos nesta intensidade (MARTIN *et al.*, 2020).

As exigências físicas do combate a incêndios envolvem um conjunto único de estressores. Os bombeiros realizam um trabalho muscular extenuante, devendo subir escadas, carregar materiais e usar ferramentas pesadas em posições incômodas, além de enfrentarem difíceis operações de resgate. Eles trabalham em ambientes perigosos, enfrentando temperaturas extremas, fumaça tóxica (incluindo monóxido de carbono e cianeto de hidrogênio) e condições caóticas, como ruído alto e baixa visibilidade. Além disso, o trabalho deve ser feito com urgência e muitas vezes é realizado sob estresse psicológico (KALES; SMITH, 2017; SMITH *et al.*, 2016).

É importante destacar que os maiores riscos para os bombeiros decorrem da doença cardiovascular e da tensão térmica associada ao combate a incêndios. Conforme comentado, as atividades extenuantes do combate a incêndios levam a frequências cardíacas máximas ou quase máximas, que podem permanecer elevadas por longos períodos de tempo (JOHNSON *et al.*, 2020; MARTIN *et al.*, 2020; SOTERIADES *et al.*, 2011). Devido às condições da profissão, os bombeiros estão expostos a riscos crônicos e agudos, como exposição à fumaça, barulho, privação do sono, distúrbios de estresse pós-traumático, elevada demanda de trabalho, excesso de calor, desidratação e outros (SOTERIADES *et al.*, 2011).

É importante reforçar que a profissão de bombeiro exige boa condição física para suportar o estresse físico e psicológico que a jornada de plantão exige. Além do treinamento, os bombeiros precisam atender a ocorrências, cuja rotina é repetida ao longo da carreira, que pode durar mais de 30 anos. Segundo Kales *et al.* (2007), o período após o "brado" representa cerca de 9% da atividade profissional anual dos bombeiros norte-americanos e corresponde a 13,4% dos eventos cardiovasculares fatais que ocorrem durante o serviço. Esse dado ilustra os potenciais efeitos negativos do estresse emocional, que antecede a maior demanda física, mesmo que se associe a alguma exigência superior ao repouso, como no manuseio dos equipamentos. Esse dado é uma ótima forma de reforçar o quão grande é a sobrecarga fisiológica nos

bombeiros. Considerando o tamanho do impacto que apenas o estresse emocional pode ter, é imperativo pensar sobre o impacto de ter uma atividade de altíssima demanda física somada ao estresse emocional de estar em uma situação de vida ou morte. Assim, faz-se extremamente necessário que os bombeiros tenham sua aptidão física bem desenvolvida para que seus organismos possam suportar tamanho impacto, com os menores desgastes, agudos e crônicos, possíveis (KALES; SMITH, 2017).

3.5 A IMPORTÂNCIA DA ADEQUADA COMPOSIÇÃO CORPORAL

A obesidade é uma condição epidêmica que tem crescido de forma dramática nos últimos 50 anos, embora algumas evidências sugiram que a taxa de crescimento esteja desacelerando (VON RUESTEN *et al.*, 2015; FLEGAL *et al.*, 1998). No entanto, estudos também têm mostrado um aumento na prevalência da obesidade em países em desenvolvimento, semelhante ao que foi inicialmente experimentado pelos países desenvolvidos (MISRA; KHURANA, 2008). A prevalência da obesidade quase dobrou em todo o mundo entre 1980 e 2008, e aumentos ocorreram em todas as regiões do mundo avaliadas pela Organização Mundial da Saúde (WHO, 2012).

Além do impacto do aumento, a obesidade é uma condição associada a outras comorbidades importantes e problemas de saúde pública, como diabetes (SAKURAIY *et al.*, 1999) e doenças cardiovasculares (LANDSBERG *et al.*, 2013). Considerando sua grande prevalência, o ideal é que o método para identificação ou diagnóstico da obesidade deva ser baseado em ferramentas confiáveis, simples e de baixo custo. Vários métodos e/ou técnicas têm sido usados para avaliar a composição corporal e categorizar a obesidade, seja para fins de pesquisa ou clínicos (NHMRC, 2013). A espessura das dobras cutâneas e a impedância bioelétrica são comumente usadas para estimar e monitorar a composição corporal em triagens esportivas e ocupacionais. A técnica mais precisa, embora mais cara, é a análise da composição corporal pelo método de densitometria por dupla energia de raios-X (DXA).

Dentre esta variedade de métodos de determinação da composição corporal, o índice de massa corporal (IMC) é o mais amplamente utilizado e recomendado por associações científicas por ser o método de menor custo, reproduzível e fácil aplicação (ABESO, 2009). Um dos estudos longitudinais mais conhecidos que utilizou o IMC

para avaliar continuamente a prevalência da obesidade, os riscos relacionados à saúde e o estado nutricional de adultos e crianças americanos, além de outros resultados, é a Pesquisa Nacional de Exame de Saúde e Nutrição (NHANES) (ISER *et al.*, 2012).

No Brasil, desde 2006, o Ministério da Saúde conduz levantamento semelhante (VIGITEL) com o objetivo de identificar fatores de risco relacionados à saúde por meio de entrevistas telefônicas (ISER *et al.*, 2012). Como o NHANES, o VIGITEL também caracteriza a obesidade com base em um ponto de corte de IMC de ≥ 30 kg/m² (BRASIL, 2022a).

Embora algumas possibilidades de classificação incorreta da massa muscular como gordura corporal existam (SACHER, 2002), o IMC tem sido amplamente aceito como um método apropriado para estimar a prevalência da obesidade nos contextos de saúde pública e de risco à saúde. Na maior parte, a classificação incorreta é uma preocupação significativa quando a composição corporal é avaliada, como em condições atléticas ou de desempenho físico, onde a prevalência de pessoas em forma com peso adicional devido à massa muscular é potencialmente maior do que na população em geral. Neste contexto, é plausível considerar que o IMC possa superestimar o excesso de peso e a obesidade entre atletas e algumas populações trabalhadoras que supostamente são mais ativas, como bombeiros e outras profissões de segurança pública. Contudo, estudos realizados em bombeiros de 3 nacionalidades distintas encontraram resultados similares ratificando a validade desta ferramenta, com destaque para o fato de que a ocorrência de falsos positivos (pessoas com muita massa muscular erroneamente classificadas como tendo obesidade) é baixa (PORTO *et al.*, 2016; POSTON *et al.*, 2011; GUREVICH *et al.*, 2017).

Especialistas em saúde têm alertado sobre uma epidemia de obesidade nos Estados Unidos (INOUE *et al.*, 2018; JAMES; RIGBY; LEACH, 2004), que é considerada um dos cinco principais fatores de risco no mundo para mortes atribuíveis e anos de vida ajustados por incapacidade (GBD, 2018). A obesidade está associada a diversos problemas de saúde, tais como doenças cardiovasculares (DCV), doença da vesícula biliar, diabetes, câncer, osteoartrite e distúrbios do sono. Além disso, a obesidade é um preditor significativo de doença coronariana e insuficiência cardíaca, sendo indiretamente relacionada à saúde cardiovascular por meio de sua associação com diversos outros fatores de risco de DCV, incluindo hipertensão, colesterol alto,

baixa colesterol de lipoproteína de alta densidade (HDL), triglicerídeos elevados e diabetes *mellitus* (FLINT *et al.*, 2010; HUBERT *et al.*, 1983; CERCATO; FONSECA, 2019). Portanto, é essencial que haja intervenções para diminuir o risco cardiovascular geral, sendo a obesidade um alvo primário.

O combate a incêndio é conhecido por ser uma ocupação perigosa que é fisicamente exigente. No entanto, a deficiência de atividade física torna os bombeiros propensos ao aumento da obesidade e a síndrome metabólica. Bombeiros obesos são mais suscetíveis a ganhar mais peso e a obesidade também está associada ao declínio no estado geral de saúde (BAUR; CHRISTOPHI; KALES, 2012; KAMINSKY; MYERS; ARENA, 2019). Como comentado anteriormente, o baixo nível de atividade física e a baixa ACR estão associados a DCVs e como maior prevalência de doenças da síndrome metabólica (CASTILHO *et al.*, 2016; PRIETO *et al.*, 2013).

Como já comentado, um componente fundamental da aptidão física (APF) é a composição corporal, porém foi apenas nos anos 1980 que a comunidade científica passou a considerá-la como um fator determinante da APF relacionada à saúde (NAHAS, 2017). O sábio Hipócrates já discutia sobre os efeitos de se ter uma composição corporal adequada ou não para a saúde, sendo que seus relatos sugerem que a morte súbita é mais comum entre aqueles que são obesos quando comparados aos que não são, além de descrever a obesidade como o prenúncio de outras doenças (HIPÓCRATES, 460 a.C., *apud* BAIN, 2006; HU, 2008).

Sabe-se que a obesidade está associada a mudanças negativas nos vasos e artérias, aumentando a rigidez destas e contribuindo para o risco de desenvolver doenças cardiovasculares e acidente vascular cerebral (KAPPUS *et al.*, 2014; WILSON *et al.*, 2002). Apesar da forte evidência científica relacionando os efeitos negativos para a saúde decorrentes da obesidade, atualmente não há diretrizes ocupacionais descrevendo a obesidade como uma condição limitadora para o serviço ativo entre os bombeiros (NOGUEIRA *et al.*, 2016; PORTO *et al.*, 2016). A implementação de requisitos mínimos de aptidão física, incluindo-se a avaliação da composição corporal se insere no contexto da caracterização de testes como testes de aptidão física para o trabalho ou testes de “boa fé” (*bona fide*) para requisitos ocupacionais (GUMIENIAK; JAMNIK; GLEDHILL, 2011).

O índice de massa corporal (IMC) é frequentemente utilizado como medida da composição corporal para descrever a prevalência de excesso de peso (IMC entre

25,0 e 29,9 kg/m²) e obesidade (IMC \geq 30,0 kg/m²) entre bombeiros. Um estudo de Munir *et al.* (2012) demonstrou que 54% e 11% dos bombeiros do Reino Unido foram classificados como tendo excesso de peso e obesidade, respectivamente. O mesmo estudo demonstrou que, após dois anos, o percentual de bombeiros com excesso de peso reduziu para 53% e o de obesos aumentou para 13%.

O estudo de Gurevich *et al.* (2017), desenvolvido com bombeiros russos, encontrou prevalência de sobrepeso e obesidade de 68,6% e 18,8%, respectivamente. A realidade dos bombeiros de carreira norte-americanos é ainda mais preocupante. Poston *et al.* (2011) demonstraram que 76,7% desses profissionais apresentam excesso de peso, sendo que 32,6% estavam obesos. Este mesmo estudo, após a realização de um cálculo de regressão, demonstrou que o aumento de uma unidade no IMC correspondia a um aumento de 9% na probabilidade do bombeiro se afastar do trabalho devido a lesões. É impressionante como uma ferramenta de medição simples pode fornecer tantas informações valiosas.

Embora tenha sido criticado por sua limitação em distinguir massa muscular de tecido adiposo, o Índice de Massa Corporal (IMC) tem sido aceito como um método apropriado para estimar a prevalência de obesidade. Isso pode ser comprovado pelo estudo realizado por Porto *et al.* (2016), que avaliou a composição corporal de bombeiros brasileiros por meio da medição do percentual de gordura usando o método de dobras cutâneas (tricipital, supra ilíaco e abdominal - método de referência) e o IMC. A prevalência de obesidade estimada pelo IMC foi de 13,3%, enquanto a estimada pelo percentual de gordura foi de 15,9%. É importante observar que as prevalências de obesidade estimadas pelo IMC foram menores do que aquelas estimadas pelo percentual de gordura em todas as subcategorias analisadas, seja por faixa etária ou por aptidão cardiorrespiratória ou muscular. No entanto, a pesquisa observou que a sensibilidade do IMC (capacidade de identificar corretamente os obesos quando comparada à medida do percentual de gordura) foi baixa, enquanto sua especificidade foi alta, demonstrando que o IMC é uma boa ferramenta para identificar os não obesos (PORTO *et al.*, 2016).

A obesidade tem sido associada a um risco duas vezes maior de hipertrofia ventricular em bombeiros (SOTERIADES *et al.*, 2011). Outras pesquisas com bombeiros encontraram uma relação positiva entre o IMC e a gravidade dos fatores de risco de DCV e o risco de fatalidades em serviço (YANG *et al.*, 2013). Apesar das

enormes implicações da obesidade sobre a saúde cardiovascular, uma alta prevalência tem sido relatada nos bombeiros e estudos recentes mostraram que a obesidade aumenta sua prevalência com o avanço da idade (SMITH *et al.*, 2020).

Nesta linha de pesquisa, Durand *et al.* (2011) demonstraram que o aumento da atividade física reduziu as taxas sanguíneas de colesterol, triglicerídeos e glicose nos bombeiros do Centro Oeste norte-americano, com efeitos benéficos sobre a capacidade cardiorrespiratória e redução do risco de doença cardiovascular. A frequência da realização do exercício foi mais importante do que a duração e a intensidade do mesmo. Já o aumento do IMC provocou incremento do risco de doença cardiovascular.

A obesidade é uma grave questão de saúde pública que afeta indivíduos de todas as idades e gêneros, e diversos estudos têm demonstrado uma forte associação entre o excesso de peso e a obesidade com uma série de condições adversas à saúde, incluindo hipertensão, dislipidemia, diabetes, doenças cardiovasculares, câncer e outras doenças graves que podem levar à morte precoce (FONTAINE *et al.*, 2003; MUST *et al.*, 1992). A obesidade é uma doença crônica caracterizada pelo excesso de gordura corporal, e diversos fatores podem contribuir para o seu desenvolvimento, como fatores genéticos, endócrino-metabólicos, nutricionais e comportamentais, como sedentarismo e hábitos alimentares pouco saudáveis (DAMIANI; CARVALHO; OLIVEIRA, 2000).

É importante destacar que os custos atribuíveis à obesidade são elevados, não apenas em termos de morte prematura e cuidados de saúde, mas também em termos de incapacidade e qualidade de vida reduzida. A prevalência de sobrepeso e obesidade está aumentando rapidamente em todo o mundo, inclusive em países em desenvolvimento, onde coexistem com a desnutrição. Isso representa uma dupla carga para esses países e requer esforços equilibrados para combater ambos (POPKIN; GORDON-LARSEN, 2004).

Embora alguns indivíduos tenham predisposição genética ou biológica para ganhar peso facilmente em um ambiente desfavorável, as causas fundamentais da epidemia de obesidade são sociais, resultantes de um ambiente que promove estilos de vida sedentários e o consumo de dietas ricas em gordura e densas em energia. Esses dois fatores interagem de tal forma que, mesmo para pessoas que mantêm níveis moderadamente altos de atividade física ao longo da vida, ingestões mais

baixas de gordura (por exemplo, 20-25% da energia) são necessárias para minimizar o desequilíbrio energético e o ganho de peso em indivíduos e sociedades sedentárias (WILLETT; DIETZ; COLDITZ, 1999).

A prevenção do sobrepeso e obesidade deve começar cedo na vida e envolver o desenvolvimento e manutenção de padrões saudáveis de alimentação e atividade física. Em adultos, a prevenção do sobrepeso deve incluir esforços para evitar mais ganho de peso, mesmo quando o IMC ainda está na faixa de peso normal estabelecida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) (Tabela 1). Estilos de vida saudáveis, que combinam dietas equilibradas de menor densidade energética (com aumento de vegetais, frutas, grãos e cereais) com níveis aumentados de atividade física (como caminhada) e reduções no comportamento sedentário, devem ser promovidos. A prevenção não é apenas responsabilidade dos indivíduos, mas também requer mudanças estruturais na sociedade (WHO, 2003).

Tabela 1. Classificação do IMC em adultos.

CLASSIFICAÇÃO	IMC
ABAIXO DO PESO	< 18.50
PESO NORMAL	18.50 – 24.99
SOBREPESO	25.00 – 29.99
OBESO CLASSE I	30.00 – 34.99
OBESO CLASSE II	35.00 – 39.99
OBESO CLASSE III	≥ 40.00

Fonte: WHO, 2000, p. 9.

Apesar dos riscos associados à obesidade, a prevenção e o tratamento eficazes ainda são desafios, como apontam Santarpia; Contaldo; Pasanisi (2013), devido à fraca eficácia de intervenções preventivas e farmacológicas. Intervenções inadequadas podem levar à síndrome da sanfona e sistemas de saúde frequentemente não dão a devida atenção à prevenção e tratamento. A obesidade abdominal é considerada um fator de risco independente para diversas morbidades e é melhor avaliada por meio da circunferência da cintura, de acordo com Olinto *et al.* (2006). Estudos de base populacional no Brasil mostram que a obesidade é um problema crescente (LINHARES *et al.*, 2012).

Além disso, a obesidade tem se tornado uma preocupação crescente entre bombeiros e sua prevalência tem aumentado ao longo do tempo. Um estudo realizado por Soteriades *et al.* (2005) acompanhou 332 bombeiros de Massachusetts, Estados Unidos, por cinco anos e constatou um aumento na prevalência de obesidade de 35% para 40% no período. Os bombeiros obesos estudados apresentaram maior probabilidade de desenvolver hipertensão arterial e dislipidemia. Diante disso, os autores sugerem a realização de avaliações médicas periódicas, juntamente com a prática regular de exercícios físicos e cuidados alimentares, para combater essa situação, que representa uma ameaça à segurança pública (SOTERIADES *et al.*, 2005).

A obesidade também pode levar à incapacidade para o trabalho em bombeiros, como mostrado em um estudo de acompanhamento realizado por Soteriades *et al.* (2008). Nesse estudo com bombeiros norte-americanos, foi relatado que o acréscimo de uma unidade no Índice de Massa Corporal (IMC) esteve associado a um risco aumentado de 5% de incapacidade para o trabalho. Esses achados destacam a importância da prevenção e tratamento da obesidade entre bombeiros, não só para sua própria saúde, mas também para a segurança pública em geral.

Pesquisa realizada na Policlínica do CBMDF constatou-se que a obesidade é a doença com maior incidência entre os militares da ativa, de acordo com os dados da avaliação médica bienal. Esta inspeção de saúde tem como finalidade o controle médico periódico dos bombeiros e tem como objetivo avaliar, diagnosticar, orientar e encaminhar pacientes que apresentem doenças ou fatores de risco para ambulatórios de especialidades médicas. Segundo os resultados da bienal realizada no CBMDF, as doenças CID 10 R 63.5 e E66, que correspondem a ganho de peso anormal e obesidade, apresentam maior prevalência (DISAU, 2023).

Em bombeiros, essa condição também merece atenção. Estudos apontam um risco sete vezes maior de bombeiros norte-americanos com obesidade apresentarem hipertensão arterial quando comparados com bombeiros não obesos (SOTERIADES *et al.*, 2011). Ainda, a chance de morte súbita de bombeiros obesos em serviço, causada por doença coronariana, foi aumentada entre 1,5 e 6,6 vezes em comparação com bombeiros não obesos (KALES *et al.*, 2003). Obesidade é um fator de risco para a incidência de doenças coronarianas, incapacidade relacionada ao trabalho,

absenteísmo e aposentadoria precoce em bombeiros (POSTON *et al.*, 2011; SOTERIADES *et al.*, 2011).

Um estudo com 4.237 bombeiros do Distrito Federal (Brasil) investigou a associação entre obesidade e ACR e descobriu que aqueles com IMC ≥ 30 kg/m² possuíam 6 a 9 vezes mais chances de apresentarem ACR inadequada para a atividade profissional do que aqueles com IMC < 30 kg/m² (NOGUEIRA, 2016). Outra pesquisa realizada com bombeiros do Espírito Santo (Brasil) revelou que ter obesidade central (cintura > 94 cm) aumentou a chance de ACR inadequada em 3 a 8 vezes mais em comparação com aqueles que tinham cintura < 94 cm (DAMACENA *et al.*, 2020).

É importante destacar que a atividade física é fundamental para manter uma boa ACR. Baur *et al.* (2012) descobriram que, embora os bombeiros com obesidade tenham uma ACR menor do que seus pares sem obesidade, aqueles que praticavam 150 minutos ou mais de atividade física por semana apresentavam uma ACR maior do que os que não praticavam. No entanto, deve-se ter em mente que a obesidade é uma condição multifatorial e complexa (WHO, 2003), e a estratégia adequada é sempre acolher e dar suporte aos indivíduos quando se objetiva prevenir ou tratar o excesso de peso (PUHL; HEUER, 2009).

Estudos realizados por Saltin *et al.* (1968) e McGuire *et al.* (2001) têm mostrado que a má forma física está diretamente relacionada a um VO₂ máximo mais baixo. É importante ressaltar que os bombeiros têm sido alertados sobre os impactos negativos do excesso de peso e baixa aptidão física em relação a lesões por incêndio e eventos cardíacos súbitos. Além disso, essas condições também podem prejudicar o desempenho dos bombeiros durante atividades operacionais de combate a incêndio. Dessa forma, é evidente que a baixa aptidão física e o excesso de gordura corporal têm efeitos negativos significativos sobre a capacidade dos bombeiros de realizar com eficiência e segurança as suas tarefas no combate a incêndios (SOTERIADES *et al.*, 2011; GAVIN *et al.*, 2018; NOGUEIRA *et al.*, 2016).

Ademais, um estudo de campo coordenado por Gavin *et al.* (2018) mostrou que mais de um terço dos indivíduos sentiu-se muito cansado, com muito calor, enjoo ou teve tontura durante o segundo turno de atividade de combate a incêndio, levando a uma redução na produção de trabalho. Os indivíduos incapazes de completar a segunda sessão de atividade simulada de combate a incêndio tinham níveis de

condicionamento físico mais baixos, eram mais pesados e tinham um IMC mais alto em comparação com aqueles que conseguiram completar ambas as sessões. O IMC para aqueles que concluíram todas as tentativas estava no limite entre o normal e o sobrepeso (IMC = 25 kg/m²), enquanto o IMC para aqueles que não conseguiram concluir pelo menos uma tentativa estava no limite entre o sobrepeso e a obesidade (IMC = 30 kg/m²).

3.6 RISCO CARDIOVASCULAR DA PROFISSÃO

No Brasil, ainda são poucos os dados científicos descrevendo quais os fatores que mais causam morte de bombeiros militares em serviço, mas é lícito estimar que, assim como ocorre com os bombeiros norte-americanos, significativa parcela de eventos agudos durante o trabalho também seja relacionada a problemas do aparelho cardiovascular. Ademais, há que se considerar os eventos não fatais, assim como afastamentos ao serviço e aposentadorias precoces decorrentes de doenças cardiovasculares e metabólicas (IDE, 1998; POSTON *et al.*, 2011).

No Distrito Federal, conforme análise desenvolvida no Curso de Altos Estudos para Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF), constatou-se que os bombeiros militares da localidade tiveram uma expectativa de sobrevida média de 5,9 anos a menos do que a população masculina da mesma região. Evidencia-se, também, que o vínculo entre a atividade profissional de bombeiros, a presença de doenças e/ou fatores de risco cardiovasculares e a saúde, têm sido alvo de investigação científica (SANTOS, 2011).

O combate a incêndios é uma das atividades mais perigosas em que os bombeiros atuam, conforme evidenciado pelos dados de bombeiros norte-americanos (KALES *et al.*, 2007). Mesmo representando apenas 1% de todas as ocorrências que os bombeiros enfrentam durante um ano, o combate a incêndios apresenta um risco de morte em serviço 13.600% maior do que as atividades não emergenciais (KALES *et al.*, 2007). O aumento do risco no combate a incêndios tem sido verificado tanto para incêndios urbanos como florestais, exigindo que os profissionais estejam adequadamente preparados (KALES; SMITH, 2017; SMITH *et al.*, 2016).

Os incêndios estruturais são particularmente desafiadores, caracterizados por ambientes de trabalho caóticos, ruidosos, de baixa visibilidade e com limitações de

tempo severas, além de várias situações de risco de morte. Tudo isso é feito utilizando equipamentos de proteção individual (EPIs) que geralmente pesam mais de 25 kg. O combate a incêndios, juntamente com o uso dos EPIs, adiciona uma demanda significativa ao organismo, com elevadas demandas metabólicas e termorregulatórias que ocorrem durante uma atividade física de alta intensidade, no calor e com isolamento térmico (RASCHIKA; BAMBUSEK; TURK, 2012; WILKINSON *et al.*, 2020).

Outro ponto que merece atenção é o combate a incêndios florestais, é uma atividade que exige grande esforço físico e o uso de equipamentos pesados e EPIs, como mochilas costais de água, abafadores, enxadas, pás e motosserras (HEIL, 2002; MARTIN *et al.*, 2020). Esses equipamentos podem pesar de 3 a 20 kg em média, o que aumenta ainda mais a demanda física dessa atividade, especialmente em terrenos acidentados com elevações e declives, elevada temperatura ambiente e a presença de gases tóxicos (WEGESSER; PINKERTON; LAST, 2009).

As condições enfrentadas pelos bombeiros durante o combate a incêndios florestais podem ser extremamente desgastantes para o organismo. As altas temperaturas, o esforço físico e o uso de EPIs resultam em um estresse térmico significativo que, somado à desidratação, aumenta a sobrecarga cardiovascular. Estudos mostram que a frequência cardíaca (FC) é significativamente maior durante o combate a incêndios em comparação a um exercício normal de preparação física, com os bombeiros apresentando em média uma FC máxima de 195 bpm e 100% do máximo previsto pela idade (WILKINSON *et al.*, 2020). Além disso, as partículas presentes na fumaça, como monóxido de carbono e sulfato de hidrogênio, podem aumentar a pressão sistólica e promover isquemia e arritmia em indivíduos suscetíveis (SMITH *et al.*, 2016).

Além do combate a incêndio, outras atividades operacionais dos bombeiros militares configuram também risco de sofrer eventos cardiovasculares, durante períodos de alto estresse físico ou psicológico, tais como resposta a alarme ou salvamentos. O exercício físico regular de duração suficiente é amplamente aceito para promover cardioproteção (DONCHEVA; NIKOLOVA; DANEV, 2003; GARBER *et al.*, 2011; THOMPSON *et al.*, 2007; WHO, 2020).

Segundo uma pesquisa realizada por Kales *et al.* (2007), as mortes por doença coronária entre bombeiros norte-americanos foram associadas à supressão de incêndio (32,1% de todas as mortes), resposta ao alarme (13,4%), retorno do socorro

(17,4%), treinamento físico (12,5%), serviço de emergências médicas (9,4%) e atividades não emergenciais (15,4%). Comparando as chances de morte por doença coronária durante tarefas não emergenciais, a supressão de incêndio apresentou chances de 12,1 a 136 vezes mais altas, a resposta ao alarme de 2,8 a 14,1 vezes mais altas, o retorno do socorro de 2,2 a 10,5 vezes mais altas e o treinamento físico de 2,9 a 6,6 vezes mais altas. Essas probabilidades foram baseadas em três estimativas do tempo que os bombeiros gastam em suas funções e estão ilustradas na Figura 3

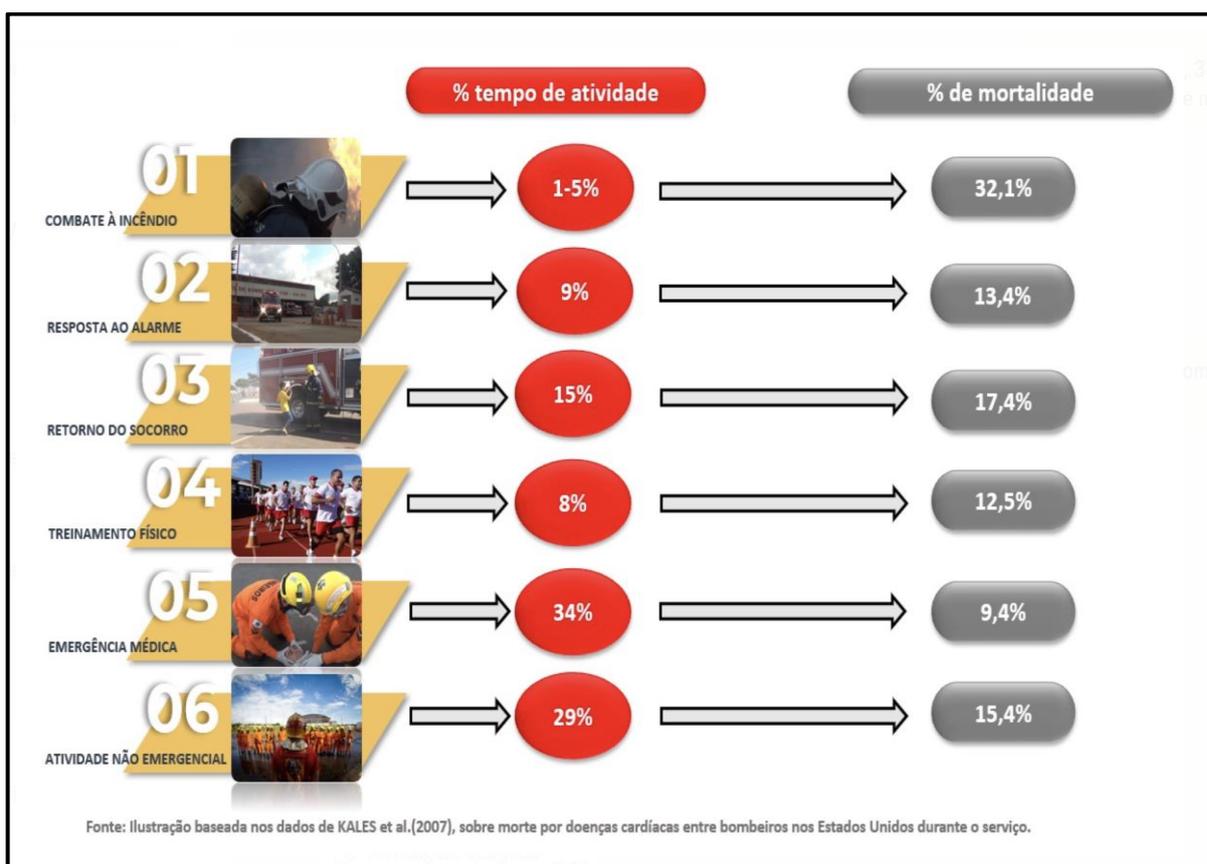


Figura 3. Risco de mortes por doença arterial coronariana entre bombeiros americanos envolvidos em atividades de emergência e treinamento físico, comparativamente àqueles envolvidos em atividades de não-emergência.

Fonte: Adaptada de KALES *et al.*, 2007, p. 1210.

As mortes por doença coronariana entre os bombeiros são verdadeiramente precipitadas pelo seu trabalho. Os bombeiros em serviço forneceram evidências preliminares de que os eventos coronarianos podem ser desencadeados por serviços específicos de combate a incêndios. Uma evidência importante da associação do risco

cardiovascular com o desempenho profissional é o fato do ritmo circadiano de mortes por doença coronariana acompanhar os horários de exigência profissional, diferentemente da população em geral (KALES *et al.*, 2003).

Neste diapasão, informações importantes sobre a relação entre a profissão de bombeiro e o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares (DCV) são fundamentais. Relatórios de óbitos por morte súbita de bombeiros americanos indicam que os sintomas podem ocorrer tanto antes quanto após atividades de combate a incêndios, respostas a alarmes e outros tipos de emergências (KALES *et al.*, 2007). Nessa pesquisa em questão, as mortes foram classificadas em três categorias: associadas ao combate a incêndio, à resposta ao alarme e a incidentes de emergência, incluindo falsos alarmes.

Um dos fatores de risco para DCV é a exposição à fumaça, gases e partículas presentes em incêndios. Mesmo com o uso de aparatos de respiração autônomo, os bombeiros ainda correm risco durante o rescaldo, quando o local é inspecionado para verificar a possibilidade de reignição (BAXTER *et al.*, 2010). A inalação de fumaça pode levar à hipóxia tecidual devido à presença de monóxido de carbono, cianeto e hipoxemia direta, podendo causar isquemia do miocárdio em pessoas com DCV subjacentes. Além disso, as partículas presentes na fumaça podem causar disfunção autonômica, como aumento da frequência cardíaca, diminuição da variabilidade da frequência cardíaca e aumento da ocorrência de arritmias cardíacas (DOCKERY, 2001). Neste particular, vale destacar que pesquisa de nosso grupo identificou melhor regulação autonômica entre bombeiros brasileiros com maior ACR (≥ 12 METs), comparativamente àqueles com ACR < 12 METs, indicando assim outro potencial benefício em bombeiros apresentarem boa ACR (PORTO *et al.*, 2019). A exposição a longo prazo à fumaça também pode aumentar a formação de radicais livres, disfunção endotelial, coagulação e progressão da arteriosclerose (SIMKHOVICH; KLEINMAN; KLONER, 2009).

Outro fator de risco é a exposição a ruídos intermitentes, como sirenes, motores de veículos e equipamentos de resgate mecânicos, que podem ter impacto negativo na saúde cardiovascular. Os bombeiros apresentam exposições intermitentes superiores a 90 dBA, ultrapassando o limite de exposição permitido pela legislação federal (KALES *et al.*, 2009). O retorno do alarme incluiu todos os eventos que ocorreram durante o retorno de incidentes e aqueles que ocorreram dentro de várias

horas após uma chamada de emergência. O treinamento físico incluiu todas as atividades físicas de trabalho, testes de habilidades físicas e exercícios simulados ou atividade real de resgate, emergência e pesquisa. (KALES *et al.*, 2007).

Portanto, é importante que os profissionais da área de saúde avaliem precocemente a presença de fatores de risco cardiometabólico em bombeiros, como nível de atividade física, ACR e IMC, para prevenir o desenvolvimento de doenças e a morte prematura desses profissionais. Além disso, medidas de proteção devem ser adotadas para minimizar a exposição à fumaça e ruídos intermitentes durante as atividades de combate a incêndios e outras emergências (KALES; SMITH, 2017).

Estima-se que para cada aumento de cinco decibéis em exposição ao ruído ocupacional agudo, há um aumento agudo correspondente de 0,51 mmHg na pressão arterial sistólica. Assim, o som das sirenes pode elevar a pressão arterial sistólica em 5,9-11,8 mmHg. Há um consenso geral de que os efeitos hemodinâmicos de ruído ocupacional intermitente persistem durante exposição ativa (SAWADA, 1993).

Pesquisadores documentaram sobre o brado/sirene, que os bombeiros norte-americanos alcançaram número de batimentos máximo previsto durante ações de emergência, tais valores chegam a atingir 188 batimentos por minuto. Vários grupos confirmaram que os batimentos cardíacos aumentam drasticamente após o alarme inicial e atingem os máximos valores previstos, seja em situações simuladas ou reais (SOTHMANN *et al.*, 1992).

O trabalho dos bombeiros também envolve enfrentar diversos desafios psicológicos durante as emergências, incluindo incêndios, desastres naturais, atos de terrorismo, salvamentos e atendimento médico, o que pode levar a um alto nível de estresse ocupacional (DE LANGE *et al.*, 2009). Essas circunstâncias podem aumentar os batimentos cardíacos e a pressão arterial dos bombeiros, bem como causar distúrbios de sono, tornando-os mais suscetíveis a desenvolver transtornos pós-traumáticos e outros efeitos adversos, incluindo a síndrome metabólica (JONSSON; SEGESTEN; MATTSSON, 2003).

Dados mostram que os bombeiros norte-americanos estão expostos a um alto risco de morte súbita cardíaca, com aproximadamente 45% a 50% das fatalidades em serviço atribuídas a essa causa (FAHY; PETRILLO; MOLIS, 2020; KALES *et al.*, 2007). Como detalhado anteriormente, estudos na área são convergentes ao apontarem que o combate a incêndio é a atividade que resulta em mais mortes em

serviço, apesar de representar apenas uma pequena porcentagem do trabalho anual dos bombeiros norte-americanos (KALES *et al.*, 2007; SMITH *et al.*, 2018). Em estudo retrospectivo com série histórica que avaliou a relação entre a ocorrência de morte súbita cardíaca com o tipo de atividade desempenhada pelos bombeiros norte-americanos no momento da ocorrência, baseado em série histórica de autópsias, observou-se o risco de morte durante o combate a incêndio foi 112 vezes maior do que durante atividades administrativas, inspeção e manutenção de equipamentos no quartel (SMITH *et al.*, 2019).

As condições de sobrecarga cardiometabólica agudas são comumente toleradas pela maioria dos bombeiros. No entanto, certas condições clínicas e/ou subclínicas, associadas ou não a outras características pessoais e/ou da tarefa a ser executada, podem colocar alguns indivíduos em uma situação de maior susceptibilidade. É bem documentado que o combate a incêndios representa o maior risco em termos de tarefa (KALES *et al.*, 2007; FARIOLI *et al.*, 2014; KALES e SMITH, 2017). Portanto, o desafio está na avaliação das características dos indivíduos que, associadas a atividades extenuantes como o combate a incêndios, podem caracterizar-se como uma condição de grande aumento de risco.

Alguns mecanismos fisiopatológicos associados à morte súbita cardíaca foram propostos, incluindo o aumento do trabalho do coração, a disfunção vascular, a isquemia tecidual e um estado pró-coagulante (SMITH *et al.*, 2016). Além disso, um estudo publicado há 10 anos identificou que a existência de doença coronariana prévia, o tabagismo e a hipertensão se mostraram como fortes preditores de eventos fatais em serviço entre bombeiros norte-americanos (GEIBE *et al.*, 2008). Os autores sugerem que a prevenção deve incluir a detecção e controle da hipertensão arterial, apoio para a suspensão do tabagismo e a possibilidade de restrições laborais para bombeiros com significativa doença arterial coronariana.

Resultados semelhantes foram identificados em bombeiros norte-americanos jovens (≤ 45 anos), em que a maior parte dos preditores para morte súbita cardíaca estava relacionada a condições muitas vezes preveníveis, como obesidade, hipertensão arterial e tabagismo (YANG *et al.*, 2013). Além disso, o histórico de condição cardíaca prévia aumentou significativamente o risco de morte súbita em bombeiros mais jovens (FARIOLI *et al.*, 2014).

A Figura 4 ilustra as possíveis interações entre aptidão física e alterações na regulação autonômica do coração que, associadas às características individuais e da tarefa, podem representar aumento de risco dos eventos cardiovasculares súbitos em bombeiros.

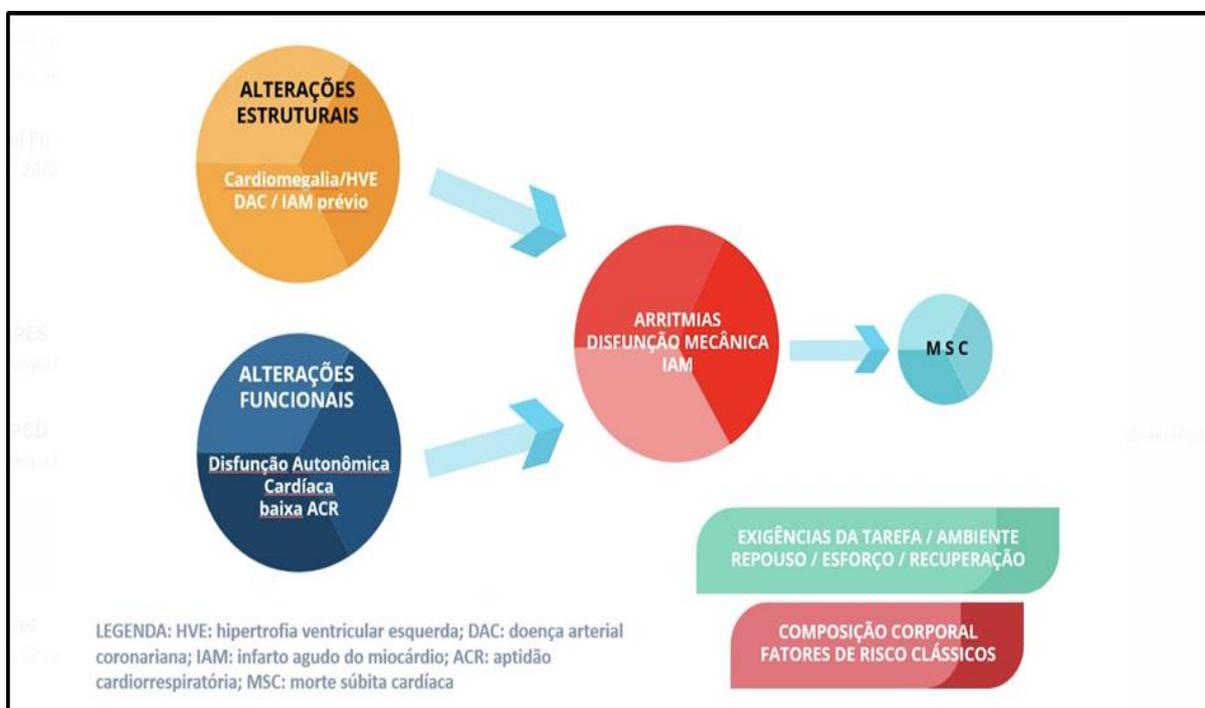


Figura 4. Modelo simplificado de alterações estruturais e funcionais que, em associação com características individuais e da tarefa a ser executada, podem resultar em eventos cardiovasculares súbitos durante atividades laborais de bombeiros.

Fonte: Adaptado de PORTO, 2018, p. 20.

Um estudo recente, baseado em dados de autópsias de bombeiros norte-americanos falecidos em serviço entre 1999 e 2014, evidenciou que 82% dos casos de morte de origem cardíaca estavam associados à doença coronariana e à cardiomegalia, sendo essas duas condições independentemente associadas a elevação significativa do risco de morte súbita cardíaca (SMITH *et al.*, 2018). Frente a essas evidências, os autores sugerem que a triagem para a doença arterial coronariana, para o aumento da massa do coração e para a existência prévia de infarto do miocárdio deve ser considerada, visando a prevenção de mortes cardíacas relacionadas ao trabalho entre bombeiros.

Especialistas da área desenvolveram um modelo teórico para ilustrar a sobrecarga cardiovascular associada ao trabalho dos bombeiros, conforme

apresentado na Figura 5 (KALES; SMITH, 2017). Estudos mais recentes demonstram que a maioria das fatalidades por causas cardíacas em bombeiros norte-americanos tem evidências de doença arterial coronariana e aumento da massa ventricular, condições que aumentam o risco de morte súbita cardíaca (SMITH *et al.*, 2018).

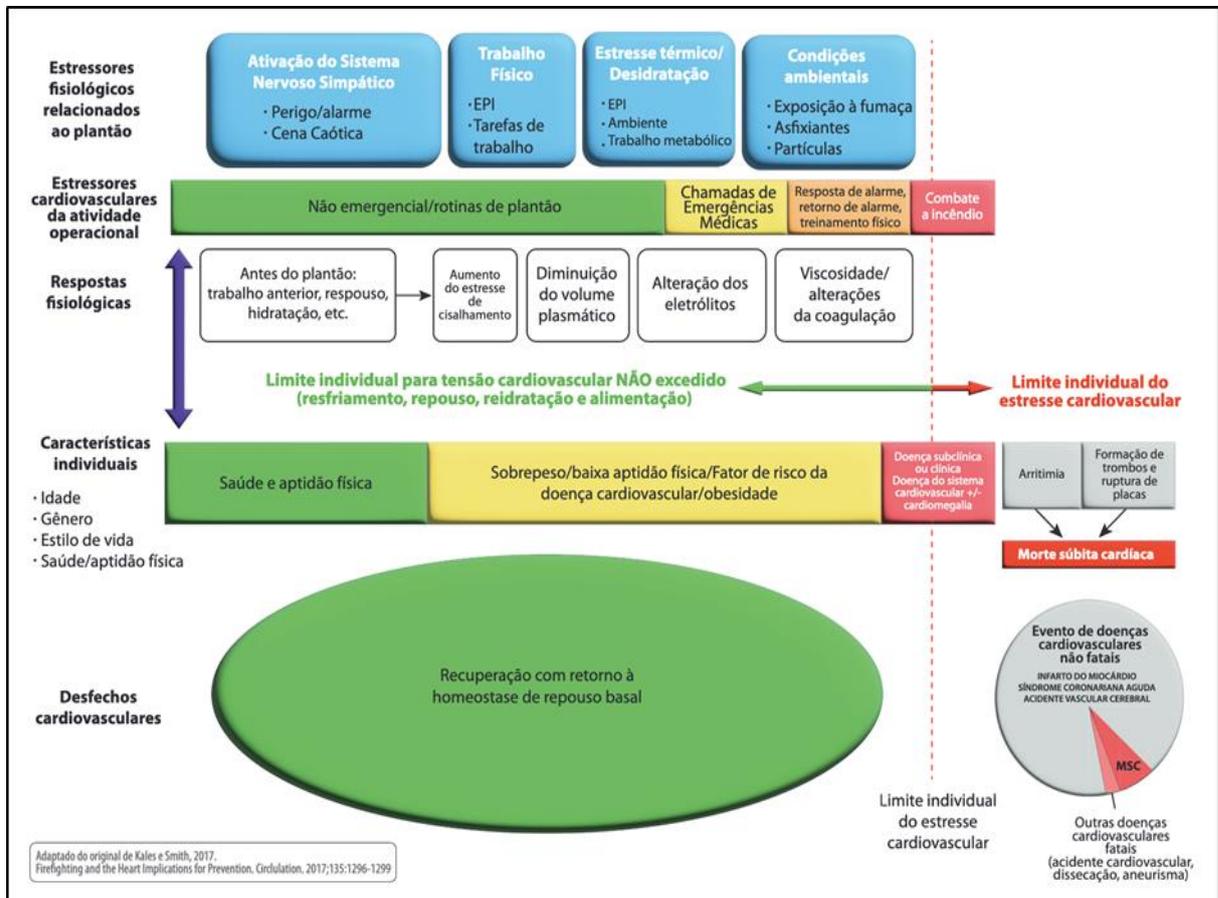


Figura 5. Modelo teórico da sobrecarga cardiovascular em bombeiros.

Fonte: Adaptado de KALES; SMITH, 2017, p. 1297

A Figura 5 apresenta, da esquerda para a direita, os estressores cardiovasculares da atividade operacional e o limite individual do estresse cardiovascular. Durante o combate a incêndio, o esforço cardiovascular é bastante elevado para a maioria dos bombeiros, e espera-se que eles consigam se recuperar totalmente para seus estados básicos. No entanto, sabe-se que nem todos suportam igualmente os desafios da profissão, sendo que alguns podem apresentar risco aumentado de morte súbita cardíaca e de doença cardiovascular. O desafio portanto, é identificar precocemente os indivíduos que são mais suscetíveis a esses desfechos, como indicado na Figura 5 (KALES; SMITH, 2017). A figura apresenta os riscos

inerentes à profissão de bombeiro com as características pessoais que podem aumentar ou reduzir o risco de eventos cardíacos súbitos, os quais podem ser fatais durante o serviço. Os autores dividem esses fatores em quatro conjuntos, que podem funcionar isoladamente ou em conjunto como gatilhos para eventos cardiovasculares agudos de grande magnitude.

O primeiro conjunto inclui os estressores fisiológicos associados à atividade laboral, como a ativação do sistema nervoso simpático durante um atendimento, o esforço físico, o estresse térmico e a exposição a condições ambientais prejudiciais. O segundo conjunto refere-se às características das atividades, que vão desde as de não-emergência até o combate ao incêndio, sendo esta última a atividade de maior risco. O terceiro conjunto engloba as respostas fisiológicas afetadas pelas condições do bombeiro no período pré-plantão, como o nível de repouso e hidratação. E, por último, o quarto conjunto inclui as características individuais, como idade, sexo, estilo de vida, estado de saúde e aptidão física (KALES; SMITH, 2017).

Os autores citados propõem que cada indivíduo tem um limiar individual de sobrecarga, e se esse limite for ultrapassado, pode desencadear eventos cardíacos súbitos graves ou não-fatais. A redução dos fatores que aumentam os riscos é essencial para evitar que esse limite seja ultrapassado. Como alguns riscos são inerentes à profissão, o desafio é identificar precocemente os indivíduos mais suscetíveis, ou seja, aqueles que por condições individuais associadas às tarefas a serem desenvolvidas, têm mais chance de ultrapassar o limite de sobrecarga

É importante destacar que, uma boa aptidão física, especialmente a aptidão cardiorrespiratória (ACR), tem sido associada a uma melhor saúde e menor risco de doenças crônicas não transmissíveis (HASKELL *et al.*, 2007; KUEHL *et al.*, 2013). Em bombeiros, a ACR é particularmente importante devido à alta demanda fisiológica da execução de tarefas usando o EPI, incluindo o combate ao incêndio. Modelos teóricos indicam que a aptidão cardiorrespiratória tem um papel importante na diminuição do risco de Morte Súbita Cardíaca (MSC) (SMITH *et al.*, 2016).

Nesta profissão, a avaliação antecipada da presença de fatores de risco cardiometabólico pode prevenir o desenvolvimento de doenças e até mesmo a morte prematura dos profissionais. É neste contexto que esta pesquisa se propõe a contribuir, levando em consideração o modelo teórico que destaca a influência de fatores individuais no risco cardiovascular dos bombeiros, indo além da observação

dos fatores de risco cardiovasculares clássicos, como hipertensão arterial, tabagismo, diabetes e dislipidemia. Assim, no contexto da importância da aptidão física e da adequada composição corporal na profissão de bombeiro, em um cenário de aumento do tempo de serviço mínimo para a aposentadoria recentemente vivenciado em várias corporações de bombeiros pelo mundo, objetivou-se explorar o comportamento longitudinal da ACR e do IMC, por meio de uma série histórica dos de 2006 a 2018. Pretende-se assim contribuir para a abordagem da definição de critérios mínimos exigidos para a profissão, seja na perspectiva fisiológica, que considera fatores como sexo e idade, seja na perspectiva ocupacional, que enfatiza as demandas ocupacionais, a despeito das inexoráveis alterações fisiológicas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 DELINEAMENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO DA PESQUISA

Trata-se de estudo longitudinal, quantitativo, descritivo e retrospectivo. Os estudos longitudinais envolvem duas ou mais observações, feitas em diferentes ocasiões, da variável resposta em cada segmento da amostra investigada pelo pesquisador. Esses estudos são adequados para investigar comportamentos e características de grupos de indivíduos ao longo do tempo, permitindo observar as influências de outras covariáveis sobre a variável resposta, destacando as variações individuais, medidas sob níveis constantes. Os dados de cada unidade amostral podem ser expressos na forma de um vetor, que representa os valores da variável resposta em diferentes momentos da observação ou medida, mas também pode ser uma matriz que representa os valores das variáveis independentes, que podem ou não ter natureza classificatória (SINGER; NOBRE; ROCHA, 2018). O modelo ora empregado se caracteriza como um estudo de série temporal, para observação de tendências, visto não haver, a priori, nenhum desfecho ou variável alvo em associação com as variáveis longitudinais em análise.

Em relação à pesquisa quantitativa, pode-se dizer que está centrada na objetividade, faz uso da linguagem matemática, considerando que a realidade só pode ser compreendida por meio da análise de dados brutos, coletados com instrumentos padrão e neutros. Enfatiza o raciocínio dedutivo, a lógica, a estatística, valorizando os atributos mensuráveis da população e amostra abordadas. É um modelo útil para se correlacionar as variáveis estudadas, podendo ainda buscar relações de causa e efeito e avaliar hipóteses formuladas (CHEHUEN NETO *et al.*, 2022).

Os estudos longitudinais podem ser pesquisas descritivas, ou seja, apresentam as características de determinada população ou fenômeno, estabelecendo relações entre as variáveis investigadas. As pesquisas descritivas preocupam-se com a atuação prática do pesquisador, sem fazer inferências sobre os dados coletados (GIL, 2019). Nenhum tipo de ação é desenvolvido pelo pesquisador para mudar as características da população ou do fenômeno estudados, ele apenas os observa, classifica, analisa e interpreta, tal qual se encontram na realidade (LEÃO, 2019). No caso em particular, apesar de se buscarem algumas associações potencialmente

explicativas dos fenômenos em análise, entende-se ser uma pesquisa essencialmente descritiva, visto ter como objetivo central a observação de tendências temporais.

Assim, a pesquisa se caracteriza como uma análise de tendência temporal de série histórica, longitudinal e retrospectiva, com o objetivo de avaliar a evolução dos resultados dos Testes de Aptidão Física realizados pelos Bombeiros Militares da ativa do CBMDF ao longo de 12 anos. É importante destacar que, de acordo com a Lei nº 12.086 de 06 de novembro de 2009, a realização do Teste de Aptidão Física é obrigatória para os Bombeiros Militares da ativa do CBMDF, como um dos requisitos para promoção e ascensão profissional.

4.2 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A pesquisa envolveu bombeiros do gênero masculino do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). O projeto de pesquisa foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa em Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília (CEP-FS-UnB-CAAE: 80792017.8.0000.0030). O comando do CBMDF autorizou a pesquisa e disponibilizou os dados dos testes de aptidão física de 2006 a 2018, nos quais foram selecionados o teste de Cooper e os dados de IMC.

A população alvo do estudo compreende os membros atuais do CBMDF, que tem 6.150 militares, de acordo com a Diretoria de Gestão de Pessoal (CBMDF - 2023). A média de idade dos bombeiros do gênero masculino foi de $32,0 \pm 3,3$ anos em 2006 e $44,8 \pm 3,1$ anos em 2018. Devido à entrada de novos militares entre 2019 e 2022, a média de idade atual dos militares ativos é de 39,53 anos.

Embora a idade média dos militares ativos no momento da pesquisa seja de 39,53 anos, vale ressaltar que houve um ingresso significativo de militares mais jovens a partir de 2011. A população avaliada no período de 2006 a 2018 apresentava uma idade média superior à atual, indicando uma população mais envelhecida, em cinco anos, é provável que 1934 desses bombeiros passem para a reserva.

A presente pesquisa tem como base uma população altamente representativa, composta por bombeiros que prestam serviços em uma instituição de grande relevância no cenário nacional. Essa população apresenta uma ampla diversidade em relação a suas características pessoais, incluindo etnia, escolaridade e religião. No

CBMDF, o efetivo de bombeiros do gênero masculino é composto por 4.923 indivíduos, correspondendo a 80,05%, enquanto o efetivo do gênero feminino é composto por 1.227 indivíduos, correspondendo a 19%.

A seleção da amostra se baseou no princípio de inclusão de dados de todos os elegíveis conforme os critérios de inclusão. De toda forma, calculou-se o tamanho da amostra para se dimensionar o quantitativo efetivamente avaliado em relação ao que seria o mínimo amostral. Assim, o tamanho da amostra necessário para a pesquisa, calculado com uma margem de erro de 5% (ou 0,05) e um nível de confiança de 95%, foi determinado pela seguinte fórmula:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times P \times (1 - P)}{(N-1) \times E^2 + Z^2 \times P \times (1 - P)}$$

Onde:

n é o tamanho da amostra;

N é o tamanho da população (4923 bombeiros do sexo masculino);

Z é o valor crítico do nível de confiança; no caso de 95% de confiança esse nível crítico seria de aproximadamente 1,96;

P é a estimativa da característica da população que, no presente estudo, foi assumida como sendo de 50%; e

E é a margem de erro desejada, que foi de 5% (0,05).

Aplicando-se os dados à equação proposta, tem-se:

$$n = \frac{4.923 \times (1.96)^2 \times 0,5 \times (1 - 0,5)}{(4.923 - 1) \times (0,005)^2 + 0,5 \times (0,5)}$$

$$n = \frac{4.923 \times 3,8416 \times 0,5 \times 0,5}{4.922 \times 0,0025 + 3,8416 \times 0,25}$$

$$n = \frac{18.912 \times 0,25}{12,305 + 0,96}$$

$$n = \frac{4.728}{13,265}$$

n = 356

Como foram selecionados 1327 bombeiros do sexo masculino para participarem da pesquisa, considera-se que a amostra atendeu ao valor crítico do nível de confiança desejado e também a margem de erro.

4.3 PROTOCOLOS DE PESQUISA

4.3.1 População pesquisada

O estudo investigou a aptidão cardiorrespiratória de uma coorte de bombeiros militares do sexo masculino durante um período de doze anos, utilizando critérios fixos e ajustados para a idade. Além disso, foram avaliadas a prevalência de obesidade e aptidão física considerada adequada, bem como a relação entre essas variáveis ao longo do tempo. A pesquisa utilizou dados coletados pelo sistema de gerenciamento do Teste de Aptidão Física (TAF), disponibilizado pelo Centro de Capacitação Física, e empregou análises descritivas para avaliar o desempenho físico dos bombeiros.

Para avaliar a aptidão cardiorrespiratória, foi utilizado o teste de Cooper, que um método amplamente aceito para medir a capacidade aeróbica, conforme já evidenciado.

O protocolo da pesquisa consistiu em três etapas: avaliação dos Testes de Aptidão Física (TAF), seleção dos militares do sexo masculino que realizaram as avaliações entre os anos de 2006 e 2018 e escolha dos militares que realizaram todos os TAFs no período de 2006 a 2018. Com base neste critério, dados de 1327 militares foram selecionados, representando quase 27% da população atual de bombeiros do sexo masculino do CBMDF. Assim, todos os militares do sexo masculino que estavam na ativa em 2018 e que realizaram todos os TAF desde 2006 com registros completos da avaliação da ACR pelo teste de Cooper e do IMC foram incluídos no estudo. Essa decisão metodológica foi tomada devido ao número significativo de bombeiros do sexo masculino que cumpriram todos os TAFs no período considerado, o que possibilitou avaliar a tendência de comportamento da ACR e do IMC ao longo do tempo (Figura 6).

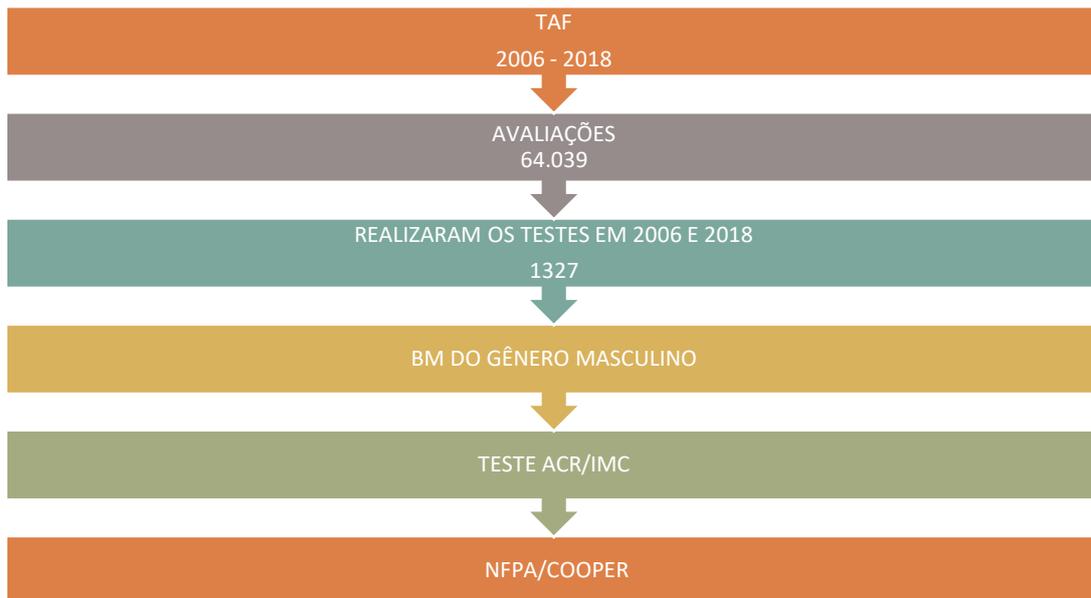


Figura 6. Etapas do protocolo de pesquisa.

Os bombeiros foram submetidos a uma série de avaliações físicas, de saúde e antropométricas, como Testes de Aptidão Física (TAF), Índice de Massa Corporal (IMC) e indicador fisiológico, como pressão arterial. Após a obtenção da autorização institucional para conduzir as pesquisas, tivemos acesso ao banco de dados desses resultados. Para assegurar o anonimato dos dados, os arquivos eletrônicos foram criados de modo a garantir o sigilo das informações individuais. Assim, os dados foram tratados com foco no grupo em geral, com vistas à caracterização populacional.

4.4 CUIDADOS ÉTICOS

Para garantir a ética e a segurança dos participantes envolvidos na pesquisa, todos os procedimentos seguiram rigorosamente as normas do Conselho Nacional de Saúde para pesquisa envolvendo seres humanos, além de atender às recomendações éticas internacionais. Os protocolos foram submetidos previamente à análise e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília (CEP-FS-UnB-CAAE: 80792017.8.0000.0030), assegurando a proteção dos direitos dos participantes. É importante ressaltar que a pesquisa contou com a autorização do Comando do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal e a disponibilização dos dados dos Testes de Aptidão Física realizados entre 2006 e 2018.

A autorização para utilização dos dados foi concedida pelo gestor maior da Corporação. Para garantir a privacidade e a confidencialidade dos dados dos participantes, os conjuntos de dados referentes a cada sujeito foram numerados e preservados de forma não identificada, a fim de garantir a preservação do sigilo dos dados individuais.

4.5 DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS E FORMAS DE ANÁLISE

As características dos bombeiros, incluindo idade, IMC e ACR, foram descritas usando média e desvio padrão de acordo com os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov. Um teste t-pareado foi usado para comparar mudanças na ACR e na composição corporal. Para analisar o tamanho do efeito, foi utilizado o teste d de Cohen. Tamanhos de efeito iguais a 0,2, 0,5 e 0,8 são considerados efeitos pequenos, médios e grandes, respectivamente (COHEN, 1988).

A prevalência de ACR adequada foi calculada com base no padrão fixo de 12 MET e um padrão ajustado para a idade com base na classificação de Cooper para a ACR, de acordo com o sexo, que é uma classificação empregada internacionalmente (ACSM, 2018), além de também ser usada no próprio CBMDF, para homens. A ACR foi expressa em equivalentes metabólicos (MET) para os padrões fixos e ajustados para a idade. Primeiro, para o padrão fixo: os participantes que atingiram $< 12,0$ MET ou $\geq 12,0$ MET foram classificados como inaptos ou aptos, respectivamente, adotando-se assim o critério sugerido pela NFPA (NFPA, 2022). Em segundo lugar, para o padrão ajustado à idade (COOPER, 1982) os bombeiros foram agrupados de diferentes categorias descritivas em categorias dicotômicas de aptos ou inaptos. Para tanto, as classificações de Cooper de superior + excelente + bons foram agrupadas na categoria de “aptos” e regulares + ruins + muito ruins agrupados como inaptos (Tabela 2). A definição das categorias de aptos e inaptos do ACR baseou-se:

a) no fato de que o menor valor para a categoria “bom” corresponde a aproximadamente 12,1 MET na faixa etária de 20 a 29 anos, que inclui a faixa etária de parte dos participantes ao longo do tempo de acompanhamento;

b) uma suposição teórica de que as demandas relacionadas ao trabalho dos bombeiros exigem uma ACR pelo menos acima da categoria “regular” para serem considerados aptos;

c) 12,0 MET é aproximadamente o ponto médio do “ categoria ACR boa” na faixa etária de 30 a 39 anos (COOPER, 1982).

Os valores de IMC foram classificados em dois grupos: não obesos (<30,0 kg/m²) e obesos (≥30,0 kg/m²) (ACSM, 2018). Para comparar a prevalência entre os dois pontos de análise foi utilizado o teste de McNemar (amostra relacionada).

Tabela 2. Classificação da aptidão cardiorrespiratória dos homens por idade segundo as categorias de Cooper, expressa tanto em VO₂máx quanto em METs.

Categoria	Idade					
	20-29 anos		30-39 anos		40-49 anos	
	mL•(kg•min) ⁻¹	METs	mL•(kg•min) ⁻¹	METs	mL•(kg•min) ⁻¹	METs
Superior	> 52.1	> 14.9	> 49.6	> 14.2	> 48.2	> 13.8
Excelente	47.8–52.1	13.7–14.9	44.9–49.6	12.9–14.2	43.9–48.2	12.6–13.8
Bom	42.4–47.7	12.1–13.6	41.0–44.8	11.7–12.8	38.9–43.8	11.1–12.5
Média	36.0–42.3	10.3–12.0	35.6–40.9	10.2–11.6	33.5–38.8	9.6–11.0
Ruim	32.4–35.9	9.3–10.2	31.0–35.5	8.9–10.1	29.5–33.4	8.4–9.5
Muito ruim	< 32.4	< 9.3	< 31.0	< 8.9	< 29.5	< 8.4

Fonte: Adaptado de COOPER, 1982.

Para analisar a associação entre IMC e ACR, de forma categorizada, foi utilizado o teste do qui-quadrado (amostra independente) e calculado o *odds ratio* (OR) com intervalo de confiança de 95% para verificar a força da associação. Para verificar o comportamento da ACR ao longo dos anos em diferentes classificações de IMC de maneira longitudinal retrospectiva, foi realizado uma regressão linear com dados em painel (medidas repetidas dispostas em linhas). Para a realização da regressão foram testados todos pressupostos (normalidade dos resíduos, independência dos erros, ausência de *outliers* e ausência de multicolinearidade).

Para verificar o risco de desenvolver obesidade foi realizado uma análise de sobrevivência com o uso das curvas de Kaplan-Meier para a comparação de variáveis e pontos de corte, e a regressão de Cox foi usada para determinar a independência e a significância da ACR no tempo até o desfecho obesidade. As diferenças foram

consideradas estatisticamente significativas quando o valor de p foi inferior a 5% ($p < 0,05$). Para a organização e tratamento dos dados foi utilizado a linguagem de programação e estatística R (versão 4.2), para a análise inferencial dos dados e confecção de gráficos, foi utilizado o *software* JAMOVI (versão 2.2.5) e o *software* R (versão 4.2), respectivamente.

5 RESULTADOS

No período compreendido de 2006 a 2018, observou-se diminuição significativa da ACR dos bombeiros militares (BMs) e simultâneo aumento do IMC ($p < 0,001$). Os dados descritivos e comparativos de idade, ACR e IMC entre os anos inicial e final da série histórica estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3. Estatísticas descritivas dos participantes e comparação entre os anos de 2006 e 2018. (n = 1327)

n = 1327	2006		2018		DF		
	Média	DP	Média	DP	média	ES	p
Idade	32,2	3,17	44,0	3,17	+ 11,81	-	< 0,001
IMC kg/m ²	25,1	2,87	27,2	3,22	+ 2,09	1,047	< 0,001
ACR mL•(min•kg) ⁻¹	44,1	5,83	40,2	6,22	- 3,91	0,693	< 0,001
ACR (METs)	12,6	1,67	11,5	1,78	- 1,12	0,693	< 0,001

Teste t pareado ($p \leq 0,05$); ES: tamanho do efeito; IMC; índice de massa corporal; ACR: aptidão cardiorrespiratória; METs: taxa de equivalentes metabólicos.

A prevalência de bombeiros obesos aumentou significativamente no período de análise, assim como a prevalência de BMs classificados como inaptos, tanto de acordo com o padrão fixo NFPA (12 METs) ($p < 0,001$) quanto com o padrão ajustado por idade ($p < 0,001$) (Tabela 4).

Na análise de chance de o bombeiro ser obeso em 2018 comparativamente ao ano de 2006, observou-se que após o intervalo de 12 anos, a chance do bombeiro se tornar obeso foi de 22,5 (11,1 - 45,7) vezes maior, evidenciando a influência negativa do tempo na composição corporal. No que diz respeito à ACR, foi observado que após 12 anos a chance de se tornar inapto, de acordo com o critério estabelecido pela NFPA (12,0 METs), foi 6,1 (4,8 - 7,9) vezes maior, ao passo que quando a idade é levada em consideração, essa chance foi 2,7 (2,2 - 3,3) vezes maior, o que reforça a importância de levar em consideração a influência da idade na ACR do bombeiro.

Dos participantes, 631 (47,6%) apresentaram diminuição da ACR, com redução média absoluta de $-8,4 \pm 3,85$ mL(kg.min)⁻¹, correspondendo a uma diminuição relativa de $-17,9\% \pm 7,3\%$. É importante destacar que entre aqueles que diminuíram o

VO₂max, 479 (75,9%) tiveram um decréscimo inferior a 1,0% ao ano, o que é um declínio esperado associado ao envelhecimento na população em geral (HAWKINS; WISWELL, 2003; KAMINSKY; MYERS; ARENA, 2019). Entretanto, 152 BMs (24,1%) apresentaram uma redução de ACR maior do que o esperado para a idade, ou seja, uma redução maior que 1,0% ao ano. Por outro lado, 263 BMs (19,8%) aumentaram sua ACR, com aumento médio de $+ 3,6 \pm 3,4$ mL (kg.min)⁻¹ ($+ 9,2\% \pm 9,2\%$), e 433 BMs (32,6%) mantiveram o mesmo valor de ACR. Assim, a ACR de 696 BMs (52,4%) foi igual ou melhor após o período de 12 anos.

Ao usar o padrão fixo (NFPA), 33,7% (n=447) dos BMs tiveram ACR $\geq 12,0$ MET nas duas avaliações, enquanto 28,1% (n=373) foram classificados como inaptos nas duas avaliações. Além disso, 32,9% (n=436) dos BMs classificados como aptos em 2006 tornaram-se inaptos em 2018, e apenas 5,4% (n=71) foram classificados como aptos em 2018, mas eram classificados como inaptos em 2006. Ao utilizar o padrão ajustado para idade (Cooper), 45,4% dos BMs (n=603) foram classificados como aptos em ambos os anos, enquanto 21,7% (n=288) foram classificados como inaptos em ambos os anos. Com base nos critérios ajustados à idade, apenas 24,0% (n=318) passaram de aptos para inaptos de 2006 a 2018 e 8,9% (n=118) foram classificados como aptos após 12 anos (Tabela 4 e Figura 7).

Tabela 4. Análise de frequência absoluta e relativa do IMC e da ACR de bombeiros militares, segundo padrões fixos e ajustados por idade ao longo dos anos. (n = 1327)

	2006 (n=1327)	2018 (n=1327)	OR (95% CI)	McNemar test
IMC				
Obeso	73 (5,5%)	245 (18,5%)	22,5 (11,1 - 45,7)	< 0,001
Não obeso	1254 (94,5%)	1082 (81,5%)		
ACR (12 METs)				
Inapto	444 (33,5%)	809 (60,9%)	6,1 (4,8 - 7,9)	< 0,001
Apto	883 (66,5%)	518 (39,1%)		
ACR (ajustado)				
Inapto	406 (30,6%)	606 (45,7%)	2,7 (2,2 - 3,3)	< 0,001
Apto	921 (69,4%)	721 (54,3%)		

IMC; índice de massa corporal; ACR: aptidão cardiorrespiratória; METs: taxa de equivalentes metabólicos.

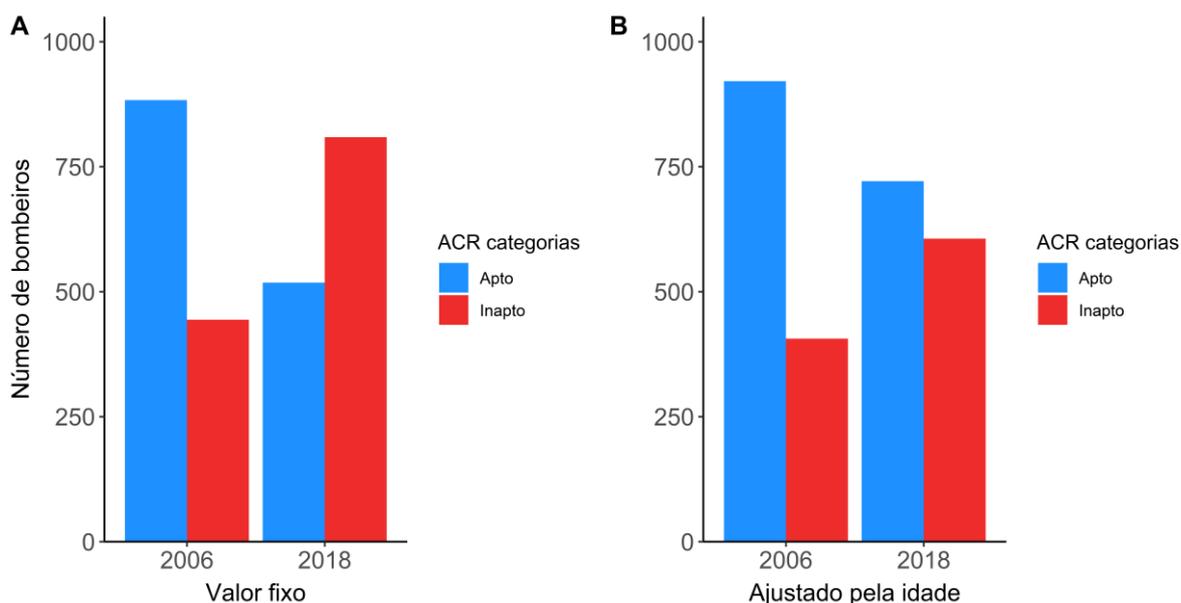


Figura 7. Classificação da aptidão cardiorrespiratória de bombeiros militares usando padrões fixos e ajustados por idade antes e após 12 anos. (n = 1327)

A associação entre ACR, com base no padrão fixo, e IMC apresentou padrão semelhante nos dois anos de avaliação, porém com maior força de associação ao final do período de seguimento: os BMs classificados como não obesos tiveram 5,9 vezes mais chances de serem classificados como aptos ($\geq 12,0$ MET) em 2006, e 8,1 vezes mais chances para ser classificado como apto em 2018 (Tabela 6). Usando padrões ajustados por idade para ACR, BMs não obesos tiveram 5,1 vezes mais chances de serem classificados como aptos em 2006 e 7,4 vezes mais chances de serem classificados como aptos em 2018, em comparação com BMs obesos (Tabela 5). Desta maneira, destaca-se que independente do fator idade, a composição corporal esteve associada a ACR. Ou seja, um BM com composição corporal adequada tem maior chance de apresentar uma ACR considerada adequada, tanto na perspectiva ocupacional, quanto fisiológica, o que provavelmente implica em desempenho mais eficiente e seguro das atividades operacionais.

Tabela 5. Análise da frequência absoluta e relativa da associação entre obesidade e ACR segundo diferentes padrões de classificação (classificação fixa e ajustada por idade) em bombeiros militares avaliados nos anos de 2006 e 2018. (n = 1327)

FIXO ($\geq 12,0$ METs)				
2006				
			x²	OR (95% CI)
	Apto	Inapto		
Não obeso	863 (97,7%)	391 (88,1%)	< 0,001	5,9 (3,5 - 9,9)
Obeso	20 (2,3%)	53 (11,9%)		
2018				
	Apto	Inapto		
Não obeso	495 (95,6%)	587 (72,6%)	< 0,001	8,1 (5,2 - 12,7)
Obeso	23 (4,4%)	222 (27,4%)		
AJUSTADO PARA A IDADE				
2006				
			x²	OR (95% CI)
	Apto	Inapto		
Não obeso	897 (97,4%)	357 (87,9%)	< 0,001	5,1 (3,1 - 8,5)
Obeso	24 (2,6%)	49 (12,1%)		
2018				
	Apto	Inapto	x²	OR (95% CI)
Não obeso	676 (93,8%)	406 (67,0%)	< 0,001	7,4 (5,24 - 10,5)
Obeso	45 (6,2%)	200 (33,0%)		

x²: qui-quadrado; OR: razão de chances; IC: intervalo de confiança; IMC: índice de massa corporal; METs: taxa de equivalentes metabólicos; Apto: $\geq 12,0$ METs; Inapto: $< 12,0$ METs; Não obesos: IMC $< 30,0$; Obeso: IMC $\geq 30,0$. Apto: categorias superior, excelente e bom; Inapto: categorias média, ruim e muito ruim.

Na Figura 8 e Tabelas 6 a 8 expressa-se, de maneira longitudinal, o comportamento da ACR ao longo dos anos em diferentes categorias do IMC avaliado em 2018. Ao comparar a diferença dos níveis de ACR entre os BMs obesos e aqueles com peso normal é possível verificar uma diferença da média ao longo dos anos de -1,62 Mets (d = 1,014; p<0,001). Na comparação entre os BMs com sobrepeso e os BMs com peso normal, encontrou-se uma diferença da média de -0,60 Mets (d = 0,374; p<0,001). Por fim, ao comparar os BMs com sobrepeso e com obesidade, foi encontrada uma diferença da média ao longo dos anos de -1,03 Mets (d = 0,640; p<0,001). No período de 12 anos, o tempo apresentou efeito significativo na redução

da ACR, constatando-se uma redução de 0,09 METs por ano (o que representa 1,08 em 12 anos).

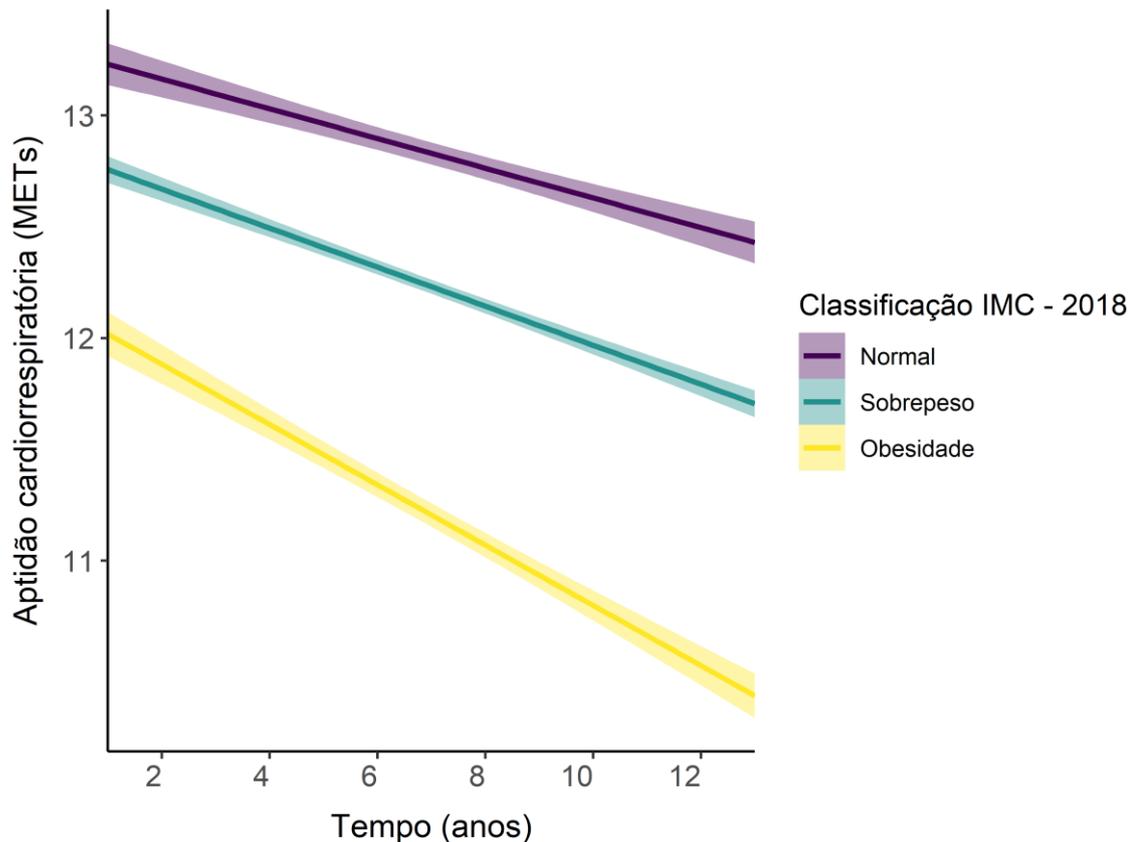


Figura 8. Análise longitudinal retrospectiva do comportamento da ACR ao longo dos anos em diferentes classificações do IMC avaliado em 2018. (n = 1327)

Tabela 6. Coeficientes da análise de regressão linear retrospectiva do comportamento da ACR ao longo dos anos em diferentes classificações de IMC em 2018.

Preditor	Estimado	SE	t	p	Estimativa padronizada	Intervalo de confiança de 95%	
						Inferior	Superior
Intercepto ^a	13,47	0,033	406,2	<,001			
IMC - 2018							
Sobrepeso – Normal	-0,60	0,029	-20,6	<,001	-0,348	-0,381	-0,315
Obeso – Normal	-1,62	0,037	-43,7	<,001	-0,943	-0,985	-0,901
TEMPO	-0,09	0,003	-27,9	<,001	-0,198	-0,212	-0,184

^a representa a categoria de referência

Tabela 7. Comparações dos valores de ACR ao longo dos anos em diferentes classificações de IMC em 2018.

Comparações	IMC - 2018	Diferença média	EP	gl	t	P	Cohen's d	Intervalo de confiança de 95%	
								Inf	Sup
	Normal - Sobrepeso	0,599	0,0291	17234	20,6	<,001	0,374	0,338	0,410
	Normal - Obeso	1,624	0,0372	17234	43,7	<,001	1,014	0,967	1,061
	Sobrepeso - Obeso	1,025	0,0327	17234	31,3	<,001	0,640	0,600	0,681

ANCOVA ($p < 0,05$; post hoc - Bonferroni). EP: erro padrão; gl: graus de liberdade; inf: inferior; sup: superior.

Tabela 8. Médias Marginais Estimadas valores de ACR ao longo dos anos em diferentes classificações de IMC em 2018.

IMC - 2018	Média	EP	Intervalo de confiança de 95%	
			Inferior	Superior
Normal	12,8	0,0241	12,8	12,9
Sobrepeso	12,2	0,0163	12,2	12,3
Obeso	11,2	0,0284	11,2	11,3

Na análise de risco, foi observado que os bombeiros militares inaptos (<12 METs) em 2006 apresentaram um risco de 2,48 vezes para o desfecho obesidade em comparação com os BMs aptos (Tabela 9; Figura 9). No modelo corrigido pela idade, o risco manteve-se significativo (HR = 2,07 (1,67-2,57)). Na mesma análise quando utilizado o critério de Cooper, observa-se um risco semelhante de 2,34 vezes (Tabela 9; Figura 10).

Tabela 9. Risco de obesidade de acordo com diferentes classificações de aptidão cardiorrespiratória.

Classificação em 2006	HR bruto (IC 95%)	HR ajustado (IC 95%)	p valor
NFPA (≥ 12mets)			
Apto	-	-	
Inapto	2,48 (2,01-3,06)	2,07 (1,67-2,57)	< 0,001
Cooper			
Apto	-	-	
Inapto	2,34 (1,89-2,89)	NA	< 0,001

HR: *Hazard ratio*; NA: não se aplica; Modelo corrigido pela idade.

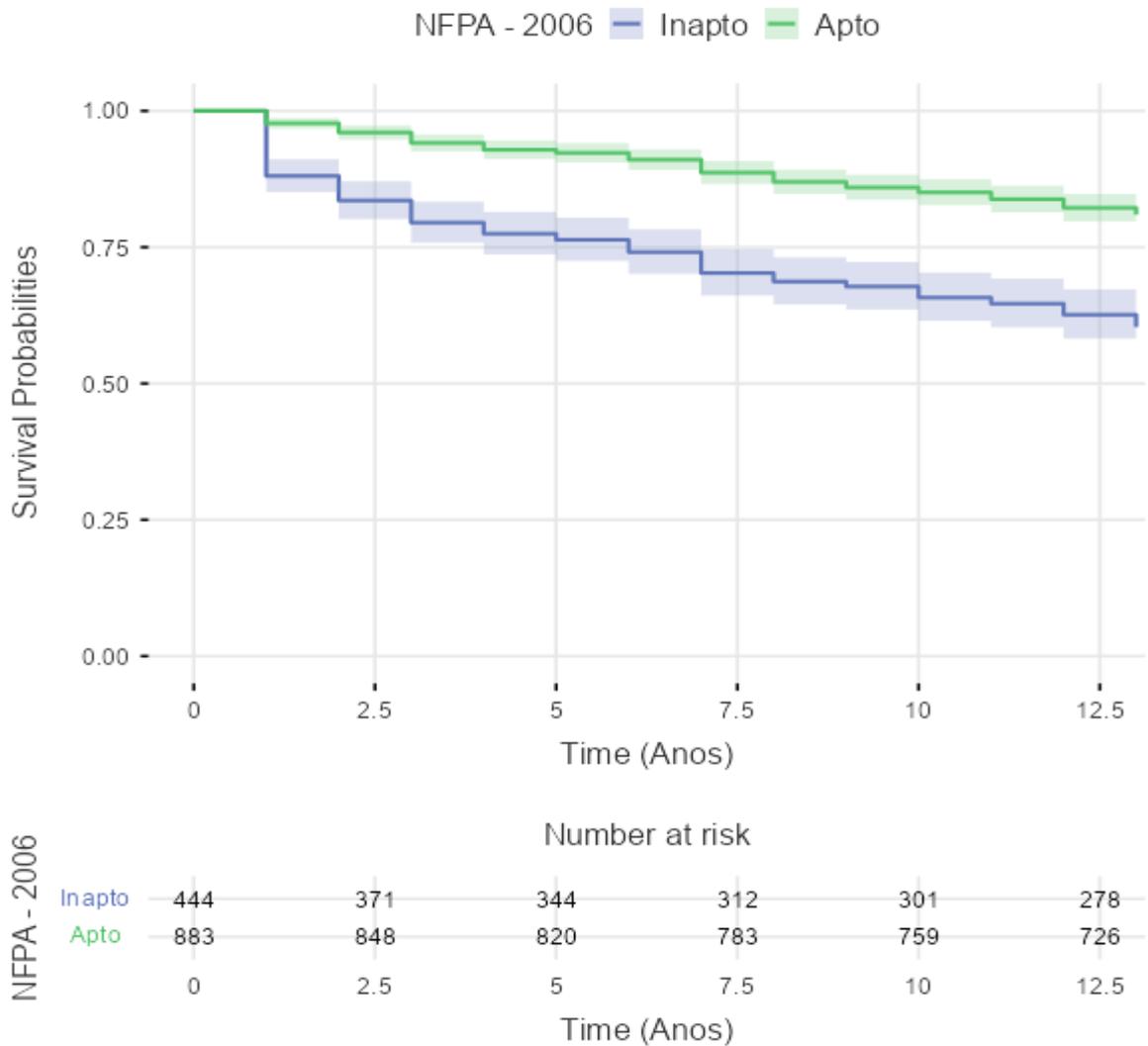


Figura 9. Curva de sobrevivência para indivíduos com a ACR em 2006 classificada sem ajuste por idade.

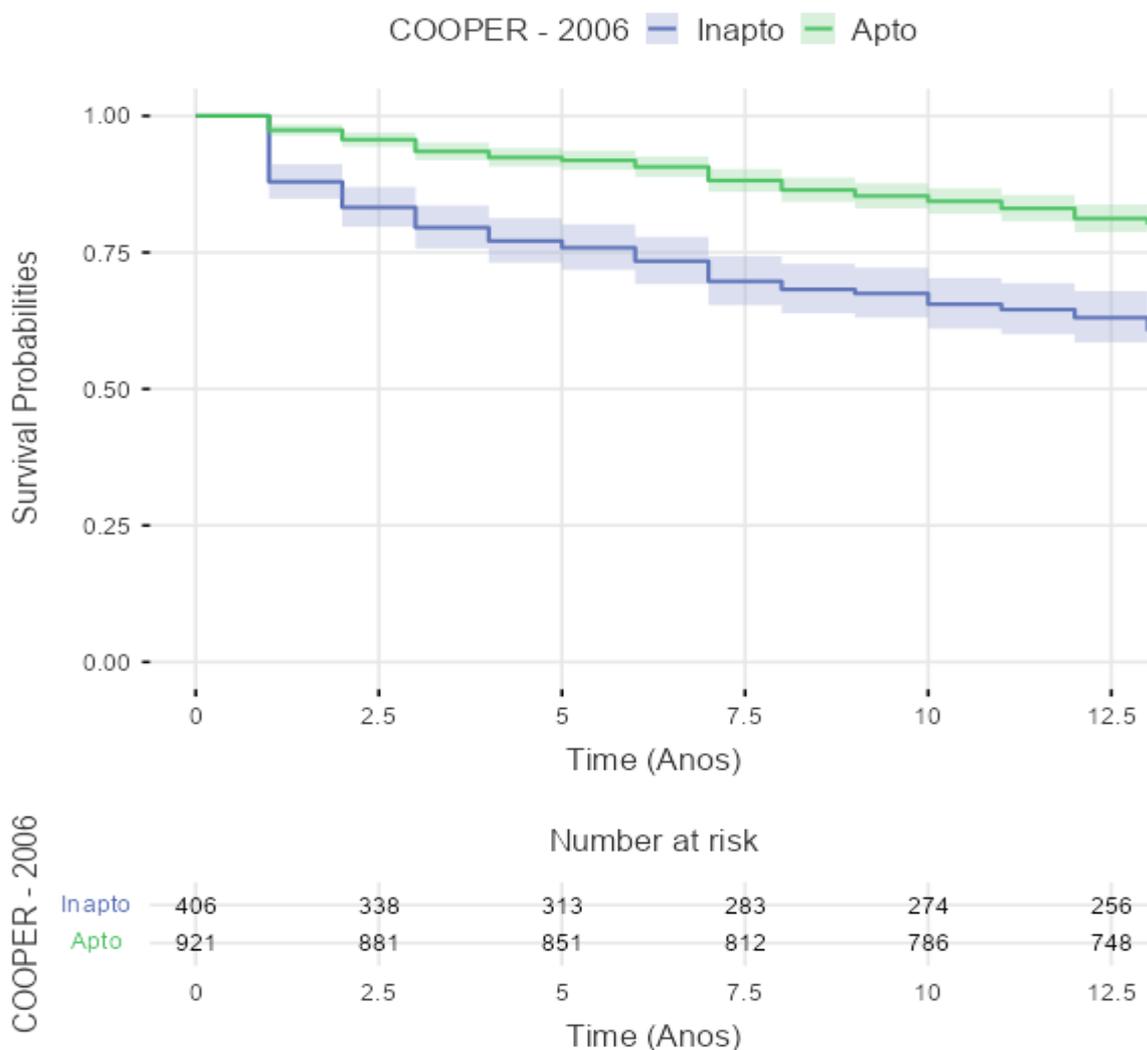


Figura 10. Curva de sobrevivência para indivíduos com classificação de ACR ajustada pela idade em 2006.

Ao verificar a relação entre a ACR e o risco para obesidade foi visto que um aumento de 1 MET reduziu em 28% o risco de se tornar obeso (Tabela 10).

Tabela 10. Relação entre a ACR e o risco para obesidade.

	HR para obesidade (IC 95%)	p valor
ACR (Mets)	0,72 (0,67 – 0,77)	< 0,001

6 DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar as mudanças longitudinais na ACR em bombeiros militares brasileiros do sexo masculino ao longo de doze anos, tanto com base em um padrão fixo de 12,0 MET, quanto com um padrão de aptidão física ajustado à idade, em associação com a evolução longitudinal da composição corporal avaliada pelo IMC. Os conhecidos efeitos da idade na redução da ACR vêm sendo reportados também entre bombeiros, mas majoritariamente em estudos de análises transversais ou com limitações quanto ao tempo de seguimento longitudinal ou quanto ao tamanho amostral (BAUR *et al.*, 2012; KISS *et al.*, 2014; CASTILHO *et al.*, 2016; PRIETO *et al.*, 2013). Assim, no melhor de nosso conhecimento, este estudo é inédito na abordagem longitudinal do comportamento da ACR e da composição corporal de bombeiros, agregando simultaneamente o longo tempo de seguimento (12 anos) e o expressivo tamanho amostral (1327 homens). Recentemente publicamos dados parciais desta tese, com a mesma abordagem e período de seguimento, mas à época da submissão a amostra contava com apenas 297 bombeiros sorteados aleatoriamente (NOGUEIRA *et al.*, 2023). Ademais, avançou-se também de modo inédito na comparação de padrões mínimos de exigência para a profissão, ora considerando uma abordagem ocupacional, com padrão fixo mundialmente empregado e baseado nas demandas das tarefas laborais, ora ajustando-se o padrão por faixa etária, o que respeita princípios fundamentais da fisiologia humana.

Como esperado, a ACR diminuiu ao longo do período de análise de 12 anos, enquanto o IMC aumentou. No entanto, quando o efeito da idade sobre a ACR é considerado, a prevalência de BMs classificados como aptos após o período de 12 anos aumenta significativamente. Com base no padrão fixo, apenas 35,4% dos BMs de meia-idade foram classificados como aptos após 12 anos de acompanhamento, enquanto essa proporção foi de 53,9% quando os padrões ajustados para a idade foram usados. Ou seja, após 12 anos, a prevalência de BMs aptos diminuiu 30,5% com base no padrão fixo, conforme proposto pela NFPA, enquanto essa redução foi de apenas 7,0% quando foi utilizado um padrão ajustado por idade. Além do fundamento fisiológico que aponta para a inexorável redução do consumo máximo de oxigênio com o avançar da idade, especialmente da faixa etária aqui avaliada em diante (HAWKINS; WISWELL, 2003; KAMINSKY; MYERS; ARENA, 2019; ROSS *et*

al., 2016), o achado de que houve redução de apenas 7% dos bombeiros considerados aptos após 12 anos de seguimento favorece a interpretação de que este padrão mínimo seja mais adequado, comparativamente ao padrão fixo, tendo em vista que o grupo estudado compõe uma força de trabalho que tem demandas físicas aumentadas e que trabalha em uma instituição que realiza teste físico anual obrigatório, com exigências mínimas para progressão na carreira. Em outras palavras, no contexto do grupo avaliado, encontrar uma situação em que cerca de um terço dos integrantes com aproximadamente 45 anos se tornou inapto do ponto de vista da ACR após aproximadamente uma década de trabalho favorece a interpretação de provável inadequação do respectivo critério. Não resta dúvida que há inúmeros fatores que influenciam a ACR e seu declínio com a idade, como a redução da FC máxima e do volume sistólico, mudanças no estilo de vida, aspectos nutricionais, aumento da adiposidade, redução de massa muscular ou o surgimento de doenças crônicas, por exemplo (FLEG; LAKATTA, 1988; HARRIDGE; LAZARUS, 2017, 2017; McGAVOCK *et al.*, 2009; PETTEE *et al.*, 2022). Em associação a esses e outros fatores influenciadores da ACR, nossos achados reforçam que a análise da prevalência de indivíduos aptos do ponto de vista cardiorrespiratório, nesta profissão, e considerando os regulamentos institucionais onde a pesquisa foi desenvolvida, deve considerar o ajuste para a idade como critério provavelmente mais adequado, não só pelas inquestionáveis razões fisiológicas, mas pela própria coerência dos achados.

Assim, a redução na prevalência de BMs “aptos” foi 4,4 vezes maior quando o padrão utilizado para categorizar um indivíduo como apto/inapto não leva em consideração a idade. Os diferentes métodos de categorização do condicionamento físico (fixo *versus* ajustado por idade) resultaram em uma chance quase 10 vezes maior de ser inapto em 2018 com base no critério fixo de 12,0 MET, em comparação com os valores ajustados por idade no mesmo ano. Em resumo, nossas descobertas demonstraram que utilizar um padrão fixo de 12,0 MET e ignorar o efeito da idade na ACR, desrespeitando preceitos básicos da fisiologia humana, resulta em um contingente significativamente maior de BMs considerados “inaptos”. Nos achados demonstram ainda que a eventual opção de priorização da abordagem ocupacional, baseada na lógica de que as demandas laborais não mudam ao longo do tempo, implica em considerar cerca de 20% a mais de bombeiros inaptos do ponto de vista da ACR, dentro da faixa etária limitada aos 50 anos. Há que se ter em perspectiva

ainda que após esta faixa etária a tendência é de que a dimensão desta diferença aumente.

Este é um achado esperado, com base na compreensão da fisiologia do exercício, que rotineiramente categoriza o condicionamento físico com base nas normas de idade e gênero, precisamente porque é amplamente reconhecido que os valores máximos de consumo de oxigênio diferem de acordo com a idade e o sexo. Por outro lado, como está claro que o consumo máximo de oxigênio diminui à medida que os BMs envelhecem, enquanto as demandas relacionadas ao trabalho não mudam com a idade, um casamento de ambas as perspectivas deve ser considerado para acomodar as condições do mundo real.

O presente estudo mostrou um decréscimo médio na ACR de 1,3 MET ao longo de doze anos. Cameron *et al.* (2018) encontraram diminuição semelhante (1,3 e 1,2 MET) ao longo de onze anos entre bombeiros da Califórnia (EUA) com idade <30 e entre 30 e 40 anos, respectivamente. Apesar de algumas diferenças metodológicas entre os estudos, incluindo o método de avaliação da ACR, ambos os estudos encontraram um declínio relativamente pequeno da ACR relacionado à idade. Esse achado pode ser explicado pelo fato de que ambas as coortes passaram por avaliações anuais de condicionamento físico e foram apoiadas por um programa de bem-estar. Faz-se necessário destacar que no estudo de Cameron *et al.* (2018), a ACR média dos participantes caiu abaixo do padrão fixo (12,0 MET) apenas entre BMs ≥ 50 anos. Um estudo de BMs belgas relatou que 40,0% dos BMs com mais de 50 anos não atingiram o padrão mínimo para ACR ($38 \text{ mL} \cdot (\text{min} \cdot \text{kg})^{-1}$), enquanto apenas 6,0% dos BM entre 35-39 anos falharam para atender a norma (KISS *et al.*, 2014). Esses achados têm implicação prática de grande relevância, especialmente no contexto em que o tempo mínimo de serviço para a aposentadoria tem apresentado tendência de aumento na população em geral e também entre bombeiros. No Brasil, após a reforma da previdência de 2019, os bombeiros passaram a ter um tempo mínimo de 35 anos de trabalho para adquirirem o direito à aposentadoria (BRASIL, 2019). Como a exigência de escolaridade para os novos candidatos é o nível superior completo, as idades de ingresso também aumentaram nos últimos anos. Assim, estima-se que haverá, no futuro breve, um progressivo envelhecimento dos grupamentos de bombeiros na ativa, e com contingente expressivo de BMs com idade superior a 50 ou 60 anos.

No Brasil, o CBMDF implementou padrões mínimos de idade para aptidão física, incluindo ACR, juntamente com uma avaliação física anual obrigatória bem estruturada. Além disso, desde 2010 o CBMDF construiu academias em todos os quartéis. Espera-se que essas políticas aumentem o treinamento físico regular, o que contribui para minimizar o declínio da ACR relacionado à idade entre homens de meia-idade (BAHLS *et al.*, 2021; HAWKINS; WISWELL, 2003).

Vários fatores modificáveis, como atividade física, uso de tabaco, educação e IMC, demonstraram estar associados a uma ACR mais baixa aos 20 anos e permanecem associados a um declínio acelerado da ACR ao longo dos anos (PETTEE *et al.*, 2022). Portanto, o teste de aptidão física (TAF) obrigatório anual no CBMDF, que cria promoção sistemática e de longo prazo da ACR, no início da carreira do bombeiro, pode ser considerado um modelo para atenuar o declínio da ACR relacionado à idade entre os BMs. O possível impacto do TAF anual obrigatório está além do escopo desta pesquisa, inclusive porque a confirmação desta hipótese dependeria da comparação da evolução temporal da ACR antes da implantação da avaliação física anual obrigatória, que se deu em 2006. Infelizmente esses dados não existem. Entretanto, nossos achados sustentam indiretamente esta possibilidade, na medida em que ao longo de 12 anos, em uma faixa etária muito sensível aos fatores modificáveis e fisiológicos que convergem para o declínio da ACR (entre os 30 e 45 anos) aqueles que se mantiveram aptos nas avaliações de 2006 e 2018 apresentaram proporção semelhantes aos que estavam aptos em 2006 e se tornaram inaptos em 2018 pelo critério fixo (33,7% vs 32,9). Quando se faz o ajuste para a idade, esta situação se torna ainda mais clara, na medida em que praticamente o dobro de bombeiros (45,5%) se mantiveram aptos nas duas avaliações, comparativamente ao percentual de 24,0% que eram inicialmente aptos se mostraram inaptos em 2018. Vale mencionar ainda que há um importante contingente que se mostrou inapto nas duas avaliações (21,7% pelo critério ajustado para idade), que somados aos 24,0% que pioraram sua classificação, demonstram a importância de ampliação dos esforços para a manutenção ou melhoria da ACR desses bombeiros, tendo em vista as exigências profissionais.

Como mencionado, o declínio da ACR associado ao envelhecimento pode ser atribuído a diferentes fatores, como alterações morfofuncionais do coração, mudança de estilo de vida, menor inatividade física, piora na qualidade da nutrição, aumento

da adiposidade, perda de massa muscular e o surgimento de doenças crônicas, muito prevalentes a partir da quarta década de vida (HARRIDGE; LAZARUS, 2017). É importante ressaltar que todos esses fatores são relevantes para os BMs, embora alguns deles sejam modificáveis e possam alterar a taxa de declínio da ACR relacionada à idade (BAHLS *et al.*, 2021; HAWKINS; WISWELL, 2003; PETTEE *et al.*, 2022).

Embora o declínio da ACR relacionado à idade ocorra em todos, ele é atenuado naqueles que mantêm treinamento físico regular (HAWKINS; WISWELL, 2003; BAUR *et al.*, 2012; PRIETO *et al.*, 2013). É importante ressaltar que a taxa de declínio da ACR relacionada a idade e como ela é influenciada por diferentes regimes de treinamento, ainda merece mais investigação. Entretanto, as evidências sugerem que se trata de um fenômeno não linear, com as primeiras reduções significativas sendo observadas no início da idade adulta e acelerando em idades mais avançadas (HAWKINS; WISWELL, 2003; ROSS *et al.*, 2016).

Outro fator importante a considerar em relação às reduções relacionadas à idade em ACR entre BMs, é o fato mencionado anteriormente de que muitos BMs estão estendendo sua carreira profissional. Walker *et al.* (2014) relataram que a idade de aposentadoria para BMs australianos aumentou de 55 para 65 anos. No Brasil, o tempo mínimo de serviço para aposentadoria aumentou de 30 para 35 anos em 2019 (BRASIL, 2019). Uma consequência natural do adiamento da aposentadoria é que as Corporações terão mais BMs trabalhando além dos 50 e 60 anos. Essa situação exige que seja dada ainda mais atenção ao declínio relacionado à idade na aptidão física dos BMs, além de outras condições de saúde que podem se agravar com o maior tempo de atuação em profissão sabidamente de risco.

Com base em nossas descobertas e no reconhecimento das diferentes perspectivas (exigências semelhantes relacionadas ao trabalho versus o declínio da aptidão física relacionado à idade) há que se estudar formas de promover um casamento entre as duas perspectivas. Não parece razoável querer fundamentar estruturas organizacionais de seleção e acompanhamento de aptidão de bombeiros ao longo das carreiras empregando-se apenas uma das perspectivas, seja a ocupacional ou a fisiológica. Se, por um lado, não se pode negar o declínio da aptidão física esperado com o avanço da idade, é inegável que as demandas laborais não fazem distinção de idade, sexo ou nível de aptidão física. Assim, entende-se que os

corpos de bombeiros mundo a fora devem considerar controles administrativos que promovam o treinamento físico regular e que considere a organização das equipes de trabalho com vistas a respeitar ambos os preceitos envolvidos na questão. Por exemplo, quando possível, os BMs mais jovens e aqueles com menor risco cardiometabólico devem desempenhar as tarefas físicas mais exigentes, especialmente o combate a incêndios, que é bem caracterizado como a atividade profissional mais exigente e arriscada (SMITH *et al.*, 2016). Outra possibilidade pode ser uma composição prescrita de guarnições com BMs com diferentes idades e níveis de condicionamento físico fazendo parte da guarnição, uma vez que ACR e força muscular são apenas duas das múltiplas habilidades que os BMs precisam para um bom desempenho e segurança.

É importante ressaltar que algumas outras habilidades, como a tomada de decisão baseada na experiência, melhoram com o envelhecimento. Um estudo que encontrou uma resposta fisiológica atenuada de instrutores de BMs, em comparação com BMs recrutados, é consistente com a recomendação de que bombeiros mais velhos podem supervisionar o trabalho de outros sem experimentar o mesmo nível de tensão fisiológica (HORN *et al.*, 2019). Vale destacar neste contexto, que um dos estudos pioneiros na busca do estabelecimento de valores mínimos de ACR compatíveis com as demandas profissionais, publicado por Sothmann *et al.*, em 1990, identificou que a relação entre a ACR e o tempo de realização de prova simulada de atividades laborais de bombeiros norte-americanos respondeu por apenas 29% da variância dos resultados (SOTHMANN *et al.*, 2009). Neste contexto, pesquisas são necessárias para avaliar se, eventualmente, a experiência adquirida com o maior tempo de serviço, proporcionado pelo avanço da idade, pode impactar positivamente nos outros fatores que sejam responsáveis pelos 71% restantes da variância na eficácia de realização de tarefas ocupacionais.

Além disso, cabe destacar que a experiência profissional dos bombeiros é um fator crucial para o sucesso das operações de combate a incêndio. Com o tempo, os bombeiros desenvolvem um conhecimento prático valioso que lhes permite tomar decisões rapidamente em situações de emergência. Isso também pode incluir o conhecimento de particularidades locais, como o *layout* de edifícios e a infraestrutura local. Novas tecnologias e técnicas de combate a incêndio também vêm aprimorando cada vez mais o trabalho dos bombeiros. Desde equipamentos de detecção e

prevenção de incêndios até equipamentos de proteção individual mais avançados e sistemas de comunicação, as inovações tecnológicas permitem que os bombeiros trabalhem com mais segurança e eficiência (IAFC, 2017).

No entanto, apesar desses avanços, é importante lembrar que a profissão de bombeiro ainda é uma das mais desafiadoras e perigosas. Por isso, é fundamental que os bombeiros recebam treinamento constante e se mantenham atualizados sobre as mais recentes técnicas e tecnologias para garantir que estejam preparados para enfrentar qualquer situação de emergência. Além disso, é importante ressaltar os riscos à saúde dos bombeiros, incluindo a exposição a produtos químicos tóxicos, que aumentam o risco de câncer (NFPA, 2022), lembrando, com base na fundamentação teórica apresentada, que a adequada aptidão física pode representar o diferencial para o êxito em situações extremas, como em salvamento e no combate a incêndios, tanto para as vítimas, quanto para o próprio bombeiro. Êxito este que, em muitas ocasiões nesta profissão, significa salvar vidas.

No que se refere às prevalências observadas de obesidade nos dois pontos extremos do período de análise (2006-2018) é importante destacar que as proporções encontradas entre os BMs aqui avaliados se mostrou bastante positiva, comparativamente aos dados nacionais e regionais. Em relação ao ano de 2006, a prevalência de obesidade entre esses homens foi quase a metade (5,5%) que aquela estimada para os adultos residentes nas capitais brasileiras (11,1%) (BRASIL, 2007). Entretanto, ao compararmos os dados com o grupo mais específico, ou seja, somente homens e de mesma faixa etária, observa-se que a prevalência de obesidade entre os bombeiros aqui avaliados, que tinham média de idade de 32 anos em 2006, foi 47,6% menor (5,5%) que aquela observada entre homens da população em geral residentes no Distrito Federal (10,5%) e 53,4% menor que aquela observada em homens residentes do Distrito Federal na mesma faixa etária (25-34 anos), que foi de 11,8%. Comportamento semelhante ocorre quando comparamos os dados aqui observados no ano de 2018, com as prevalências encontradas no Vigitel do mesmo ano. A prevalência aqui observada foi de 18,5%, que é apenas um pouco menor que a média nacional para todos adultos, incluindo-se aqui ambos os sexos (19,8%) (BRASIL, 2022b). Entretanto, a prevalência aqui observada em 2018 foi 28,3% menor (18,5%) que aquela observada entre homens residentes do Distrito Federal na mesma faixa etária (35 – 44 anos), que foi de 25,8%. Destaca-se que a comparação de faixa

etária aqui mudou para 35-44 anos, visto que a média de idade de nossa amostra em 2018 era de 44 anos.

Há que se destacar ainda nesses aspectos, que a prevalência de obesidade entre os BMs avaliados aumentou em 3,4 vezes (de 5,5% para 18,5%) no período em análise, ao passo que entre os homens residentes do Distrito Federal na faixa etária dos 35 aos 44 anos aumentou 1,9 vezes. Esta comparação tem restrições, seja por não serem os mesmos indivíduos avaliados na população em geral nos dois momentos, como no nosso caso, seja porque empregamos uma única faixa etária e nossos voluntários mudaram de faixa etária ao longo do período. Outra hipótese que pode explicar, ao menos em parte, o maior crescimento relativo de obesidade entre os bombeiros é que a estimativa de 2006 era quantitativamente bem menor que aquela da população em geral (5,5% vs 11,8%), o que impacta no cálculo de incremento relativo. De toda forma, essa análise comparativa pode servir de alerta no sentido em que aponta para uma redução nas diferenças de prevalência de obesidade entre os bombeiros relativamente à população em geral, o que não é desejável.

Outro achado de grande importância de nosso estudo foi o fato de que o risco de os bombeiros estarem obesos no final do período de acompanhamento (ano de 2018), foi significativamente maior entre aqueles que já eram obesos em 2006, com risco variando entre 5,9 e 7,4 vezes. Este fato reforça a importância da prevenção da obesidade, visto que a sua ocorrência em idades relativamente precoces (em torno dos 30 a 35 anos) aumenta muito o risco do bombeiro estar obeso por volta dos 45 anos de idade, o que reforça achados na literatura quanto à dificuldade enfrentada no tratamento da obesidade, mesmo diante dos grandes avanços observados nas últimas décadas nas terapias medicamentosas anti-obesidade (MÜLLER *et al.*, 2022). O desafio no controle da obesidade é enorme para a população em geral, e de atenção especial entre bombeiros, tendo em vista as demandas profissionais. Sabe-se que a obesidade aumenta os riscos de eventos cardiovasculares em serviço e está muito associada à cardiomegalia, que por sua vez, também é um importante fator de risco para morte súbita cardíaca em serviço entre bombeiros (KALES *et al.*, 2003; KORRE *et al.*, 2016b; SMITH *et al.*, 2018).

Apesar dos nossos achados mostrarem prevalências menores que aquelas da população brasileira, em especial quando comparadas a grupos semelhantes (mesmo estados, sexo e faixa etária) e também menores que de outros grupamentos de

bombeiros no mundo, especialmente quando comparados a bombeiros dos Estados Unidos (STORER *et al.*, 2014; POSTON *et al.*, 2011; KAIPUST *et al.*, 2018), há que se interpretar os valores como preocupantes em razão dos impactos da obesidade para a saúde e para o desempenho profissional, além do fato de ser um quadro de difícil reversão, como apontado anteriormente.

Finalmente, há que se destacar dois outros importantes achados. Conforme comentado, são vários os fatores que podem afetar, reduzindo ou aumentando, o declínio da aptidão física com o passar dos anos. Primeiro, nossos dados mostram que a magnitude do declínio foi significativamente maior entre os bombeiros considerados inaptos no início do período, do ponto de vista da ACR (Figura 8). As retas que simbolizam a evolução temporal da ACR mostram claramente que os obesos já iniciam em um patamar inferior de ACR e apresentaram queda muito mais acentuada ao longo do tempo, comparativamente aos de IMC normal ou na categoria de sobrepeso. Segundo, como se observa nas Figuras 9 e 10 (curvas de sobrevivência) os bombeiros considerados inaptos no ano de 2006 do ponto de vista da ACR, independentemente se pelo padrão fixo ou ajustado para a idade, apresentaram risco maior de desenvolverem obesidade já a partir do início do seguimento, por volta do ano de 2007. O risco só foi aumentando com o tempo, mas já se mostrou significativo no início do período. Nosso grupo já havia identificado anteriormente uma forte relação entre ACR e a composição corporal entre bombeiros (NOGUEIRA *et al.*, 2016). Agora, avançou-se no entendimento desta associação, mostrando uma relação forte em análise longitudinal, que reforça a importância de um chamamento para a ação no sentido de que sejam empreendidos todos os esforços possíveis na prevenção da obesidade, seja para evitar condição tão impactante na saúde, seja com vistas a minimizar o declínio da ACR esperado com a idade, em uma população que requer elevados padrões de ACR e que apresenta tendência de aumento do tempo de serviço, que ultrapassará os 50 e 60 anos de idade.

LIMITAÇÕES

A despeito da robustez metodológica quanto ao tempo de seguimento e ao tamanho da amostra, o presente estudo tem algumas limitações que merecem ser consideradas. Primeiro, é plausível admitir que os voluntários possam ter realizado o

teste de Cooper abaixo de sua capacidade máxima de esforço, pois sabiam antecipadamente o limite mínimo que precisariam para obter sucesso na avaliação física anual, com base em critérios por faixa etária. Em segundo lugar, a ACR foi avaliada por meio de um teste indireto para a estimativa do consumo máximo de oxigênio. No entanto, ambas as limitações provavelmente afetariam igualmente ambas as análises (baseadas em padrões fixos ou ajustados por idade), minimizando seu impacto no escopo deste estudo. Ademais, o teste empregado é validado e largamente empregado com esta finalidade em instituições militares de todo o mundo (ACSM, 2018; ALVERO-CRUZ; GARCÍA; CARNERO, 2017; COOPER, 2018). Em terceiro lugar, a determinação das categorias de ajuste/inadequação com base no padrão ajustado à idade (categorias de Cooper) não é padronizada na literatura, mas foram fornecidas as justificativas que embasaram a formulação das categorias.

Além disso, os possíveis fatores influenciadores da ACR e do IMC ao longo do tempo não foram considerados. Esta não é propriamente uma limitação, visto que nosso objetivo se limitou a analisar se o uso de um padrão fixo ou ajustado por idade afeta a classificação, ao longo do tempo. Em quarto lugar, bombeiros militares com mais de 50 anos não foram considerados porque os dados desses bombeiros não estavam disponíveis. É provável que mudanças mais pronunciadas na ACR sejam observadas após os 50 anos de idade. Por fim, nossa amostra de estudo é composta apenas por homens. A mesma análise entre as mulheres é de extrema importância, entretanto, como as mulheres passaram a ingressar no CBMDF mais recentemente, não tínhamos dados suficientes sobre elas para esta análise. No entanto, esse grupo deve ser considerado em estudos posteriores, especialmente porque a atenuação do declínio da ACR relacionada à idade parece a ser mais limitada em mulheres (HAWKINS; WISWELL, 2003). Finalmente, há que se considerar que, ainda que a amostra tenha sido quase quatro vezes superior ao mínimo amostral, existe a possibilidade, mesmo que remota, em razão do quantitativo avaliado, de que aqueles bombeiros não incluídos possam ter um comportamento distinto dos bombeiros incluídos. Apesar desta limitação teórica, optou-se por um critério mais rígido e conservador, no sentido de incluir somente aqueles que realizaram todos os TAFs no período de análise, privilegiando-se a análise temporal sem ausência de dados, uma vez que o quantitativo alcançado superou largamente o mínimo tamanho amostral.

No cenário dessas limitações, reforçam-se, entretanto, pontos fortes importantes da investigação realizada. Primeiro, as comparações de aptidão física (ACR e IMC) foram baseadas em um período de acompanhamento de 12 anos entre BMs em uma faixa etária muito sensível em termos de declínio da aptidão física. Em segundo lugar, o tamanho da amostra foi grande, permitindo alto poder na análise e representando homens BMs de um importante unidade da federação do Brasil.

Em resumo, a abordagem que considera um padrão fixo de aptidão física (12,0 MET) como padrão mínimo, independentemente da idade (e sexo), é difícil de sustentar com base nos princípios da fisiologia do exercício, que demonstram claramente que a ACR diminui com a idade. A adesão exclusiva a tal padrão pode trazer diversas consequências negativas, inclusive a exclusão de BMs muito experientes. Ao mesmo tempo, algumas tarefas relacionadas ao trabalho, principalmente combate a incêndios, podem exigir níveis de ACR difíceis de manter após os 50 anos, o que pode resultar em menor eficácia ou segurança no trabalho.

A partir daí, considerando ambas as perspectivas, e reconhecendo a tendência dos bombeiros para terem carreiras mais longas, propomos que os corpos de bombeiros devam empreender todos os esforços para promover e priorizar programas de treino físico e que considerem novas abordagens para definir as características dos combatentes. Assim, há que se buscar o melhor casamento possível entre as abordagens ocupacional e fisiológica, visando a melhor eficiência e segurança possíveis no trabalho desses profissionais de extrema relevância social. Essa mesma perspectiva abrangente também deve ser relevante ao considerar os padrões mínimos de ACR para mulheres.

7 CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

Conclui-se que há um declínio significativo na aptidão cardiorrespiratória e um aumento no IMC entre bombeiros militares brasileiros de meia-idade do sexo masculino durante em um período de 12 anos. No entanto, quando a ACR foi categorizada como apto ou inapto com base em um padrão fixo de 12,0 MET ou com base em categorias de condicionamento físico ajustadas à idade, a porcentagem de bombeiros inaptos após o período de acompanhamento de 12 anos diferiu consideravelmente.

Além disso, foi identificada uma forte associação entre a aptidão cardiorrespiratória e o índice de massa corporal. A prevalência de bombeiros em boa forma física em ambos os momentos de análise foi significativamente influenciada pela forma como a aptidão foi categorizada, melhorando quando a idade foi levada em consideração, em comparação com um padrão mínimo fixo.

Com base nessas descobertas, fica evidente a importância de estabelecer uma abordagem que combine as demandas ocupacionais específicas, priorizando as exigências relacionadas ao trabalho e atualmente recomendando um padrão de 12,0 MET, juntamente com uma abordagem fundamentada na fisiologia do exercício, que destaca a necessidade de ajustar os critérios de aptidão de acordo com a idade e o sexo.

Olhando para um contexto mais amplo, é crucial que pesquisadores e corpos de bombeiros em todo o mundo considerem os diversos aspectos relacionados ao envelhecimento desses profissionais. Com o aumento da expectativa de carreira dos bombeiros, torna-se urgente compreender as complexas interações entre as demandas ocupacionais dos bombeiros e o processo de envelhecimento. O estabelecimento de políticas que promovam um estilo de vida saudável e ativo, juntamente com treinamentos físicos regulares, mostra-se crucial para garantir um envelhecimento saudável, seguro e produtivo dos bombeiros.

Além disso, medidas administrativas podem desempenhar um papel fundamental na garantia de que as equipes de bombeiros possam continuar atendendo às exigências físicas do trabalho, considerando a realidade da diminuição da aptidão física à medida que os bombeiros envelhecem. Com base em um amplo corpo de evidências científicas, é patente que esses bravos profissionais não poderão

enfrentar períodos de serviço mais longos sem as devidas adaptações nos requisitos mínimos de aptidão física e na organização do trabalho.

Em suma, os resultados deste estudo têm implicações significativas para a saúde e o bem-estar dos bombeiros, bem como para a organização e planejamento das corporações de bombeiros. É fundamental que sejam adotadas medidas abrangentes e adaptativas para lidar com os desafios decorrentes do envelhecimento desses profissionais, garantindo assim a segurança e o desempenho eficiente de suas funções essenciais para a sociedade.

8 REFERÊNCIAS

- ABAD, C.C.C. *et al.* 10 km running performance predicted by a multiple linear regression model with allometrically adjusted variables. **Journal of Human Kinetics**, v. 51, p. 193-200, 2016.
- ABESO. Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. **Diretrizes Brasileiras de Obesidade 2009/2010**. 3. ed. São Paulo: ABESO, 2009.
- ACSM; BALADY, G.J. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
- ACSM. American College of Sports Medicine. (Organizador). **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. 10. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2018.
- AMARAL, L. **Manual Básico de Bombeiro Militar**. Rio de Janeiro: CBMERJ, 2014.
- ARENA, R. *et al.* Assessment of functional capacity in clinical and research settings: a scientific statement from the American Heart Association Committee on Exercise, Rehabilitation, and Prevention of the Council on Clinical Cardiology and the Council on Cardiovascular Nursing. **Circulation**, v. 116, n. 3, p. 329-343, 2007.
- ASTRAND, I. Aerobic work capacity in men and women with special reference to age. **Acta Physiologica Scandinavica Supplementum**, v. 49, n. 169, p. 1-92, 1960.
- ALVERO-CRUZ, J.R.; GARCÍA, M.A.G.; CARNERO, E.A. Reliability and accuracy of Cooper's test in male long distance runners. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 10, n. 2, p. 60-63, 2017.
- BAIN, C. Commentary: What's past is prologue. **International Journal of Epidemiology**, v. 35, n. 1, p. 16-17, 2006.
- BAHLS, M. *et al.* Physical activity and cardiorespiratory fitness - a ten-year follow-up. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 31, n. 3, p. 742-751, 2021.
- BALKE, B. The effect of physical exercise on the metabolic potential, a crucial measure of physical fitness. *In*: STALEY, S. *et al.* (editores). **Exercise and fitness**. Chicago: The Athletic Institute, 1960. p. 73-81.
- BASTOS, A.H.S.A. **Labaredas do Rio - Abordagens histórico-sociais do Rio e do Corpo de Bombeiros: do Império à República**. Anais XXIX Simpósio Nacional de História, Brasília, 24-28 jul. 2017.
- BASSETT, D.R. *et al.* Validity of inspiratory and expiratory methods of measuring gas exchange with a computerized system. **Journal of Applied Physiology**, v. 91, n. 1, p. 218-224, 2001.

BAUR, D.M. *et al.* Cardiorespiratory fitness predicts cardiovascular risk profiles in career firefighters. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 53, n. 10, p. 1155- 1160, 2011.

BAUR, D.M. *et al.* Age-related decline in cardiorespiratory fitness among career firefighters: modification by physical activity and adiposity. **Journal of Obesity**, v. 2012, p. 1-7, 2012.

BAUR, D.M.; CHRISTOPHI, C.A.; KALES, S.N. Metabolic Syndrome is inversely related to cardiorespiratory fitness in male career firefighters. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 26, n. 9, p. 2331-2337, 2012.

BAXTER, C.S. *et al.* Ultrafine particle exposure during fire suppression--is it an important contributory factor for coronary heart disease in firefighters? **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 52, n. 8, p. 791-796, 2010.

BELLI K.C. *et al.* Analysis of maximal oxygen consumption-VO₂max of a Brazilian specific population. **Circulation**, v. 117, n. 19, e107, 2008.

BLAIR, S.N. *et al.* Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women. **JAMA**, v. 262, n. 17, p. 2395-2401, nov. 1989.

BOBERTZ, N. **Augustus**: three greatest accomplishments of Rome's first emperor. The Historyace, 2023.

BODE, E.D. *et al.* Cardiovascular disease risk factors by BMI and age in United States Firefighters. **Obesity**, v. 29, n. 7, p. 1186-1194, 2021.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Decreto n. 1775, de 2 de julho de 1856, dá Regulamento para o serviço de Extinção dos incêndios**. Rio de Janeiro: Coleção de Leis do Império do Brasil, v. 1, p. 302, parte II, 1856.

_____. Congresso Nacional. **Lei n. 7.479, de 2 de junho de 1986**, aprova o Estatuto dos Bombeiros Militares do Corpo de Bombeiros do Distrito Federal, e dá outras providências. Brasília, D.O.U., 4 jun. 1986.

_____. Congresso Nacional. **Lei n. 8.255, de 20 de novembro de 1991**, dispõe sobre a organização básica do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal e dá outras providências. Brasília, D.O.U., 21 nov. 1991.

_____. Ministério da Saúde. **Vigitel Brasil 2006 – Vigilância de fatores de risco para doença crônicas por inquérito telefônico**: Estimativas sobre a frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2006. Brasília: Ministério da Saúde, 2007.

_____. Congresso Nacional. **Lei nº 12.086, de 6 de novembro de 2009**, dispõe sobre os militares da Polícia Militar do Distrito Federal e do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal; altera as Leis nos 6.450, de 14 de outubro de 1977, 7.289, de 18 de dezembro de 1984, 7.479, de 2 de junho de 1986, 8.255, de 20 de

novembro de 1991, e 10.486, de 4 de julho de 2002; revoga as Leis nos 6.302, de 15 de dezembro de 1975, 6.645, de 14 de maio de 1979, 7.491, de 13 de junho de 1986, 7.687, de 13 de dezembro de 1988, 7.851, de 23 de outubro de 1989, 8.204, de 8 de julho de 1991, 8.258, de 6 de dezembro de 1991, 9.054, de 29 de maio de 1995, e 9.237, de 22 de dezembro de 1995; revoga dispositivos das Leis nos 7.457, de 9 de abril de 1986, 9.713, de 25 de novembro de 1998, e 11.134, de 15 de julho de 2005; e dá outras providências. Brasília, D.O.U., 9 nov. 2009.

_____. Congresso Nacional. **Lei n. 13.954, de 16 de dezembro de 2019**, altera a Lei nº 6.880, de 9 de dezembro de 1980 (Estatuto dos Militares), a Lei nº 3.765, de 4 de maio de 1960, a Lei nº 4.375, de 17 de agosto de 1964 (Lei do Serviço Militar), a Lei nº 5.821, de 10 de novembro de 1972, a Lei nº 12.705, de 8 de agosto de 2012, e o Decreto-Lei nº 667, de 2 de julho de 1969, para reestruturar a carreira militar e dispor sobre o Sistema de Proteção Social dos Militares; revoga dispositivos e anexos da Medida Provisória nº 2.215-10, de 31 de agosto de 2001, e da Lei nº 11.784, de 22 de setembro de 2008; e dá outras providências. Brasília, D.O.U., 17 dez. 2019.

_____. Ministério da Saúde. **Vigitel Brasil 2021 - Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico**: Estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas 26 capitais dos estados brasileiros e no Distrito Federal em 2021. Brasília: Ministério da Saúde, 2022a.

_____. Ministério da Saúde. **Vigitel Brasil 2018 - Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico**: Estimativas sobre a frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2018. Brasília: Ministério da Saúde, 2022b.

BRIEN, S.E. *et al.* Physical activity, cardiorespiratory fitness and body mass index as predictors of substantial weight gain and obesity: the Canadian physical activity longitudinal study. **Canadian Journal of Public Health**, v. 98, n. 2, p. 121-124, 2007.

BUSKIRK, E.R.; HODGSON, J.L. Age and aerobic power: the rate of change in men and women. **Federation Proceedings**, v. 46, n. 5, p. 1824-1829, abr. 1987.

CAMERON, N.A. *et al.* Longitudinal decline in cardiorespiratory fitness with age among male firefighters in San Diego, California, 2005–2015. **American Journal of Public Health**, v. 108, n. 10, p. 1388-1393, 2018.

CARNETHON, M.R.; GULATI, M.; GREENLAND, P. Prevalence and cardiovascular disease correlates of low cardiorespiratory fitness in adolescents and adults. **JAMA**, v. 294, n. 23, p. 2981-2988, 2005.

CASARIM, A.H. **O espaço urbano na criação e expansão do Corpo de Bombeiros Militar**: ênfase em Minas Gerais. Monografia (Bacharelado em Geografia) – da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2017.

CASPERSEN, C.J.; POWELL, K.E.; CHRISTENSON, G.M. Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. **Public Health Reports**, v. 100, n. 2, p. 126-131, 1985.

CASTILHO, M.M. *et al.* Capacidade física de bombeiros militares: impacto do processo de envelhecimento. **Revista Inspirar - Movimento & Saúde**, ed. 38, v. 9, n. 2, p. 50-55, abr./maio/jun. 2016.

CATERSON, I.D.; GILL, T.P. Obesity: epidemiology and possible prevention. **Best Practice & Research. Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 16, n. 4, p. 595-610, 2002.

CBMGO. Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás. **História da Corporação**. Goiânia: CBMGO, 2022.

CERCATO, C.; FONSECA, F.A. Cardiovascular risk and obesity. **Diabetology & Metabolic Syndrome**, v. 11, n. 1, p. 74-88, ago. 2019.

CHEHUEN NETO, J.A. *et al.* Pesquisa quantitativa: análise e objetividade. *In*: CHEHUEN NETO, J.A. (organizador). **Metodologia, modelos e estatística aplicados à pesquisa científica na área da saúde**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2022. p. 102-113.

COARACY, V. **Memórias da cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1965.

COHEN, J. **Statistical power analysis for the behavioral sciences**. 2. ed. New York: Lawrence Earlbaum Associates, 1988.

COLLINS, C. The heritage and evolution of America's Volunteer Fire Service. *In*: NVFC. National Volunteer Fire Council. **A proud tradicion: 275 years of the American Volunteer Fire Service**. Tampa: Faircount Media Group, 2015. p. 10-19.

COOPER, K.H. A Means of assessing maximal oxygen intake: correlation between field and treadmill testing. **JAMA**, v. 203, n. 3, p. 201-204, 1968.

_____. **The aerobics program for total well-being**: exercise, diet, and emotional balance. New York: M. Evans & Co, 1982.

_____. The History of aerobics (50 Years and Still Counting). **Research Quarterly for Exercise and Sport**, v. 89, n. 2, p. 129-134, 2018.

COSTILL, D.L; WILMORE, J.H.; KENNEY, W.L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. 7. ed. São Paulo: Manole, 2020.

CUNNINGHAM, D.H. *et al.* Active leisure time activities as related to age among males in a total population. **Journal of Gerontology**, v. 23, p. 551-556, 1968.

DAMACENA, F.C. *et al.* Obesity prevalence in Brazilian firefighters and the association of central obesity with personal, occupational and cardiovascular risk factors: a cross-sectional study. **BMJ Open**, v. 10, n. 3, p. 1-10, mar. 2020.

DAMIANI, D.; CARVALHO, D.P.; OLIVEIRA, R.G. Obesidade na infância: um grande desafio! **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, v. 44, n. 5, p. 363-365, out. 2000.

DAVIES, S. **Cinco grandes cambios provocados por el incendio que destruyó Londres hace más de 350 años**. Londres: BBC, 2016.

DE LANGE, A.H. *et al.* A hard day's night: a longitudinal study on the relationships among job demands and job control, sleep quality and fatigue. **Journal of Sleep Research**, v. 18, n. 3, p. 374-383, 2009.

DILL, D.B.; ROBINSON, S.; ROSS, J.C. A longitudinal study of 16 champion runners. **The Journal of Sports Medicine**, v. 7, n. 1, p. 4-27, mar. 1967.

DISAU. Diretoria de Saúde do CBMDF. **Planilha de saúde dos bombeiros do CBMDF**. Brasília: CBMDF, 2023.

DISTRITO FEDERAL. Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. **Edital nº 001, de 1 de julho de 2016**. Brasília, CBMDF, 1 jul. 2016.

DOCKERY, D.W. Epidemiologic evidence of cardiovascular effects of particulate air pollution. **Environmental Health Perspectives**, v. 109, Suplemento 4, p. 483-486, 2001.

DONCHEVA, N.I.; NIKOLOVA, R.I.; DANEV, S.G. Overweight, dyslipoproteinemia, and heart rate variability measures. **Folia Medica**, v. 45, n. 1, p. 8-12, 2003.

DURAND, G. *et al.* Firefighters' physical activity: relation to fitness and cardiovascular disease risk. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 9, p. 1752-1759, 2011.

ELSNER, K.L.; KOLKHORST, F.W. Metabolic demands of simulated firefighting tasks. **Ergonomics**, v. 51, n. 9, p. 1418-1425, 2008.

EVORA, P.R.B. **Revisão simplificada da fisiologia cardiovascular**. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, 2017.

FAHY, R.F.; PETRILLO, J.T.; MOLIS, J.L. Firefighter fatalities in the United States in 2019. **NFPA Journal**, p. 1-26, jul. 2020.

FAN, K. *et al.* Trends in obesity and severe obesity prevalence in the United States from 1999 to 2018. **American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Council**, v. 35, n. 5, 2023.

FARREL, S.W. **50 Years of the Cooper 12-Minute run**. The Cooper Institute, 8 jun. 2018.

FARIOLI, A. *et al.* Duty-related risk of sudden cardiac death among young US firefighters. **Occupational Medicine**, v. 64, n. 6, p. 428-435, set. 2014.

FINE, N.M. *et al.* Characteristics and outcomes of patients who achieve high workload (≥ 10 metabolic equivalents) during treadmill exercise echocardiography. **Mayo Clinic Proceedings**, v. 88, n. 12, p. 1408-1419, dez. 2013.

FIREFIGHTER FOUNDATION. **History of firefighting**. London: Firefighter Foundation, 2023.

FLEGAL, K.M. *et al.* Overweight and obesity in the United States: prevalence and trends, 1960-1994. **International Journal of Obesity**, v. 22, n. 1, p. 39-47, 1998.

FLEG, J.L. *et al.* Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. **Circulation**, v. 112, n. 5, p. 674-682, 2005.

FLINT, A.J. *et al.* Excess weight and the risk of incident coronary heart disease among men and women. **Obesity**, v. 18, n. 2, p. 377-383, 2010.

FONTAINE, K.R. *et al.* Years of life lost due to obesity. **JAMA**, v. 289, n. 2, p. 187-193, 2003.

FRANKLIN, B.A. *et al.* Using metabolic equivalents in clinical practice. The **American Journal of Cardiology**, v. 121, n. 3, p. 382-387, fev. 2018.

GAINEY, S.J. *et al.* Exposure to a firefighting overhaul environment without respiratory protection increases immune dysregulation and lung disease risk. **PLoS ONE**, v. 13, n. 8, p. 1-15, ago. 2018.

GARBER, C.E. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334-1359, 2011.

GAVIN, P.H. *et al.* Thermal response to firefighting activities in residential structure fires: impact of job assignment and suppression tactic. **Ergonomics**, v. 61, n. 3, p. 404-419, 2018.

GBD. The Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors Study. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. **The Lancet**, v. 392, n. 10.159. p. 1923-1994, nov. 2018.

GEIBE, J.R. *et al.* Predictors of on-duty coronary events in male firefighters in the United States. **American Journal of Cardiology**, v. 101, n. 5, p. 585-589, mar. 2008.

GERSTENBLITH, G.; LAKATTA, E.G.; WEISFELDT, M.L. Age changes in myocardial function and exercise response. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 19, n. 1, p. 1-21, jul./ago. 1976.

GRINBY, G.; SALTIN, B. Physiological analysis of physically well-trained middle-aged and old athletes. **Acta Medica Scandinavica**, v. 179, n. 5, p. 513-526, maio 1966.

GUMIENIAK, R.; JAMNIK, V.; GLEDHILL, N. Physical fitness *bona fide* occupational requirements for safety-related physically demanding occupations; test development considerations. **The Health & Fitness Journal of Canada**, v. 4, n. 2, p. 47-52, 2011.

GUREVICH, K.G. *et al.* Obesity prevalence and accuracy of BMI-defined obesity in Russian firefighters. **Occupational Medicine**, v. 67, n. 1, p. 61-63, 2017.

HAGBERG, J.M. Effect of training on the decline of VO₂max with aging. **Federation Proceedings**, v. 46, n. 5, p. 1830-1833, abr. 1987.

HAKOLA, L. *et al.* Cardiorespiratory fitness in aging men and women: the DR's EXTRA study. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 21, n. 5, p. 679-687, 2011.

HANSON, E. *et al.* Physiological determinants of the candidate physical ability test in firefighters. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 42, n. 5, Supp.1, p. 585-586, 2010.

HARRIDGE, S.D.R.; LAZARUS, N.R. Physical activity, aging, and physiological function. **Physiology**, v. 32, n. 2, p. 152-161, 2017.

HASKELL, W. *et al.* Physical activity and Public Health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. **Circulation**, v. 116, n. 9, p. 1081-1093, 2007.

HAWKINS, S.A.; WISWELL, R.A. Rate and Mechanism of maximal oxygen consumption decline with aging. **Sports Medicine**, v. 33, n. 12, p. 877-888, 2003.

HEIL, D. *et al.* Wildland fire personal protective equipment and technology. **Forest Products Journal**, v. 52, n. 6, p. 77-83, 2002.

HEATH, G.W. *et al.* A physiological comparison of young and older endurance athletes. **Journal of Applied Physiology: Respiratory Environmental Exercises Physiology**, v. 51, n. 3, p. 634-640, set. 1981.

HORN, G.P. *et al.* Firefighter and fire instructor's physiological responses and safety in various training fire environments. **Safety Science**, v. 116, p. 287-294, 2019.

HUBERT, H.B. *et al.* Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: a 26-year follow-up of participants in the Framingham Heart Study. **Circulation**, v. 67, n. 5, p. 968-977, 1983.

HU, F. **Obesity epidemiology**. Oxford: Oxford University Press, 2008.

IAFC. International Association of Fire Chiefs. **The benefits of technology in firefighting**. McLean: IAFC, 2017.

IDE, C.W. Fat future for firefighters? Changes in prevalence of obesity in Scottish local authority firefighters. **Scottish Medical Journal**, v. 57, n. 4, p. 1-3, 2012.

INOUE, Y. *et al.* Epidemiology of obesity in adults: latest trends. **Current Obesity Reports**, v. 7, n. 4, p. 276-288, 2018.

ISER, B.P. *et al.* Protection from chronic diseases and the prevalence of risk factors in Brazilian state capitals-main results from Vigitel 2010. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 9, p. 2343-2356, set. 2012.

JAMES, P.T.; RIGBY, N.; LEACH, R. The obesity epidemic, metabolic syndrome and future prevention strategies. **European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation**, v. 11, n. 1, p. 3-8, 2004.

JHONSON, Q.R. *et al.* Heart rate responses during simulated fire ground scenarios among full-time firefighters. **International Journal of Exercise Science**, v. 13, n. 2, p. 374-382, fev. 2020.

JONSSON, A.; SEGESTEN, K.; MATTSSON, B. Post-traumatic stress among Swedish ambulance personnel. **Emergency Medicine Journal**, v. 20, n. 1, p. 79-84, 2003.

JOÃO, G.A.; FIGUEIRA JÚNIOR, A. **Os primeiros passos em fisiologia do exercício: bioenergética, cardiorrespiratório e gasto energético**. São Paulo: CREF4/SP, 2019.

KAIPUST, C.M. *et al.* Sleep, Obesity, and injury among US male career firefighters. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 61, n. 4, p. 150-154, abr. 2019.

KALES, S.N. *et al.* Correlates of body mass index in hazardous materials firefighters. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 41, n. 7, p. 589-595, jul. 1999.

KALES, S.N. *et al.* Firefighters and on-duty deaths from coronary heart disease: a case control study. **Environmental Health: A Global Access Science Source**, v. 2, n. 1, p. 1-13, 2003.

KALES, S.N. *et al.* Emergency duties and deaths from heart disease among firefighters in the United States. **The New England Journal of Medicine**, v. 356, n. 12, p. 1207-1215, 2007.

KALES, S.N. *et al.* Blood pressure in firefighters, police officers, and other emergency responders. **American Journal of Hypertension**, v. 22, n. 1, p. 11-20, 2009.

KALES, S.N.; SMITH, D.L. Firefighting and the heart: implications for prevention. **Circulation**, v. 135, n. 14, p. 1296-1299, 2017.

KAMINSKY, L.A.; MYERS, J.; ARENA, R. Determining cardiorespiratory fitness with precision: compendium of findings from the FRIEND Registry. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 62, n. 1, p. 76-82, 2019.

KAPPUS, R.M. *et al.* Obesity and overweight associated with increased carotid diameter and decreased arterial function in young otherwise healthy men. **American Journal of Hypertension**, v. 27, n. 4, p. 628-634, 2014.

KISS, P. *et al.* Cardiorespiratory fitness in a representative sample of Belgian firefighters. **Occupational Medicine**, v. 64, n. 8, p. 589-594, 2014.

KORRE, M. *et al.* Cardiac enlargement in US Firefighters: prevalence estimates by echocardiography, cardiac magnetic resonance and autopsies. **Journal of Clinical and Experimental Cardiology**, v. 7, n. 7, p. 1-6, 2016a.

KORRE, M. *et al.* Effect of Body Mass Index on left ventricular mass in career male firefighters. **American Journal of Cardiology**, v. 118, n. 11, p. 1769-1773, dez. 2016b.

KUEHL, K.S. *et al.* Economic benefit of the PHLAME wellness programme on firefighter injury. **Occupational Medicine**, v. 63, n. 3, p. 203-209, 2013.

LAAKSONEN, D.E. *et al.* Low levels of leisure- time physical activity and cardiorespiratory fitness predict development of the metabolic syndrome. **Diabetes Care**, v. 25, n. 9, p. 1612-1618, 2002.

LANDSBERG, L. *et al.* Obesity-related hypertension: pathogenesis, cardiovascular risk, and treatment: a position paper of The Obesity Society and the American Society of Hypertension. **Journal of Clinical Hypertension**, v. 15, n. 1, p. 14-33, jan. 2013.

LEÃO, L.M. **Metodologia do estudo e pesquisa**: facilitando a vida dos estudantes, professores e pesquisadores. Petrópolis: Vozes, 2019.

LEE, J-Y. *et al.* The impact of firefighter personal protective equipment and treadmill protocol on maximal oxygen uptake. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, v. 10, n. 7, p. 397-407, 2013.

LINHARES, R.S. *et al.* Distribuição de obesidade geral e abdominal em adultos de uma cidade no Sul do Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 28, n. 3, p. 438-447, 2012.

LOFRANO-PORTO, A. *et al.* Borderline-low testosterone levels are associated with lower left ventricular wall thickness in firefighters: an exploratory analysis. **Andrology**, v. 8, n. 6, p. 1753-1761, nov. 2020.

MACEDO, J.M. **Um passeio pela cidade do Rio de Janeiro**. Edição revisada e anotada. Brasília: Senado Federal, 2005.

McARDLE, W.D.; KATCH, F.; KATCH, V.L. **Fisiologia do exercício: nutrição, energia e desempenho humano**. 8. ed. Tradução de Giuseppe Taranto. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.

McGAVOCK, J.M. *et al.* A forty-year follow-up of the Dallas Bed Rest and Training study: the effect of age on the cardiovascular response to exercise in men. **The Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 64, n. 2, p. 293-299, 2009.

MARTIN, D.R.F.S. *et al.* Nível de atividade física e sobrecarga cardiovascular em bombeiros militares durante combate a incêndio florestal: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 45, p. 16-22, 2020.

McGUIRE, D.K. *et al.* A 30-year follow-up of the Dallas Bed Rest and Training Study: I. Effect of age on the cardiovascular response to exercise. **Circulation**, v. 104, n. 12, p. 1350-1357, 2001.

MELO, S.A.O. **História do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CBMMG, 2015.

MISRA A.; KHURANA, L. Obesity and the metabolic syndrome in developing countries. **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 93, n. 11, Suplemento 1, p. 9-30, nov. 2008.

MITLEMAN, M.A.; MACLURE, M.; TOFLER, G.H. Triggering of acute myocardial infarction by heavy physical exertion. Protection against triggering by regular exertion. Determinants of Myocardial Infarction Onset Study Investigators. **The New England Journal of Medicine**, v. 329, n. 23, p. 1677-1683, 1993.

MOKDAD, A.H. *et al.* The spread of the obesity epidemic in the United States, 1991-1998. **JAMA**, v. 282, n. 16, p. 1519-1522, 1999.

MONTERO, D.; DIAZ-CAÑESTRO, C.; LUNDBY, C. Endurance training and VO₂máx: role of maximal cardiac output and oxygen extraction. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 47, n. 10, p. 2024-2033, out. 2015.

MONTOYE, H.J. *et al.* **Measuring physical activity and energy expenditure**. Champaign: Human Kinetics, 1996.

MORRIS, C.K. *et al.* The prognostic value of exercise capacity: a review of the literature. **American Heart Journal**, v. 122, p. 1423-1431, 1991.

MUNIR, F. *et al.* Overweight and obesity in UK firefighters. **Occupational Medicine**, v. 62, n. 5, p. 362-365, 2012.

MÜLLER, T.D. *et al.* Anti-obesity drug discovery: advances and challenges. **Nature Reviews Drug Discov**, v. 21, n. 3, p. 201-223, mar. 2022.

MUST, A. *et al.* Long-term morbidity and mortality of overweight adolescents. A follow-up of the Harvard Growth Study of 1922 to 1935. **The New England Journal of Medicine**, v. 327, n. 19, p. 1350-1355, 1992.

MYERS, J. *et al.* Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. **New England Journal of Medicine**, v. 346, n. 11, p. 793-801, 2002.

MYERS, J. *et al.* Fitness versus physical activity patterns in predicting mortality in men. **American Journal of Medicine**, v. 117, n. 12, p. 912-918, 2004.

NAHAS, M.V. **Atividade física, saúde e qualidade de vida: conceitos e sugestões para um estilo de vida ativo**. 7. ed. atualizada e ampliada. Florianópolis: Edição do Autor, 2017.

NCFC; USFA. National Commission on Fire and Control; United States Fire Administration. **America Burning: The Report of the National Commission on Fire Prevention and Control**. Morrisville: Lulu Press, 2014.

NFPA. National Fire Protection Association. **NFPA 1582: Standard on Comprehensive Occupational Medical Program for Fire Departments Scope**. Avon: NFPA, 2022.

NHMRC. National Health and Medical Research Council. **Clinical practice guidelines for the management of overweight and obesity in adults, adolescents and children in Australia**. Melbourne: National Health and Medical Research Council, 2013.

NIEMAN, D.C. **Exercício e saúde: como se prevenir de doenças usando o exercício como seu medicamento**. São Paulo: Manole, 1999.

NOGUEIRA, R.M. **Avaliação da função autonômica cardíaca e da sobrecarga cardiovascular de bombeiros militares durante turno de serviço operacional**. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – da Universidade de Brasília, 2016.

NOGUEIRA, R.M. *et al.* Longitudinal changes in cardiorespiratory fitness among firefighters based on a fixed 12.0 MET standard and an age-adjusted fitness standard. **Work (Reading, Mass.)**, 14 mar. 2023.

NOGUEIRA, E.C. *et al.* Body composition is strongly associated with cardiorespiratory fitness in a large brazilian military firefighter cohort: the brazilian firefighters study. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 1, p. 33-38, 2016.

NORRIS, A.H.; LUNDY, E. **Trends in selected indices of body composition in men between the ages 30 and 80 years**. *Annals of the New York Academy of Science*, v. 110, p. 623-639, set. 1963.

NORTH, B.J.; SINCLAIR, D.A. The intersection between aging and cardiovascular disease. **Circulation Research**, v. 110, n. 8, p. 1097-1108, 2012.

NVFC. National Volunteer Firefighter Council. **Heart-Healthy Firefighter Program**. NVFC, 2023.

OLINTO, M.T.A. *et al.* Níveis de intervenção para obesidade abdominal: prevalência e fatores associados. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n. 6, p. 1207-1215, 2006.

PENRY, J.T.; WILCOX, A.R.; YUN, J. Validity and reliability analysis of Cooper's 12-minute run and the multistage shuttle run in healthy adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 25, n. 3, p. 597-605, 2011.

PETTEE G.K. *et al.* Factors associated with age-related declines in cardiorespiratory fitness from early adulthood through midlife: CARDIA. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 54, n. 7, p. 1147-1154, jul. 2022.

POLLOCK, M.L. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining fitness in healthy adults. **Medicine in Science and Sports and Exercise**, v. 30, n. 6, p. 975-991, 1998.

POPKIN, B.M.; GORDON-LARSEN, P. The nutrition transition: worldwide obesity dynamics and their determinants. **International Journal of Obesity**, v. 28, n. 3, p. 2-9, 2004.

POPLIN, G.S. *et al.* The association of aerobic fitness with injuries in the fire service. **American Journal of Epidemiology**, v. 179, n. 2, p. 149-155, 2014.

PORTO, L.G.G.; JUNQUEIRA JÚNIOR, L.F. Atividade física e saúde: evolução dos conhecimentos, conceitos e recomendações para o clínico. **Brasília Médica**, v. 45, p. 107-115, 2008.

PORTO, L.G.G. *et al.* Agreement between BMI and body fat obesity definitions in a physically active population. **Archives of Endocrinology and Metabolism**, v. 60, p. 515-525, 2016.

PORTO, L.G.G. Risco cardiometabólico da atividade de bombeiro: estratégias individuais e institucionais na redução do risco e na promoção da saúde, com destaque para o papel da aptidão física. **Revista Flammae**, v. 4, n. 11, p. 9-26, dez. 2018.

PORTO, L.G.G. *et al.* Firefighters' basal cardiac autonomic function and its associations with cardiorespiratory fitness. **Work (Reading, Mass.)**, v. 62, n. 3, p. 485-495, 2019.

POSTON, W.S.C. *et al.* The Prevalence of overweight, obesity, and substandard fitness in a population-based firefighter cohort. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 53, n. 3, p. 266-273, 2011.

POWERS, S.K.; HOWLEY, E.T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 3. ed. São Paulo: Manole; 2000.

PRIETO, J.A. *et al.* The influence of age on aerobic capacity and health indicators of three rescue groups. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, v. 19, n. 1, p. 19-27, 2013.

PUHL, R.M.; HEUER, C.A. The stigma of obesity: a review and update. **Obesity**, v. 17, n. 5, p. 941-964, 2009.

RANADIVE, S.M. *et al.* Low testosterone and cardiometabolic risks in a real-world study of US male firefighters. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2021.

RASCHKA, C.; BAMBUSEK, D.; TÜRK, J. Anthropometrical and sport constitutional comparison between young firefighters (≤ 30 years) and sport students (≤ 30 years). **Papers on Anthropology**, v. 21, p. 246–255, 2012.

RICCI, J.A.; CHEE, E. Lost productive time associated with excess weight in the U.S. workforce. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 47, n. 12, p. 1227-1234, dez. 2005.

ROGERS, M.A. *et al.* Decline in VO₂ max with aging in master athletes and sedentary men. **Journal of Applied Physiology**, v. 68, n. 5, p. 2195-2199, maio 1990.

ROSS, R. *et al.* Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart Association. **Circulation**, v. 134, n. 24, p. 653-699, 2016.

RUIZ, J.R. *et al.* Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. **BMJ**, v. 337, n. 7661, p. 92-95, jul. 2008.

SAKURAIY, Y. *et al.* Association between duration of obesity and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus. The Sotetsu Study. **American Journal of Epidemiology**, v. 149, n. 3, p. 256-260, fev. 1999.

SACHER, D. Overweight + obesity: U.S. Surgeon General call to action to prevent and decrease. **IDEA Health & Fitness Source**, v. 20, n. 10, p. 27, nov./dez. 2002.

SALTIN, B.G. *et al.* Response to exercise after bed rest and after training. **Circulation**, v. 38, n. 5, Suplemento, p. 1-78, nov. 1968.

SANTARPIA, L.; CONTALDO, F.; PASANISI, F. Body composition changes after weight-loss interventions for overweight and obesity. **Clinical Nutrition**, v. 32, n. 2, p. 157-161, 2013.

SANTOS, L.P. **A expectativa de sobrevida do Bombeiro Militar do DF e a reforma dos Regimes de Previdência Pública Brasileira**. Brasília: CBMDF, 2011.

SAWADA, Y. Hemodynamic effects of short-term noise exposure--comparison of steady state and intermittent noise at several sound pressure levels. **Japanese Circulation Journal**, v. 57, n. 9, p. 862-872, 1993.

SHEAFF, A.K. *et al.* Physiological determinants of the candidate physical ability test in firefighters. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 24, n. 11, p. 3112-3122, 2010.

SIMKHOVICH, B.Z.; KLEINMAN, M.T.; KLONER, R.A. Particulate air pollution and coronary heart disease. **Current Opinion in Cardiology**, v. 24, n. 6, p. 604-609, 2009.

SINGER, J.M.; NOBRE, J.S.; ROCHA, F.M.M. **Análise de dados longitudinais**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2018.

SMITH, D.L.; PETRUZZELLO, S.J. Selected physiological and psychological responses to live-fire drills in different configurations of firefighting gear. **Ergonomics**, v. 41, n. 8, p. 1141-1154, 1998.

SMITH, D.L. *et al.* Cardiovascular strain of firefighting and the risk of sudden cardiac events. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 44, n. 3, p. 90-97, 2016.

SMITH, D.L. *et al.* Pathoanatomic findings associated with duty-related cardiac death in US firefighters: a case control study. **Journal of the American Heart Association**, v. 7, n. 18, p. 1-9, 2018.

SMITH, D.L. *et al.* The relation of emergency duties to cardiac death among US Firefighters. **The American Journal of Cardiology**, v. 123, n. 5, p. 736-741, 2019.

SMITH, D.L. *et al.* Cardiovascular disease risk factor changes over 5 years among male and female US firefighters. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, v. 62, n. 6, p. 398-402, jun. 2020.

SOTERIADES, E.S. *et al.* Obesity and cardiovascular disease risk factors in firefighters: a prospective cohort study. **Obesity Research**, v. 13, n. 10, p. 1756-1763, 2005.

SOTERIADES, E.S. *et al.* Obesity and risk of job disability in male firefighters. **Occupational Medicine**, v. 58, n. 4, p. 245-250, 2008.

SOTERIADES, E.S. *et al.* Cardiovascular disease in US firefighters: a systematic review. **Cardiology in Review**, v. 19, n. 4, p. 202-215, 2011.

SOTHMANN, M.S. *et al.* Heart rate response of firefighters to actual emergencies. Implications for cardiorespiratory fitness. **Journal of Occupational Medicine**, v. 34, n. 8, p. 797-800, 1992.

SOUZA, V.L. **“Soldados do fogo”**: uma História Social do Corpo de Bombeiros do Rio de Janeiro, nas décadas de 1860-1910. Tese (Doutorado em História) – da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

SPELL, J. **A brief history of the fire service: From ancient equipment to modern technology**: firefighters must be students of history to appreciate the evolution of the fire service and its impact on current fire tactics. Firerescue1, 11 ago. 2021.

STORER, T.W. *et al.* Firefighter health and fitness assessment: a call to action. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 3, p. 661-671, 2014.

STRAUSS, M. *et al.* Occupation and metabolic syndrome: is there correlation? A cross sectional study in different work activity occupations of German firefighters and office workers. **Diabetology & Metabolic Syndrome**, v. 8, n. 1, p. 57-64, 2016.

SUI, X. *et al.* Cardiorespiratory fitness and adiposity as mortality predictors in older adults. **JAMA**, v. 298, n. 21, p. 2507-2516, 2007.

THOMPSON, P.D. *et al.* Exercise and acute cardiovascular events placing the risks into perspective: a scientific statement from the American Heart Association Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism and the Council on Clinical Cardiology. **Circulation**, v. 115, n. 17, p. 2358-2368, 2007.

TIMPKA, S. *et al.* Muscle strength in adolescent men and risk of cardiovascular disease events and mortality in middle age: a prospective cohort study. **BMC Medicine**, v. 12, n. 1, p. 62-70, 2014.

VICENTE, M.M.; HERRERO, D.C.; PRIETO, J.A. Cardiorespiratory fitness in spanish firefighters: age differences and associations between fitness-related parameters. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, United States, v. 63, n. 6, p. 318-322, 2021.

VON RUESTEN A. *et al.* Trend in obesity prevalence in european adult cohort populations during follow-up since 1996 and their predictions to 2015. **PLOS One**, v. 6, n. 11, p. 1-9, 2011.

WALKER, A. *et al.* The ageing australian firefighter: an argument for age-based recruitment and fitness standards for urban fire services. **Ergonomics**, v. 57, n. 4, p. 612-621, 2014.

WEGESSER, T.C.; PINKERTON, K.E.; LAST, J.A. California wildfires of 2008: coarse and fine particulate matter toxicity. **Environmental Health Perspectives**, v. 117, n. 6, p. 893-897, 2009.

WILBERT-LAMPEN, U.; LEISTNER, D.; GREVEN, S. *et al.* Cardiovascular events during World Cup Soccer. **The New England Journal of Medicine**, v. 358, n. 5, p. 475-483, 2008.

WILKINSON, D.M. *et al.* Physical demands of wildfire suppression using a hand tool system in Southern California. **International Journal of Wildland Fire**, v. 29, n. 12, p. 1049-1055, 2020.

WILLETT, W.C.; DIETZ, W.H.; COLDITZ, G.A. Guidelines for healthy weight. **The New England Journal of Medicine**, v. 341, n. 6, p. 427-434, 1999.

WILLIAMS-BELL, F.M. *et al.* Air management and physiological responses during simulated firefighting tasks in a high-rise structure. **Applied Ergonomics**, v. 41, n. 2, p. 251-259, mar. 2010.

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do esporte e do exercício**. São Paulo. Manole, 2001.

WILSON, P.W.F. *et al.* Overweight and obesity as determinants of cardiovascular risk: the Framingham experience. **Archives of Internal Medicine**, v. 162, n. 16, p. 1867-1872, 2002.

WHO. World Health Organization. **Obesity: Preventing and managing the global epidemic: report of a WHO consultation**. Geneva: WHO, 2000.

_____. World Health Organization. **Diet, nutrition, and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation**. Geneva: WHO, 2003.

_____. World Health Organization. **World health statistics 2012**. Geneva: WHO, 2012.

_____. World Health Organization. **WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour**. Geneva: WHO, 2020.

XU, D. *et al.* Relationship between firefighter physical fitness and special ability performance: predictive research based on machine learning algorithms. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 20, 2020.

YANG, J. *et al.* Sudden cardiac death among firefighters ≤ 45 years of age in the United States. **The American Journal of Cardiology**, v. 112, n. 12, p. 1962-1967, 2013.