



Aptidão Física de Bombeiros Portugueses

Aline Teixeira Maia de Freitas

Porto, 2024

Aptidão Física de Bombeiros Portugueses

Dissertação apresentado com vista à obtenção do 2º ciclo em Atividade Física, Exercício e Saúde, da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto, ao abrigo do Decreto-Lei nº 74/2006, de 24 de março, na redação dada pelo Decreto-Lei nº 65/2018 de 16 de agosto e com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei nº 27/2021, de 16 de abril.

Orientador: Prof. Doutor Rodrigo Zacca

Coorientador: Prof. Doutor Giorjines Boppre

Aline Teixeira Maia de Freitas

Porto, 2024

Ficha de catalogação

Freitas, A. T. M. (2024). *Aptidão Física de Bombeiros Portugueses*. Porto:
Freitas, A. Dissertação com vista à obtenção do 2º ciclo em Atividade Física,
Exercício e Saúde, apresentado à Faculdade de Desporto da Universidade do
Porto.

Palavras-chave: APTIDÃO FÍSICA, BOMBEIROS, COMPOSIÇÃO
CORPORAL, DENSIDADE MINERAL ÓSSEA, FUNÇÃO PULMONAR.



Agradecimentos

Ao meu Deus, Jeová, meu muito obrigada pela oportunidade de estar viva, ter saúde e disposição para buscar, vivenciar e concretizar meus sonhos. Toda honra e glória só pertence a Ele.

A minha família. Ao meu pai Francisco, minha mãe Shirley e meu irmão Leno, por acreditarem em mim, nos meus sonhos e por me darem todo o amor, suporte, e encorajamento necessário mesmo de longe.

Ao meu amor, Ricardo Noschang, por todo o incentivo e apoio aos meus sonhos e objetivos, sempre enxergando o melhor em mim, mesmo quando me faltam energias para isso.

Ao Professor Doutor Rodrigo Zacca, meu muito obrigada por ter me acolhido, pacientemente me orientado, despendido tempo e dedicação durante todo esse processo para que fosse possível a minha conclusão do curso, sem a sua ajuda e tamanha acessibilidade, nada disso seria possível, serei eternamente grata.

Ao Professor Doutor Giorjines Boppre, meu muito obrigada por sua excelente orientação, além de toda a acessibilidade, suporte e dedicação, serei eternamente grata.

Aos meus colegas de curso, muito obrigada pelo companheirismo, durante as dificuldades no percurso, mantiveram a positividade e incentivos em todas as suas palavras, além do bom humor.

Por último, e não menos importante, um agradecimento em memória pelos quatro bombeiros que perderam a vida no combate aos incêndios que assolaram Portugal, no mês de Setembro, Sónia Cláudia Melo, Susana Cristina Carvalho, João Manuel Silva e Paulo Jorge Santos.

Índice

<i>Agradecimentos</i>	IV
<i>Índice de tabelas</i>	VII
<i>Abreviaturas e Símbolos</i>	VIII
<i>Resumo</i>	IX
<i>Abstract</i>	XI
<i>1. Introdução Geral</i>	13
<i>2. Revisão de Literatura</i>	18
2.1 Aptidão Física.....	18
2.1.1 Aptidão Cardiorrespiratória	20
2.1.2 Força Muscular	23
<i>3. Composição Corporal de Bombeiros</i>	24
3.1 Composição corporal avaliada por meio da técnica <i>Dual Energy X-Rays Absorptiometry</i> (DEXA).....	26
3.1 Índice de Massa Corporal.....	27
3.2 Força de Preensão Manual	27
<i>4. Métodos</i>	31
4.1 Recrutamento da Amostra.....	31
4.2 Locais de avaliação e variáveis de interesse	31
4.3 Dados Antropométricos	32
4.4 Composição Corporal	32
4.5 Força Muscular	32
4.6 Função Pulmonar.....	33
4.7 Análise Estatística	34
<i>5. Resultados</i>	36
<i>6. Discussão</i>	53
6.1 Forças e Limitações do Estudo	57
<i>7. Conclusão e perspectivas futuras</i>	58

8. <i>Referências</i>	60
-----------------------------	----

Índice de tabelas

Tabela 1. Análise Descritiva.....	45
Tabela 2. Correlações parciais entre as variáveis da força muscular, função pulmonar e composição corporal.	49
Tabela 3. Correlações parciais entre as variáveis da composição corporal do tronco e função pulmonar.....	52

Abreviaturas e Símbolos

ACR	Aptidão Cardiorrespiratória
ACSM	<i>American College of Sports Medicine</i>
ANPEC	Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil
ASHT	<i>American Society of Hand Therapists</i>
ATS	American Thoracic Society
DMO	Densidade Mineral Óssea
CCON	Centro de Coordenação Operacional Nacional
CVF	Capacidade Vital Forçada
CVIM	Contração Isométrica Voluntária Máxima
CPT	Capacidade Pulmonar Total
DEXA	<i>Dual-Energy X-ray Absorptiometry</i>
DMO	Densidade Mineral Óssea
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica
ERS	<i>European Respiratory Society</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ERS	<i>European Respiratory Society</i>
FP	Função pulmonar
HG	Handgrip
IMC	Índice de Massa Corporal
LIN	Limite Inferior da Normalidade
OMS	Organização Mundial da Saúde
PEF	Pico de Expiração Forçada
PEF%	Pico de Expiração Forçada Percentual
IT	Índice <i>Tiffeneau</i>
DMOT	Densidade Mineral Óssea Total
VEF1	Volume Expiratório Forçado no Primeiro Segundo
$\dot{V}O_{2\text{máx}}$	Consumo Máximo de Oxigénio

Resumo

Eles combatem incêndios até o último homem, mas o trabalho dos bombeiros portugueses não se limita à extinção de chamas. Eles prestam assistência de emergência, transportam pacientes, respondem a situações de risco e até desbloqueiam portas quando alguém esquece as chaves de casa. Atualmente, os bombeiros são os principais agentes da Autoridade Nacional de Proteção Civil. A rotina diária de um bombeiro está repleta de emergências, tanto em áreas urbanas quanto rurais, exigindo que esses profissionais estejam física e mentalmente preparados para atender às demandas da profissão. Nesse contexto, o acompanhamento dos níveis de aptidão física desses profissionais é crucial para o desempenho eficaz no trabalho e para a manutenção de sua saúde e integridade física. **Objetivos:** Identificar o perfil e as possíveis associações entre a composição corporal e a densidade mineral óssea, força geral (força de preensão manual) e função pulmonar (espirometria) em bombeiros do distrito do Porto. **Métodos:** Sessenta e oito bombeiros profissionais (ANEPC, Distrito do Porto, Portugal) foram submetidos a um protocolo de espirometria forçada para avaliar o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), a capacidade vital forçada (CVF) e a relação VEF1/CVF. Um teste de força de preensão manual foi realizado para determinar os valores máximos e avaliar os limiares de risco (de acordo com idade, altura e sexo), e a composição corporal e densidade mineral óssea foram avaliadas através da DEXA (absorciometria de raios X de dupla energia) para determinar a massa magra, massa gorda e densidade mineral óssea. **Resultados e Conclusão:** Este estudo destacou a importância da composição corporal para a saúde e o desempenho físico dos bombeiros, demonstrando a relação entre a manutenção da massa magra e a redução da gordura corporal com a força muscular e a função pulmonar. O excesso de gordura foi associado à diminuição da força muscular, impactando negativamente a aptidão física dos bombeiros. A força de preensão manual, utilizada como indicador global de força, mostrou-se positivamente associada a melhores valores de função pulmonar. Programas de controle de peso e fortalecimento muscular são recomendados para melhorar o desempenho e a

segurança. O uso de ferramentas como DEXA, dinamômetros e espirômetros validou os resultados. Estudos futuros devem incluir fatores relacionados ao estilo de vida e à estratificação funcional, bem como avaliar o impacto de programas de fortalecimento e reabilitação pulmonar.

Palavras-chave: APTIDÃO FÍSICA, BOMBEIROS, COMPOSIÇÃO CORPORAL, DENSIDADE MINERAL ÓSSEA, FUNÇÃO PULMONAR.

Abstract

They fight fires until the last man, but the work of Portuguese firefighters is not limited to extinguishing flames. They provide emergency assistance, transport patients, respond to hazardous situations, and even unlock doors when someone forgets their house keys. Currently, firefighters are the primary agents of the National Authority for Civil Protection. The daily routine of a firefighter is filled with emergencies, both in urban and rural areas, requiring these professionals to be physically and mentally prepared to meet the demands of their profession. In this context, monitoring the physical fitness levels of these professionals is crucial for effective job performance and for maintaining their health and physical integrity.

Objectives: To identify the profile and potential associations between body composition and bone mineral density, general strength (handgrip strength), and lung function (spirometry) in firefighters from the Porto district. **Methods:** Sixty-eight professional firefighters (ANEPC, Porto District, Portugal) underwent a forced spirometry protocol to assess forced expiratory volume in the first second (FEV1), forced vital capacity (FVC), and the FEV1/FVC ratio. A handgrip strength test was performed to determine peak values and assess risk thresholds (according to age, height, and gender), and body composition and bone mineral density were evaluated using DEXA (dual-energy x-ray absorptiometry) to determine lean mass, fat mass, and bone mineral density. **Results and Conclusion:** This study highlighted the importance of body composition for the health and physical performance of firefighters, demonstrating the relationship between maintaining lean mass and reducing body fat with muscle strength and lung function. Excess fat was associated with decreased muscle strength, negatively impacting firefighters' physical fitness. Handgrip strength, used as a global strength indicator, was positively associated with better lung function values. Weight control and muscle-strengthening programs are recommended to improve performance and safety. The use of tools like DEXA, dynamometers, and spirometers validated the findings. Future studies should include lifestyle factors and functional stratification, as well as assess the impact of strength and pulmonary rehabilitation programs.

Keywords: PHYSICAL FITNESS, FIREFIGHTERS, BODY COMPOSITION, BONE MINERAL DENSITY, LUNG FUNCTION.

1. Introdução Geral

Os Bombeiros de Portugal constituem o alicerce da proteção civil no país, desempenhando um papel vital na proteção e socorro das populações em diversas emergências, que incluem desde incêndios florestais e urbanos, acidentes rodoviários, inundações e resgates em geral. Em 2013, Portugal contava com ~ 42 mil bombeiros voluntários e ~ 6 mil profissionais espalhados por todo o território nacional (Portugueses, 2024). Segundo a Liga dos Bombeiros Portugueses, durante o Briefing do Centro de Coordenação Operacional Nacional (CCON) e da Autoridade Nacional de emergência e proteção civil (ANEPC), entre de 30 de julho e 5 de agosto do ano de 2024, 35.480 bombeiros, apoiados por 13.200 viaturas, estiveram envolvidos em diversas ocorrências, representando 80.4% de todos os agentes de proteção civil mobilizados. Estima-se que aproximadamente cinco mil bombeiros estiveram empenhados diariamente no combate aos incêndios, ao socorro da população em outras atividades de proteção civil (Portugal, 2024). No entanto, seguindo os regulamentos do Diário da República, despacho nº3009/2024, de 21 de Março de 2024, os bombeiros profissionais, são aqueles que passaram por um rigoroso processo de seleção, que inclui a escolaridade mínima do 12º ano, idade mínima de 18 anos, situação militar regularizada e habilitações físicas e psicológicas (<https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/despacho/3009-2024-856476045>). Esses profissionais são submetidos a rigorosos testes físicos e psicológicos e a uma formação inicial de um ano, composta por seis meses de formação teórica, prática e física em sala de aula, seguidos por seis meses de experiência em contexto profissional. Somente após esse período é que são considerados bombeiros profissionais (Louro, 2019).

O Corpo de Bombeiros em Portugal é composto por voluntários ou profissionais, organizados em quatro quadros de pessoal: Quadro de comando; Quadro ativo; Quadro de reserva; Quadro de honra. Os Bombeiros Profissionais, também chamados de “bombeiros sapadores”, têm dependência direta com a Câmara Municipal e se dedicam exclusivamente à função. Os Bombeiros Mistos, por sua vez, são compostos tanto por profissionais quanto por voluntários, e

podem estar sob a gestão da Câmara Municipal ou de uma associação humanitária. Já os Bombeiros Voluntários, integram associações humanitárias e conciliam o serviço de bombeiros com outras atividades profissionais. Os Bombeiros Privativos, por outro lado, pertencem a uma entidade coletiva privada que necessita de um corpo profissional de bombeiros para autoproteção. Estes atuam em apenas dentro da área da entidade à qual pertencem, podendo atuar for a dela apenas quando recrutados para tal, e não são abrangidos pela ANEPC (Louro, 2019).

Os bombeiros desempenham funções diversas, sendo o combate a incêndios uma das principais, especialmente durante o verão, quando os incêndios florestais são mais recorrentes. Além disso, atuam no resgate e salvamento em acidentes rodoviários, socorro pré-hospitalar, e na proteção civil em casos de evacuação em massa, apoio logístico durante catástrofes naturais, entre outras emergências. Os desafios enfrentados por esses profissionais são inúmeros, especialmente no combate a grandes incêndios florestais, que exigem mobilização de recursos aéreos e preparação física e mental. Muitos bombeiros, principalmente os voluntários, enfrentam dificuldades como falta de financiamento para equipamentos de proteção individual e suporte psicológico (Teixeira, 2021).

Neste sentido a aptidão física é essencial para garantir a eficácia e segurança no desempenho das funções dos bombeiros (Nogueira, 2024). Além dos riscos físicos, como exposição ao calor, inalação de fumaça tóxica e esforço físico intenso, há a incidência elevada de tabagismo e também os riscos psicológicos, como altos níveis de estresse e trauma, que podem levar ao desenvolvimento de transtornos como o estresse pós-traumático (Ferreira, 2024). O esgotamento físico e mental, agravado por longas jornadas de trabalho e privação de sono, também afeta a qualidade de vida desses profissionais (Penrabel, 2015). De facto, o tabagismo é mais predominante entre bombeiros e agentes das forças de segurança em comparação com a população adulta em geral (Phan et al., 2022). Além disso há evidências de que estressores de origem ocupacional estão associados ao tabagismo (Feldner et al., 2007). O consumo do tabaco aumenta o risco de doenças respiratórias crônicas, dentre elas, a

Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), além de cancro e doenças cardíacas. Portanto, é crucial monitorar a saúde ocupacional dos bombeiros, com exames médicos periódicos e avaliações da saúde física e mental.

Dada a maior compreensão da natureza desafiadora e perigosa do trabalho exercido por esses profissionais, é essencial investigar de forma mais profunda a saúde ocupacional dos bombeiros para garantir um conhecimento mais abrangente e necessário para a melhoria e segurança do bem-estar destes profissionais/voluntários, de modo que possam continuar a proteger a sociedade com eficácia e segurança (Rodrigues, 2016). Neste sentido, avaliar os níveis de aptidão física é essencial, pois o condicionamento físico adequado contribui para uma desenvoltura eficaz nas operações de emergência, além de proteger a saúde física e mental dos bombeiros em situações extremas (Sousa, 2014).

A aptidão física é definida pela capacidade do indivíduo de realizar atividade muscular de maneira satisfatória. A aptidão física, no sentido da capacidade de atividade sustentada, afeta o padrão de utilização do substrato. Um indivíduo com maior aptidão cardiorrespiratória usa uma proporção maior de ácidos graxos para energia do que um indivíduo não apto, tanto em repouso quanto durante exercícios submáximos. Esse mecanismo conserva o glicogênio, permitindo que mais trabalho seja realizado antes que ocorra a depleção de glicogênio, com consequente intolerância (Sietsema et al., 2020). Neste sentido podemos considerar o exercício da profissão de bombeiro, na maioria das vezes, fisicamente exigente, exigindo que o profissional apresente uma boa aptidão física, particularmente aptidão cardiorrespiratória, aptidão muscular (Nunes et al.). A plena execução das missões cotidianas inerentes à função, exige, portanto, um bom condicionamento físico e mental (Kindinger, 2015). A rotina de trabalho desempenhada por um bombeiro é caracterizada por situações que podem ocorrer de forma inesperada, exigindo que o profissional esteja apto e preparado para lidar com as demandas, sejam elas, físicas ou mentais.

Algumas capacidades físicas aparentemente ideais para os Bombeiros como aptidão muscular (força, potência e resistência) parecem estar diretamente ligadas ao bom desempenho diante da natureza extenuante dessa ocupação

(Moreira Castilho et al., 2016). De facto, durante o exercício da profissão, o indivíduo precisa carregar equipamentos necessários para o atendimento de uma ocorrência, principalmente quando se trata de emergências, por vezes por longas distâncias e em terrenos acidentados. Assim, é importante que o bombeiro tenha uma capacidade física notável, dotado de competências físicas essenciais, como aptidão cardiorrespiratória e muscular (Saint Martin, 2019). Além disso, o aumento da aptidão física parece demonstrar melhoria no desempenho do trabalho e na diminuição de lesões e deficiências psíquicas, fisiológicas ou anatómicas, em bombeiros durante o serviço (Boldori, 2001; Davis et al., 2002; Freitas et al., 2023; Verzola et al., 2009). Está bem reportado que a aptidão física é determinante na eficácia do cumprimento da demanda de trabalho, e contribuindo para mitigar os fatores de riscos relativos a segurança e integridade física dos bombeiros (Aguiar & Arruda, 2022; Barbosa, 2022; Nogueira, 2014; Nogueira et al., 2020). Nesse sentido, a composição corporal está intimamente relacionada com o bom desempenho nos testes de aptidão física de bombeiros (Matos, 2023).

No que diz respeito aos estudos relacionados à densidade mineral óssea e à associação entre composição corporal e atividade física em bombeiros profissionais, ainda há uma carência significativa de pesquisas. O tecido ósseo tem sua devida relevância, pois a densidade mineral óssea também é um preditor de saúde muito importante (Voser, 2006). Alguns fatores, para além dos de natureza genética, podem estar associados e exercer no nível de densidade mineral óssea, entre eles estão a força muscular gerada por estresse mecânico, distúrbios metabólicos e a composição corporal pode gerar desequilíbrio hormonal que consequentemente pode gerar enfraquecimento ósseo (HUGHES et al., 1995; Kirk et al., 2020; Mottini et al., 2008).

Considerando as demandas físicas e os riscos enfrentados por esses profissionais no desempenho de suas funções, é fundamental compreender a relação entre a composição corporal, alguns componentes da aptidão física (e.g., força muscular) e o impacto desses fatores na saúde óssea dos bombeiros. A escassez de estudos específicos que abordem esses aspetos em bombeiros destaca a necessidade de realizar esta pesquisa. Por meio da avaliação da

aptidão física e da composição corporal parece ser possível compreender a influência que destas variáveis na densidade mineral óssea, pode refletir na eficácia da realização de uma tarefa laboral, mitigar riscos na segurança e integridade física e promover uma melhor qualidade de vida dos bombeiros.

Diante da relevância das informações apresentadas, este estudo tem como objetivo identificar e caracterizar o perfil e possíveis associações entre existente entre composição corporal e densidade mineral óssea, força geral (força de preensão manual — handgrip) e função pulmonar (espirometria) em bombeiros do distrito do Porto. Espera-se preencher lacunas de conhecimento e fornecer subsídios para a futura implementação de estratégias voltadas à promoção da saúde e segurança desses profissionais, contribuindo para a melhoria da aptidão física e da qualidade de vida dos bombeiros.

2. Revisão de Literatura

2.1 Aptidão Física

A aptidão física é tipicamente definida como “*um conjunto de atributos que as pessoas possuem ou adquirem*” (Caspersen et al., 1985; Medicine, 2013). Neste sentido estar fisicamente apto pode ser definido como “*a capacidade de realizar as tarefas diárias com vigor e prontidão, sem fadiga excessiva e com energia suficiente para aproveitar atividades de lazer e enfrentar emergências inesperadas*” (Fitness & Sports, 1971). De acordo com as recomendações do ACSM (American College of Sports Medicine), os componentes da aptidão física podem ser divididos em duas categorias principais: aptidão física relacionada à saúde (composição corporal; resistência cardiorrespiratória; força muscular; resistência muscular e flexibilidade) e aptidão física relacionada à performance (potência, velocidade, agilidade, coordenação, equilíbrio e tempo de reação) (Liguori & Medicine, 2020).

É esperado que um indivíduo com maior aptidão cardiorrespiratória use uma proporção maior de ácidos graxos para síntese de energia do que um indivíduo com menor aptidão cardiorrespiratória, tanto em repouso quanto durante exercícios submáximos. Isto, teoricamente, preservaria o glicogênio, permitindo que mais trabalho seja realizado antes que ocorra a depleção de glicogênio, com consequente intolerância (Sietsema et al., 2020). Neste sentido, a manutenção da aptidão física é importante para um melhor desempenho em atividades laborais, por exemplo, para além de auxiliar na redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas, como a diabetes, hipertensão arterial e doenças cardiovasculares (Nogueira et al., 2016). Indivíduos cujas atividades exigem mais esforço físico tendem a ter uma capacidade reduzida para desempenhar suas funções ao longo do tempo, devido ao desgaste corporal e problemas de saúde que surgem tanto a curto quanto a longo prazo. Em contraste, atividades cognitivas são menos prejudiciais ao bem-estar físico (Barbosa, 2012; Ilmarinen et al., 1997). Neste sentido, a manutenção da aptidão física deve fazer parte da vida das pessoas, e de forma mais disciplinada na vida dos Bombeiros.

Um estudo desenvolvido no Brasil, no corpo de bombeiros militares do Estado de Santa Catarina, investigou os níveis de aptidão física, saúde e o índice de capacidade de trabalho (questionário autoaplicável denominado Índice de Capacidade para o trabalho proposto por (Tuomi et al., 1997), para verificar a saúde do trabalhador) (Fischer, 2005). Dos 359 (100%) bombeiros incluídos no estudo, 5,29% foram classificados como obesos e 27,29% com sobrepeso, totalizando uma percentagem alta pelo tipo de atividade que é exercida pelos bombeiros e pela demanda de esforço. Além disso, um percentual de 11,7% dos avaliados apresentaram níveis de aptidão física considerados insuficientes para o trabalho e 21,0% regular (Boldori, 2001). Os resultados sugerem associação entre aptidão física, composição corporal e índice de capacidade para o trabalho.

Ao levar em conta às demandas físicas exigida pelo trabalho dos bombeiros, espera-se que esses profissionais necessitem de uma aptidão física superior ao da população em geral (Kales & Smith, 2017). Neste sentido, aptidão muscular (força) cardiorrespiratória são componentes essenciais, pois auxiliam no desempenho da tarefa, na autoproteção em situações de risco e na saúde dos profissionais, minimizando assim os riscos de acidentes e lesões (Perroni et al., 2014). Portanto a avaliação e o monitoramento dos níveis de aptidão física é importante para a atuação profissional dos bombeiros, uma vez que a demanda de esforço físico das respectivas tarefas exigem aptidão física elevada para uma ação rápida e eficaz em qualquer ocorrência. Neste sentido, é pertinente identificarmos e compreendermos melhor os aspetos relacionados ao perfil de alguns componentes da aptidão física, particularmente a composição corporal (massa magra, massa gorda e densidade mineral óssea), a força muscular e a função pulmonar (espirometria) destes profissionais.

2.1.1 Aptidão Cardiorrespiratória

Uma elevada aptidão cardiorrespiratória é indispensável para bombeiros devido à elevada demanda energética da maioria das tarefas, como durante o combate ao incêndio florestal por períodos prolongados (Smith et al., 2016). Além disso, o fumo presente nesse ambiente exige muito da função pulmonar, i.e., da capacidade dos pulmões de realizar suas funções básicas, como troca gasosa (absorção de oxigênio e eliminação de dióxido de carbono) e ventilação (movimento do ar para dentro e para fora dos pulmões).

Os usos de equipamentos de proteção individual, apesar do seu benefício, muitas vezes aumentam a demanda cardiorrespiratória dos bombeiros durante a tarefa. Isto justifica a realização de treinamentos para desenvolvimento da aptidão cardiorrespiratória (De Carli & de Oliveira, 2012), muitas vezes inclusive fazendo uso destes equipamentos. Assim, o desenvolvimento e teste de equipamentos de bombeiros mais leves e eficientes, também parece muito pertinente e atual (De Carli & de Oliveira, 2012).

Um marcador típico de aptidão cardiorrespiratória é o consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$) (Pollok & Wilmore, 1993), que reflete a máxima taxa na qual o ATP pode ser re-sintetizado aerobicamente (Jones et al., 2021). Alguns autores sugerem que $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ recomendado para os bombeiros seja de ~ 45 ml/kg/min (Davis & Dotson, 1987), (McArdle et al., 2010). A espirometria, por sua vez é um teste largamente utilizado para avaliar e monitorar a função pulmonar (FP), sendo um teste importante no auxílio, monitoramento e até prevenção de doenças relacionadas. A espirometria é um teste objetivo, não invasivo, sensível e reprodutível, e permite um diagnóstico inicial de possível obstrução, restrição ou misto (Wanger et al., 2005).

A European Respiratory Society (ERS) (<https://www.ersnet.org/>) define doenças obstrutivas e restritivas por critérios fisiológicos e provas de função pulmonar, como a espirometria, a pletismografia e a difusão pulmonar (DLCO). O perfil obstrutivo, segundo a ERS, caracteriza-se pela dificuldade de o fluxo aéreo sair dos pulmões, resultando em uma limitação ao esvaziamento completo

dos mesmos durante a expiração. Na espirometria, o principal critério é a relação entre o volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) e a capacidade vital forçada (CVF). A relação VEF1/CVF (índice de Tiffeneau) menor que 0.70 (ou 70%; valor absoluto) é o critério principal para a definição de obstrução (European Respiratory Society (ERS) (<https://www.ersnet.org/>; (Yang et al., 2023) (Miura et al., 2023). A ERS pode recomendar o uso de valores ajustados para a idade, já que a relação VEF1/CVF tende a diminuir com o envelhecimento. Por isso, um critério alternativo é considerar uma relação VEF1/CVF abaixo do limite inferior da normalidade (LIN), que é ajustado para cada faixa etária e sexo. Além do diagnóstico de obstrução, a gravidade pode ser classificada com base no VEF1 em comparação ao valor previsto: leve: VEF1 > 80% do previsto; moderada: VEF1 entre 50-80%; grave: VEF1 entre 30-50%; e muito grave: VEF1 < 30%; as mais comuns doenças obstrutivas são a DPOC (Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica) (Enfisema e bronquite crônica), e a asma (reversibilidade parcial ou completa da obstrução após o uso de broncodilatadores. O tabagismo é a principal causa de obstrução das vias aéreas, especialmente a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). A exposição crônica à fumaça do cigarro pode levar a inflamação e estreitamento das vias aéreas, resultando em dificuldade para expirar o ar. Isso é geralmente indicado por uma redução no VEF1 em relação à CVF na espirometria.

O perfil restritivo resulta na diminuição da capacidade dos pulmões de expandirem-se, i.e., o volume total de ar que os pulmões podem conter está reduzido, mas não há necessariamente obstrução ao fluxo nas vias aéreas. O principal marcador de perfil restritivo é uma CVF reduzida, tipicamente menor que 80% do valor previsto para a idade, sexo e altura do paciente (European Respiratory Society (ERS) (<https://www.ersnet.org/>; (Miura et al., 2023; Yang et al., 2023). Entretanto, um dos exames mais precisos para confirmar uma doença restritiva é a medição da Capacidade Pulmonar Total (CPT), que pode ser avaliada por pletismografia. A CPT estará diminuída em casos de perfil restritivo, com um valor abaixo de 80% do previsto. Diferentemente do perfil obstrutivo, a relação VEF1/CVF é normal ou até aumentada, pois a diminuição do volume pulmonar afeta tanto a expiração quanto a inspiração de maneira proporcional.

a fibrose pulmonar idiopática é um exemplo típico de doença restritiva devido à cicatrização do tecido pulmonar.

É pertinente também mencionar as doenças neuromusculares (e.g., esclerose lateral amiotrófica ou distrofias musculares) que afetam a capacidade de expandir os pulmões. Finalmente, as doenças pleurais como o derrame pleural ou fibrose pleural é típica de padrão restritivo (European Respiratory Society (ERS) (<https://www.ersnet.org/>). A restrição pulmonar é muitas vezes devido a alterações na elasticidade pulmonar. O tabagismo crônico pode não ser uma causa direta de restrição pulmonar. Entretanto, outras condições como fibrose pulmonar ou doenças pulmonares intersticiais estão mais associadas a essa condição. Além disso, o tabagismo pode levar a um aumento da complacência pulmonar em alguns casos, o que não é típico de uma restrição pulmonar. Portanto, enquanto o tabagismo é fortemente associado à obstrução das vias aéreas, é menos associado à restrição pulmonar (European Respiratory Society (ERS) (<https://www.ersnet.org/>). Neste sentido é plausível que a temperatura do ar inalado pode ser um viés no diagnóstico oriundo da análise da espirometria.

A diminuição da aptidão cardiorrespiratória (ACR) é de séria preocupação por estar associada a diversos fatores de risco para doenças cardiovasculares, obesidade, hipertensão, doença coronariana, acidente vascular cerebral, perda da autonomia física e mortalidade prematura (Kales & Smith, 2017) (Kaminsky et al., 2019) (Raschka et al., 2012). Alguns estudos envolvendo bombeiros brasileiros, belgas e norte-americanos sugerem uma relação inversa entre alguns marcadores de composição corporal e aptidão cardiorrespiratória (Kiss et al., 2014) (Baur et al., 2012) (Nogueira et al., 2016). A probabilidade de os bombeiros sofrerem eventos de doença cardiovascular durante períodos de resposta a alarmes ou de combates a incêndios é muito maior do que durante outras tarefas na estação de bombeiros (Kales et al., 2007). Um estudo nacional concluiu que cerca de 12% dos bombeiros avaliados apresentavam um padrão espirométrico obstrutivo, ainda que 43% destes também fossem tabagistas (Ferreira, 2015). Além disso, com a idade a ACR diminui, reduzindo também o desempenho físico, o que reforça alguns estudos que fomentam a relação causal

entre a melhoria da aptidão cardiorrespiratória e a redução da mortalidade (Myers et al., 2004). Portanto, é pertinente uma melhor compreensão dos fatores que afetam a aptidão cardiorrespiratória, particularmente a função pulmonar dos bombeiros, permitindo assim intervenções para melhorar a aptidão física desta população.

2.1.2 Força Muscular

A capacidade dos músculos de exercer força durante uma atividade física (Bompa & Cornachia, 2000) reflete a força muscular. Neste contexto, os bombeiros necessitam bons níveis de força muscular para cumprir com as demandas do trabalho, como carregar equipamentos pesados, manusear mangueiras de incêndio sob alta pressão, levantar e transportar vítimas, e realizar outras tarefas físicas exigentes. Em situações de emergências, a capacidade de se mover de forma rápida e aplicar força explosiva é crucial para ser ágil no resgate de vítimas ou reagir a mudanças rápidas no ambiente (Xu et al., 2020). A força explosiva pode ser definida como a capacidade do sistema neuromuscular de gerar uma quantidade máxima de força no menor tempo possível, tipicamente quantificada pela “taxa de produção de força” ($= \Delta \text{Força} / \Delta \text{tempo}$). Ela combina alta força muscular com uma rápida contração, resultando em aceleração máxima do corpo ou de uma carga externa em um curto intervalo de tempo.

A força muscular pode se manifestar de diversas maneiras, como força máxima (isométrica ou dinâmica), força explosiva (isométrica ou dinâmica), e força reativa (dinâmica) (Badillo & Ayestarán, 2002; James et al., 2023; Marques, 2004). Alguns fatores fisiológicos podem alterar algumas capacidades físicas, por exemplo o processo de envelhecimento, faz que com o decorrer do tempo de vida, a força diminua em razão da diminuição das fibras musculares, além da perda de massa muscular, atrofia das fibras tipo II, déficit no processo de regeneração muscular, a redução da força muscular em resultados de patologias como a sarcopenia e entre outros (Matsudo et al., 2000). Estes padrões de força são muito exercitados pelos bombeiros, e extremamente necessários para o

êxito durante o combate aos incêndios, levantamento de cargas e descargas de materiais. A maior parte dos bombeiros apresenta baixos níveis de força, por isso incorporar o treino de força pode auxiliar na manutenção e melhorias desta capacidade, bem como reduzir o processo de perda da força com a idade (Santos; Sothmann et al., 2004).

Foi realizado um estudo com 68 bombeiros profissionais do Distrito do Porto, em Portugal, onde foram distribuídos em três grupos: fumadores, ex-fumadores e não fumadores, com o objetivo de verificar: a prevalência de fumadores, obstrução e restrição do fluxo aéreo, e força/fraqueza geral dos músculos (limiar de risco); o efeito do tabagismo na função pulmonar; e a relação entre a força muscular geral e a função pulmonar em bombeiros profissionais. No protocolo, para a avaliação foi utilizada a espirometria forçada e força de preensão manual. Apesar do impacto prejudicial do tabagismo na função pulmonar dos bombeiros, constatou-se que a sua força muscular geral pode, em parte, compensar este efeito. Não obstante, foi observado que a fraqueza muscular geral entre os bombeiros indica a necessidade de reconsiderar e corrigir os seus programas de treino (Nunes et al., 2024).

3. Composição Corporal de Bombeiros

O estudo da Composição Corporal visa determinar e quantificar os principais componentes estruturais do corpo humano. A avaliação da composição corporal é de grande ajuda para se compreender melhor as capacidades físicas dos indivíduos, e também saber como, qual ou quais, são as carências envolvidas nos diferentes domínios da aptidão física. Por isso é importante utilizar métodos para melhor avaliar a Composição Corporal (Arques, 2010). No âmbito da avaliação da saúde física dos bombeiros, a avaliação da composição corporal detalhada é um recurso importante para monitorar desempenho e saúde destes profissionais. Isto ajuda a definir metas mais precisas e manter o foco na melhora da aptidão física desses profissionais (Perez, 2013). Diversos fatores provenientes do trabalho do bombeiro podem

afetar de forma direta ou indireta a saúde destes profissionais. Uma pesquisa similar buscou estabelecer a relação entre a aptidão física de um grupo de 77 bombeiros e parâmetros antropométricos. Os autores sugeriram que idade e valores elevados de IMC estão inversamente relacionados com o nível de aptidão física dos bombeiros. (Nowak et al., 2018).

A antropometria clássica tem sido utilizada em todo o mundo, por ter baixo custo e apresentar um alto nível de fidedignidade. Esta técnica utiliza as medidas lineares, de massa, de diâmetros, de perímetros e de dobras cutâneas para estimar o percentual de componentes corporais de um indivíduo (Glaner, 2005). Estas medidas, tanto sozinhas, como combinada com outras, ajudam a obter índices com estimativas, como o Índice de Massa Corporal (IMC), ou o percentual de gordura corporal. O IMC, ainda que seja amplamente utilizado, o IMC não permite a distinção entre o que é massa gorda e massa magra, sendo desta forma, menos preciso na avaliação da composição corporal (Bitti Junior et al., 2021). Para a melhor mensuração é necessário associar o IMC a outro método mais específico. Neste sentido a Densitometria Óssea por DEXA (*Dual-Energy X-ray Absorptiometry*) é um excelente método, sendo considerado referência para a avaliação da composição corporal, pois utiliza raios-X para mensurar a densidade mineral óssea, gordura distribuída pelo corpo, além de outros componente incluídos na composição corporal (Martins, 2009). Alguns fatores que podem afetar a taxa de reabsorção e da perda da massa óssea, dentre eles estão: os fatores genéticos, o pico de massa óssea, uma nutrição equilibrada, a prática da atividade física e os fatores de risco referentes ao estilo de vida (Fyhrie & Christiansen, 2015). A densitometria óssea possibilita dimensionar a densidade mineral óssea, detectar perda de massa óssea, estabelecer diagnósticos, e avaliar riscos de fraturas (Miller, 2017). Por meio desta avaliação é possível compreender de forma detalhada este componente (composição corporal) da aptidão física dos bombeiros, e adequá-lo a esta profissão tão exigente.

3.1 Composição corporal avaliada por meio da técnica *Dual Energy X-Rays Absorptiometry* (DEXA)

Em 1963, dois estadunidenses chamados John Cameron e James Sorenson desenvolveram o primeiro aparelho de densitometria. Diante da repercussão no ano de 1972, foi instalado para utilização o primeiro densitômetro comercial, na Universidade de Wisconsin, sob os cuidados de Richard B. Mazess. Somente a partir da década de setenta que alguns dos primeiros aparelhos para mensuração da densidade mineral óssea começaram a ser construídos em maior escala. Com o tempo e o avanço da tecnologia, novas formas de mensuração foram sendo pesquisadas, com medidas cada vez mais fidedignas e diagnósticos cada vez mais adequados para densidade mineral óssea (Defavori & Sarriés, 2007).

Devido a precisão do DEXA, este se tornou um dos instrumentos mais utilizados para a medição da mineralização óssea do esqueleto humano, tendo como principal distinção a sua acurácia e o facto de a quantidade de radiação emitida ser tão baixa (Nana et al., 2015). O procedimento é feito de maneira simples, é rápido, indolor, e não invasivo, durando geralmente cerca de 10 a 30 minutos. O tempo estimado depende da área do corpo a ser examinada. O paciente fica posicionado sobre a mesa de avaliação, enquanto o scanner lentamente passa por cima da superfície do corpo. O DEXA distingue o que é massa óssea, muscular (massa magra) e massa adiposa (gordura), produzindo assim uma análise detalhada e precisa da composição corporal e como ela está distribuindo pelo corpo. Além disso, é capaz de identificar a gordura visceral, que é a que está localizada ao redor dos órgãos internos, indicando os riscos de doenças metabólicas (Ribeiro et al., 2023).

A densitometria óssea é um método que requer alguns cuidados para que a acurácia do diagnóstico seja preservada. Alguns fatores podem afetar os resultados obtidos, como por exemplo, a hidratação dos indivíduos anterior ao início da avaliação, o posicionamento do corpo durante a realização do exame e também a presença de implantes de material metálico. É necessário que o sistema de densitometria estabeleça sua faixa de erro ao determinar a precisão

da massa óssea ou do seu coeficiente de variação, que deve ser baseado em medidas adequadas a estudos com pacientes que representem a população geral, em vez de utilizar o que é indicado pelo fabricante do equipamento (Ribeiro et al., 2023).

3.1 Índice de Massa Corporal

O Índice de Massa Corporal (IMC) é uma medida simples usada para avaliar se o peso de uma pessoa é saudável em relação à sua altura. Ele é calculado dividindo o peso (em quilogramas) pela altura (em metros) ao quadrado (kg/m^2). Segundo a Organização Mundial da Saúde (Committee, 1995), as categorias de IMC (kg/m^2) são:

- ⇒ Abaixo do peso: $\text{IMC} < 18.5$
- ⇒ Peso normal: IMC entre 18.5 e 24.9
- ⇒ Sobrepeso: IMC entre 25 e 29.9
- ⇒ Obesidade Grau I: IMC entre 30 e 34.9
- ⇒ Obesidade Grau II: IMC entre 35 e 39.9
- ⇒ Obesidade Grau III (mórbida): $\text{IMC} \geq 40$

O IMC é amplamente usado em estudos epidemiológicos e é eficaz em identificar riscos de doenças como hipertensão, diabetes tipo 2 e cardiovasculares. No entanto, ele não distingue entre massa magra e massa gorda, e não considera fatores biológicos como idade, sexo e distribuição de gordura, o que pode limitar sua precisão na avaliação dos riscos à saúde. (Glaner et al., 2011).

3.2 Força de Preensão Manual

A avaliação da Força de Preensão Manual (FPM) tem sido usada para indicar o total de força e potência muscular, e também como ferramenta proditora de patologias relacionadas a taxas de mortalidade (Ikemoto et al., 2007). No âmbito desportivo vem sendo utilizado como instrumento para testes de

admissão em diversos tipos de trabalho cuja capacidade física sem fatores de caráter eliminatório (Dias et al., 2010).

Com o avanço da tecnologia diferentes instrumentos foram projetados com o objetivo de mensurar a força de preensão manual. Dinamômetros são equipamentos que permitem a mensuração da força aplicada em um sistema baseado em células de carga, podendo ser isométricos ou isocinético e estão classificados em quatro categorias básicas: hidráulica, pneumático, mecânico e extensômetros (Shechtman et al., 2005). No ano de 1954, Bechtol desenvolveu o dinamômetro Jamar®, que consiste em um sistema hidráulico de aferição, atualmente é o instrumento com maior aceitabilidade para avaliação da força de preensão manual, principalmente, por seu manuseio ser relativamente simples, fornecer uma leitura rápida e direta, além de sua possível utilização em diferentes campos de pesquisa. É recommended pela *American Society of Hand Therapists* (ASHT) (Shechtman et al., 2005).

Tradicionalmente, para medidas de FPM, tem sido utilizado dinamômetros isométricos, de característica analógica ou digital. Dentre muitos modelos disponíveis no mercado, o dinamômetro analógico Jamar ® (Lafayette Instrument, EUA) vem sendo amplamente utilizado e tem sido recomendado e considerado um equipamento “padrão ouro” para avaliação da força manual (Reis & Arantes, 2011). Em qualquer investigação que envolva medidas de força de preensão manual, é sugerido realizar alguns procedimentos básicos para tornar os resultados mais fidedignos, alguns deles são: a avaliação de ambas as mãos por causa do efeito da dominância; padronizar o horário que será feito a avaliação; repetir de pelo menos três vezes a avaliação de cada mão; adotar um modelo de um posicionamento corporal padrão, preferencialmente sugerido pela ASHT; levar em conta o sexo e o tamanho da mão do avaliado para ajustar o tamanho da empunhadura; e incentivar verbalmente e/ou visualmente o avaliado na tentativa de assegurar o seu esforço máximo durante a tarefa (Dias et al., 2010).

O *Handgrip* consiste em um teste de força de preensão manual, que tem como objetivo aferir a força exercida pelas mãos ao apertar um dinamômetro

manual (Moreira et al., 2003). É um teste relativamente simples, rápido de ser realizado e não é invasivo. (Schlüssel et al., 2008). Tem sido amplamente utilizado, tanto em contextos clínicos como esportivos, para avaliar a saúde e o desempenho da força muscular (de Oliveira et al., 2013). O teste é realizado por meio de um dispositivo, o dinamômetro de mão, que mede a força de preensão manual em quilogramas ou libras. O avaliado segura o dinamômetro com uma mão, manter o braço ao lado do corpo estendido ou com o cotovelo flexionado em um ângulo de 90 graus, a metodologia costuma variar de acordo com o protocolo utilizado. Ao sinal do avaliador, o indivíduo deve apertar o dinamômetro com a máxima força possível durante alguns segundos, que pode variar entre 6 a 10 segundos. O teste geralmente é repetido duas ou três vezes, para cada mão, o maior valor obtido é registrado. Os resultados do teste podem ser expressos tanto em kgf ou lbf, e avaliados de acordo com os valores de referências baseados na idade e o sexo do indivíduo avaliado. Quanto maior o valor expresso, maior a força de preensão manual (Queiroga, 2005).

O teste de Handgrip é um indicador de força global (Dufner et al., 2020; Fonseca et al., 2021; McGrath et al., 2018). Portanto, a força de preensão manual está correlacionada com a força muscular geral, e pode ser usado como base para saúde física geral de um indivíduo. Estudos feitos com pessoas de ambos os sexos, evidenciaram que indivíduos com a maior força de preensão manual tendem a ter um menor risco de doenças cardiovasculares, maior expectativa de vida e melhor qualidade de vida (Amaral et al., 2015). A força de preensão manual é uma qualidade física importante e quando aliada aos aspectos morfológicos e funcionais das mãos, pode ser fundamental para o bom desempenho (Fernandes & Marins, 2011). Entretanto, existe a carência de pesquisas na área da avaliação de força de preensão manual na capacidade ocupacional dos Bombeiros, um fator de estudo de relevante uma vez que esse instrumento, pode auxiliar na predição de diversas patologias. Durante um estudo realizado na Bélgica, constatou-se que variáveis antropométricas podem configurar fatores influenciadores das medidas. Alguns valores normativos de força de preensão manual têm relação com a medida antropométricas, como massa corporal, estatura, perímetro do antebraço e tamanho da mão. Tais

medidas ou proporções corporais tem sido utilizada para prever a força de preensão manual, vindo a auxiliar a avaliação na seleção de atletas. Por exemplo, para certas patologias, uma diferença na circunferência do antebraço maior que 2 cm pode dar credibilidade a uma medida de força de preensão diminuída, ou seja, a partir de características antropométricas é possível prever o valor de força de preensão manual de uma pessoa (Anakwe et al., 2007). O teste de força de preensão manual é uma ferramenta importante para avaliar a força muscular e monitorar a aptidão física dos bombeiros, visto que proporciona uma visão rápida e eficaz da força de preensão, diretamente relacionada com a força geral e o estado de saúde.

4. Métodos

4.1 Recrutamento da Amostra

A amostra foi composta por 68 bombeiros profissionais pertencentes à Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC), atuando no Distrito do Porto, Portugal. Estes indivíduos foram selecionados com base em critérios rigorosos que garantissem a representatividade e a integridade dos dados coletados.

Os critérios de inclusão para participação no estudo exigiam que os bombeiros estivessem a trabalhar no distrito do Porto, exercer a atividade de bombeiro em regime profissional e que possuíssem a aptidão necessária para realizar todas as avaliações físicas e funcionais previstas no protocolo do estudo. Além disso, era essencial que todos os participantes fossem bombeiros profissionais, assegurando que possuíssem a experiência e o treinamento adequados para as atividades desempenhadas durante o estudo. Por outro lado, foram estabelecidos critérios de exclusão para garantir a segurança dos participantes e a validade dos resultados. Os bombeiros que apresentavam qualquer lesão aguda, condição crônica ou distúrbios que pudessem comprometer sua capacidade de participar plenamente das avaliações, como distúrbios musculoesqueléticos ou doenças cardiovasculares, foram excluídos da amostra. Os participantes foram informados sobre os objetivos do estudo, os métodos de avaliação que seriam utilizados e os possíveis riscos envolvidos, e receberam essas informações de forma clara e compreensível, concordando em participar do estudo e sua compreensão sobre os termos e condições envolvidas.

4.2 Locais de avaliação e variáveis de interesse

As avaliações e coletas de dados foram realizadas nas instalações do Centro de Pesquisa em Atividade Física, Saúde e Lazer (CIAFEL), localizado nas dependências da Faculdade de Desporto da Universidade do Porto (Porto, Portugal). Este estudo focou em quatro principais variáveis de interesse: i) antropometria; ii) composição corporal; iii) força muscular e iv) função pulmonar.

4.3 Dados Antropométricos

O peso corporal foi medido com uma balança digital (modelo 899, Seca, Hamburgo, Alemanha), enquanto a altura foi avaliada utilizando um estadiômetro portátil (modelo 213, Seca). Com base nessas medições, o índice de massa corporal (IMC) foi calculado dividindo-se o peso corporal pela altura ao quadrado (kg/m^2). (CDC, 2020).

4.4 Composição Corporal

A composição corporal foi avaliada utilizando a técnica de absorciometria de raios X de dupla energia (DEXA) com o modelo Hologic Explorer QDR (Hologic, Inc., *Marlborough, Massachusetts*), sob a supervisão de um técnico altamente capacitado. Todos os participantes foram orientados a vestir roupas leves de material fino e a remover quaisquer objetos externos, como joias e outros metais, para minimizar possíveis interferências nas medições. O posicionamento dos participantes foi realizado de acordo com as recomendações padrão do fabricante (Krueger et al., 2023). A análise de corpo inteiro permitiu a avaliação da massa gorda e da massa magra total, enquanto a densidade mineral óssea foi especificamente medida na região de interesse colo do fêmur.

4.5 Força Muscular

A força de preensão manual foi avaliada por meio de um dinamômetro hidráulico manual, modelo Jamar Plus – *Digital & Hydraulic Hand Dynamometer, Warrentville, USA*. O teste foi conduzido de acordo com as normas técnicas recomendadas pela *American Society of Hand Therapists* (ASHT) (MacDermid et al., 2015). Os participantes foram orientados a permanecerem sentados em uma cadeira (sem braços) com a coluna ereta, mantendo o ângulo de flexão do joelho em 90° , o ombro posicionado em adução e rotação neutra, o cotovelo flexionado a 90° , com antebraço em meia pronação e punho neutro, podendo movimentá-lo até 30° graus de extensão. O protocolo utilizado foi o de uma

repetição de força máxima para cada lado. Inicialmente foi realizada uma sessão de familiarização com o dinamômetro para definir a posição mais confortável para a realização do teste e, quando necessário, ajuste no tamanho da empunhadura, sendo em seguida realizadas as medições. Para a execução do teste, foram orientados a pressionar com o máximo de força possível por 5 segundos. O valor mais alto (HG_{Peak}) obtido foi computado para análise. Para avaliação da força/fraqueza geral dos músculos (limiar de risco), de acordo com a idade, altura e gênero, utilizamos os dados normativos propostos para profissionais da indústria automotiva Portuguesa (Bernardes et al., 2020). Estes profissionais são exigidos muito de membros superiores, o que até certo ponto é similar ao que é exigido aos bombeiros.

4.6 Função Pulmonar

Para a análise da função pulmonar foi utilizado o Protocolo de espirometria forçada para acesso do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), da capacidade vital forçada (CVF) e da relação VEF1/CVF (Índice de TIFFENEAU — IT) e o Pico de Expiração Forçada (PEF). O Equipamento utilizado foi o Spirodoc (ver. 6.1, *Schiller*, Roma, Itália). Alguns critérios importantes foram utilizados para possibilitar a participação dos indivíduos no protocolo, como: não fumar nas 24h antes do exame, não ingerir grandes refeições antes do exame, não fazer exercícios rigorosos antes do exame e não utilizar roupas desconfortáveis para a realização do exame. O protocolo do exame consistiu na realização de uma inspiração profunda seguida de uma expiração máxima e uma inspiração máxima, com a utilização do clipe nasal e turbina descartável. As manobras expiratórias forçadas foram realizadas após uma breve demonstração e treinamento, procurando atender aos critérios de aceitabilidade das curvas e de reprodutibilidade com três aceitáveis. Foi estipulado como mínimo três tentativas e no máximo oito tentativas para realização do teste, sendo selecionadas as três melhores, e entre elas, duas foram computadas para a análise da repetibilidade. Os critérios utilizados para elegibilidade foram, a manobra de expiração forçada durante seis segundos ou

até o fluxo expiratório atingir o platô de pelo menos um segundo; também foi considerado válido pelo menos duas tentativas que possuísem curvas reproduzíveis, diferindo menos de 150 ml entre elas, seguindo os critérios estabelecidos pela *American Thoracic Society* (ATS) (Wanger et al., 2005). Os valores preditos utilizados pertencem a base de dados da *The Global Lung Function Initiative* ("Spirometry: step by step". V.C. Moore. *Breathe* 2012; 8: 232–240," 2022).

4.7 Análise Estatística

O tamanho da amostra foi selecionado intencionalmente e por conveniência, com foco em bombeiros profissionais (ANEPC, Distrito do Porto, Portugal). Foram realizadas análises descritivas e correlações parciais para investigar as relações entre variáveis antropométricas, de composição corporal e de função pulmonar, controlando por idade, género e IMC (Índice de Massa Corporal).

Primeiramente, foi realizada uma análise descritiva para sumarizar as características das variáveis de interesse. As variáveis incluídas na análise foram: idade, altura, massa corporal (kg), índice de massa corporal (IMC), massa magra total (kg), massa óssea total (kg), massa gorda total (kg), percentagem de gordura corporal, área do colo do fémur, massa óssea do colo do fémur, densidade mineral óssea do colo do fémur (DMO), escore T do colo do fémur, escore Z do colo do fémur, área total corporal, massa óssea total, densidade mineral óssea total (DMOT), escore T total, escore Z total, força de preensão manual direita (HG_{DIREITA}), esquerda (HG_{ESQUERDA}) e melhor valor de preensão (HG_{Peak}), capacidade vital forçada (CVF), percentagem de CVF (CVF%), volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1), percentagem de VEF1 (VEF1%), índice de TIFFENAU, i.e. VEF1/CVF (IT), percentagem de IT (IT%), pico de expiração forçada (PEF), e percentagem de PEF (PEF%). Estas variáveis foram descritas de acordo com o género. A normalidade foi confirmada através do teste de Shapiro-Wilk.

Em seguida, foram realizadas correlações parciais para investigar as associações entre massa corporal (kg), força de preensão manual (direita, esquerda e melhor valor), massa óssea total (kg), massa gorda total (kg), massa magra total (kg), massa isenta de gordura total (kg), percentagem de gordura corporal, CVF, percentagem de CVF, VEF1, percentagem de VEF1, IT, percentagem de IT, PEF, percentagem de PEF, área do colo do fémur, massa óssea do colo do fémur, densidade mineral óssea do colo do fémur, Escore T do colo do fémur, Escore Z do colo do fémur, área corporal total, massa óssea total, densidade mineral óssea total, Escore T total e Escore Z total.

Numa segunda análise de correlação parcial, foram exploradas as associações entre CVF, percentagem de CVF, VEF1, percentagem de VEF1, IT, percentagem de IT, PEF, percentagem de PEF, massa total do tronco (g), massa gorda do tronco (kg), massa magra do tronco (kg) e massa óssea magra do tronco (kg).

As correlações parciais foram controladas por idade, género e IMC, e a significância das associações foi testada e os valores interpretados da seguinte forma: $<0,40$ considerado fraco, entre $0,40$ e $0,75$ razoável a boa, e $>0,75$ excelente (Fleiss, 2011). De acordo com esta classificação, optámos por não apresentar as correlações significativas abaixo de $r = 0.40$. As análises estatísticas foram realizadas utilizando a linguagem R (versão 4.4.0, *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria) com os pacotes “*psych*”, “*car*”, e “*correlation*” (Kim, 2015; Team, 2021).

5. Resultados

A média de idades dos homens foi de 34.2 anos, com um peso médio de 83.7 kg, enquanto as mulheres tinham em média 31.4 anos e pesavam 66.1 kg. O IMC foi, em média, de 27.7 kg/m² para os homens e 25.0 kg/m² para as mulheres, quanto à classificação do IMC entre os bombeiros, 30.2% estavam com peso normal, 36,5% com sobrepeso e 33.3% com obesidade grau 1. Entre os homens, 27.27% estavam com peso normal, 36.36% com sobrepeso e 36.36% com obesidade grau 1, enquanto entre as mulheres 50% estavam com peso normal, 37.5% com sobrepeso e 12.5% com obesidade grau 1. Em termos de massa corporal magra, os homens apresentaram uma média de 61.5 ± 8.3 kg, e as mulheres 42.5 ± 3.7 kg. A massa óssea total dos homens e das mulheres foram, respetivamente, 2.6 ± 0.4 kg e 2.2 ± 0.3 kg. O percentual de gordura, por sua vez, foi de ~22.1% nos homens e nas mulheres ~ 31.7%.

No que se refere a densidade mineral óssea total (g/cm²), os homens apresentaram a média de 0.1 ± 0.1 g/cm², e as mulheres 0.9 ± 0.0 g/cm², dentro do expectável diante das diferenças biológicas. O Escore T total dos homens (-0.1 ± 0.9), apresenta valores negativos; já o Escore T total das mulheres (0.1 ± 0.4), sugere que elas possuem uma densidade óssea relativamente melhor. Os valores de Escore Z Total para os homens e mulheres foram respetivamente de (0.1 ± 0.8) e (-0.1 ± 0.4), indicam uma leve diminuição nos níveis de densidade óssea quando comparada à média expectável para a idade.

Para os resultados de força muscular geral (HG_{PEAK}) os homens apresentam uma força de preensão manual 48.7 ± 7.8 kg, e as mulheres de 31.6 ± 3.6 kg. No que se refere a função pulmonar, os homens apresentaram uma média da CVF de 5.3 ± 1.2 e as mulheres de 4.1 ± 0.4 . Ambos possuem valores de CVF%, acima de 100%, os homens: $111.4 \pm 18.6\%$, e as mulheres: $116.1 \pm 10.5\%$. Para os resultados de VEF₁ os homens apresentaram valores maiores do que as mulheres (homens: 4.3 ± 0.8 ; mulheres: 3.4 ± 0.3). Na VEF₁% ambos apresentaram valores percentuais acima de 100%, homens $106.9 \pm 14.9\%$ e mulheres de $110.6 \pm 9.0\%$.

O Índice de Tiffeneau % (IT%) apresentou os respectivos valores, para os homens $97.3 \pm 7.4\%$, e para as mulheres $95.8 \pm 6.3\%$. O Pico de Expiração Forçada (PEF%) indicam que os homens estão dentro dos valores normais $98.1 \pm 21.7\%$, já as mulheres estão um pouco abaixo do esperado $88.8 \pm 17.4\%$.

Nos testes de força de preensão manual (handgrip), 79.4% dos participantes apresentaram valores normais, enquanto 20.6% estavam no limiar de risco. Entre os homens, 78.2% estavam dentro dos valores normais e 21.8% no limiar de risco, enquanto entre as mulheres 87.5% apresentaram resultados normais e 12.5% no limiar de risco.

Em relação aos resultados da espirometria, 95.2% dos participantes tinham função pulmonar normal, e 5.8% apresentaram padrões obstrutivos. Entre os homens, 94.5% tinham espirometria normal e 5.5% padrão obstrutivo, enquanto 100% das mulheres apresentaram função pulmonar normal. A análise descritiva deste estudo pode ser observada na tabela 1.

Tabela 1. Análise Descritiva.

Variáveis	Gênero	Nº	Média	Mediana	Desvio Padrão	Teste de Normalidade		Intervalo Inter-quartil		
						Shapiro-Wilk	p	50%	25%	75%
Idade (anos)	Feminino	8	31.4	31.0	5.9	0.937	0.58	31.0	26.5	36.3
	Masculino	55	34.2	35.0	7.4	0.979	0.458	35.0	29.0	39.5
Estatura (cm)	Feminino	8	163.0	161.5	5.7	0.938	0.587	161.5	160.0	167.0
	Masculino	55	173.9	173.0	7.6	0.961	0.074	173.0	168.5	178.5
Peso (kg)	Feminino	8	66.1	66.5	7.4	0.979	0.958	66.5	60.5	70.0
	Masculino	55	83.7	85.0	14.1	0.959	0.056	85.0	71.5	94.5
IMC (kg/m ²)	Feminino	8	25.0	24.9	3.3	0.969	0.887	24.9	22.8	26.4
	Masculino	55	27.7	26.9	4.7	0.949	0.022	26.9	24.2	31.9
Massa Magra Total (kg)	Feminino	8	42.5	42.6	3.7	0.941	0.619	42.6	40.9	44.9
	Masculino	55	61.5	61.5	8.3	0.962	0.083	61.5	54.6	67.0
Massa Óssea Total (kg)	Feminino	8	2.2	2.1	0.3	0.873	0.16	2.1	2.0	2.3
	Masculino	55	2.6	2.6	0.4	0.961	0.069	2.6	2.4	2.8
Massa Gorda Total (kg)	Feminino	8	21.0	20.1	5.0	0.928	0.499	20.1	17.6	22.6
	Masculino	55	19.0	19.6	7.5	0.954	0.036	19.6	12.1	24.9
Gordura Corporal (%)	Feminino	8	31.7	31.5	4.5	0.952	0.729	31.5	29.6	33.9
	Masculino	55	22.1	23.3	6.0	0.956	0.044	23.3	17.0	27.4
Área do colo do fêmur (cm ²)	Feminino	3	4.7	4.9	0.5	0.846	0.23	4.9	4.5	5.0
	Masculino	24	5.5	5.5	0.3	0.929	0.093	5.5	5.2	5.6

Massa Óssea do Colo do Fêmur (g)	Feminino	3	4.0	4.1	0.3	0.879	0.321	4.1	3.9	4.1
	Masculino	24	5.0	4.8	0.7	0.916	0.047	4.8	4.5	5.3
Densidade Mineral Óssea do Colo do Fêmur (g/cm ²)	Feminino	3	0.8	0.8	0.0	0.75	< .001	0.8	0.8	0.9
	Masculino	24	0.9	0.9	0.1	0.84	0.001	0.9	0.8	1.0
Escore T do Colo do Fêmur	Feminino	2	0.1	0.1	0.4	-	-	0.1	-0.1	0.2
	Masculino	21	-0.3	-0.5	0.9	0.766	< .001	-0.5	-0.7	-0.2
Escore Z do Colo do Fêmur	Feminino	3	0.1	0.1	0.3	0.987	0.78	0.1	-0.1	0.2
	Masculino	24	0.1	-0.2	0.9	0.845	0.002	-0.2	-0.5	0.4
Área Total Corporal (cm ²)	Feminino	3	30.3	31.1	2.0	0.862	0.273	31.1	29.5	31.4
	Masculino	24	39.3	38.5	3.5	0.967	0.594	38.5	36.7	41.4
Massa Óssea Total (kg)	Feminino	3	28.3	28.5	2.7	0.995	0.859	28.5	27.0	29.7
	Masculino	24	40.6	38.9	6.4	0.922	0.063	38.9	34.6	44.1
DMOT (g/cm ²)	Feminino	3	0.9	0.9	0.0	0.945	0.547	0.9	0.9	0.9
	Masculino	24	1.0	1.0	0.1	0.901	0.022	1.0	1.0	1.1
Escore T Total	Feminino	2	0.1	0.1	0.4	-	-	0.1	-0.1	0.2
	Masculino	21	-0.1	-0.5	0.9	0.857	0.006	-0.5	-0.6	0.3
Escore Z Total	Feminino	3	-0.1	-0.2	0.4	0.923	0.463	-0.2	-0.3	0.1
	Masculino	24	0.1	-0.2	0.8	0.88	0.008	-0.2	-0.5	0.5
HG _{DIREITA} (kg)	Feminino	8	31.2	31.6	3.5	0.994	0.999	31.6	29.1	32.9
	Masculino	55	47.3	47.4	8.4	0.964	0.098	47.4	42.4	51.0
HG _{ESQUERDA} (kg)	Feminino	8	30.4	30.7	4.4	0.961	0.815	30.7	29.0	32.0
	Masculino	55	47.0	46.2	7.6	0.934	0.005	46.2	42.6	52.1

HG _{PEAK} (kg)	Feminino	8	31.6	31.6	3.6	0.99	0.996	31.6	29.9	34.0
	Masculino	55	48.7	48.5	7.8	0.965	0.112	48.5	44.4	52.7
CVF (L)	Feminino	8	4.1	4.1	0.4	0.948	0.693	4.1	3.8	4.4
	Masculino	55	5.3	5.2	1.2	0.872	< .001	5.2	4.6	5.9
CVF %	Feminino	8	116.1	118.6	10.5	0.892	0.243	118.6	111.6	122.5
	Masculino	55	111.4	109.7	18.6	0.89	< .001	109.7	98.5	120.1
VEF ₁ (L)	Feminino	8	3.4	3.4	0.3	0.897	0.269	3.4	3.1	3.5
	Masculino	55	4.3	4.2	0.8	0.972	0.233	4.2	3.9	4.6
VEF ₁ %	Feminino	8	110.6	111.4	9.0	0.973	0.919	111.4	104.8	116.6
	Masculino	55	106.9	107.7	14.9	0.977	0.382	107.7	95.5	113.4
IT	Feminino	8	83.0	83.9	5.6	0.978	0.95	83.9	79.3	86.0
	Masculino	55	80.6	81.1	6.3	0.982	0.582	81.1	76.0	85.0
IT %	Feminino	8	95.8	97.6	6.3	0.942	0.627	97.6	92.3	98.7
	Masculino	55	97.3	98.7	7.4	0.98	0.48	98.7	92.8	102.5
PEF (L/s)	Feminino	8	6.1	6.2	1.0	0.921	0.442	6.2	5.1	6.9
	Masculino	55	9.2	9.1	2.0	0.985	0.737	9.1	8.1	10.6
PEF %	Feminino	8	88.8	91.2	17.4	0.942	0.635	91.2	73.4	100.0
	Masculino	55	98.1	99.2	21.7	0.988	0.851	99.2	81.2	112.3

Notas:

Abreviações: IMC – Índice de Massa Corporal; DMOT – Densidade Mineral Óssea Total; HG_{DIREITA} – Força de Preensão Manual Direita; HG_{ESQUERDA} – Força de Preensão Manual Esquerda; HG_{PEAK} – Melhor valor de Preensão; CVF – Capacidade Vital Forçada; VEF₁ – Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo; IT – Índice de Tiffeneau; PEF – Pico de Expiração Forçada; - sem dados para comparação.

Relativamente às associações entre algumas das variáveis estudadas, (tabela 2), os resultados mostraram que a força de preensão manual apresentou uma correlação “razoável a boa” positiva com a massa magra total ($\rho = 0.551$, $p < 0.001$). Da mesma forma, verificou-se uma correlação “razoável a boa” positiva entre a força de preensão manual e a massa isenta de gordura total ($\rho = 0.564$; $p < 0.001$). No entanto, observou-se uma correlação “razoável a boa” inversa entre a força de preensão manual e a percentagem de gordura corporal ($\rho = -0.323$; $p = 0.012$).

Em relação a função pulmonar, a força de preensão manual também se correlacionou positivamente com a VEF1 ($\rho = 0.528$; $p < 0.001$; “razoável a boa”) e com o PEF ($\rho = 0.457$; $p < 0.001$; “razoável a boa”). De igual forma, foi encontrada uma correlação positiva entre CVF e a massa magra total ($\rho = 0.465$; $p < 0.001$; “razoável a boa”) e massa isenta de gordura ($\rho = 0.474$; $p < 0.001$; “razoável a boa”).

Também foi encontrada uma correlação entre VEF1 e massa magra total ($\rho = 0.504$; $p < 0.001$; “razoável a boa”) e massa isenta de gordura ($\rho = 0.511$; $p < 0.001$; “razoável a boa”) reforçando a relação entre força composição corporal, nomeadamente o tecido magro e função pulmonar.

Tabela 2. Correlações parciais entre as variáveis da força muscular, função pulmonar e composição corporal.

CORRELAÇÃO PARCIAL		Peso	HG _{DIREITA}	HG _{ESQUERDA}	HG _{PEAK}	Massa Óssea Total	Massa Gorda Total	Massa Magra Total	Massa Isenta de Gordura Total
Peso	Spearman's rho	—							
	p-value	—							
HG _{DIREITA}	Spearman's rho	0.361	—						
	p-value	0.005	—						
HG _{ESQUERDA}	Spearman's rho	0.364	0.795	—					
	p-value	0.004	< .001	—					
HG _{PEAK}	Spearman's rho	0.397	0.917	0.928	—				
	p-value	0.002	< .001	< .001	—				
Conteúdo Mineral Ósseo	Spearman's rho	0.665	0.283	0.371	0.34	—			
	p-value	< .001	0.028	0.004	0.008	—			
Massa Gorda Total	Spearman's rho	0.405	-0.109	-0.19	-0.147	0.136	—		
	p-value	0.001	0.408	0.146	0.263	0.301	—		
Massa Magra Total	Spearman's rho	0.856	0.478	0.536	0.551	0.638	-0.026	—	
	p-value	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	0.842	—	
Massa Isenta de Gordura	Spearman's rho	0.858	0.487	0.548	0.564	0.656	-0.026	0.998	—
	p-value	< .001	< .001	< .001	< .001	< .001	0.846	< .001	—
Gordura Corporal %	Spearman's rho	0.037	-0.283	-0.349	-0.323	-0.131	0.859	-0.353	-0.352
	p-value	0.777	0.028	0.006	0.012	0.319	< .001	0.006	0.006

CVF	Spearman's rho	0.564	0.416	0.475	0.462	0.318	0.297	0.465	0.474
	p-value	< .001	< .001	< .001	< .001	0.013	0.021	< .001	< .001
CVF %	Spearman's rho	0.186	0.28	0.377	0.328	0.041	0.12	0.115	0.12
	p-value	0.154	0.03	0.003	0.011	0.759	0.361	0.383	0.359
VEF ₁	Spearman's rho	0.508	0.475	0.526	0.528	0.324	0.137	0.504	0.511
	p-value	< .001	< .001	< .001	< .001	0.012	0.298	< .001	< .001
VEF ₁ %	Spearman's rho	0.149	0.33	0.413	0.383	0.061	-0.025	0.185	0.189
	p-value	0.257	0.01	0.001	0.003	0.641	0.849	0.158	0.149
IT	Spearman's rho	-0.162	0.056	0.007	0.062	0.019	-0.308	0.038	0.04
	p-value	0.216	0.67	0.955	0.636	0.886	0.017	0.773	0.764
IT%	Spearman's rho	-0.088	0.081	0.052	0.101	0.065	-0.263	0.114	0.116
	p-value	0.505	0.536	0.696	0.441	0.62	0.042	0.385	0.379
PEF	Spearman's rho	0.19	0.396	0.373	0.457	0.15	-0.012	0.211	0.219
	p-value	0.146	0.002	0.003	< .001	0.252	0.926	0.105	0.092
PEF %	Spearman's rho	-0.018	0.309	0.286	0.36	0.006	-0.07	0.006	0.013
	p-value	0.893	0.016	0.027	0.005	0.965	0.594	0.966	0.923
Área do colo do fêmur	Spearman's rho	0.527	0.336	0.482	0.435	0.717	0.2	0.597	0.587
	p-value	0.008	0.109	0.017	0.034	< .001	0.349	0.002	0.003
Massa Óssea do Colo do Fêmur	Spearman's rho	0.364	0.415	0.434	0.466	0.706	0.149	0.421	0.437
	p-value	0.08	0.044	0.034	0.022	< .001	0.487	0.04	0.033
Densidade Mineral Óssea do Colo do Fêmur	Spearman's rho	0.021	0.256	0.205	0.262	0.303	0.056	0.066	0.089
	p-value	0.923	0.227	0.338	0.216	0.15	0.796	0.759	0.68

Escore T Colo do Fêmur	Spearman's rho	0.126	0.231	0.185	0.238	0.298	0.083	0.145	0.17
	p-value	0.597	0.327	0.435	0.312	0.201	0.728	0.541	0.474
Escore Z Colo do Fêmur	Spearman's rho	0.096	0.328	0.284	0.337	0.435	0.016	0.175	0.194
	p-value	0.657	0.117	0.178	0.107	0.034	0.941	0.413	0.364
Área Corporal Total	Spearman's rho	0.543	0.155	0.263	0.247	0.66	0.048	0.617	0.598
	p-value	0.006	0.468	0.215	0.244	< .001	0.824	0.001	0.002
Massa Óssea Total	Spearman's rho	0.471	0.274	0.34	0.327	0.737	0.019	0.578	0.581
	p-value	0.02	0.195	0.104	0.119	< .001	0.93	0.003	0.003
DMOT	Spearman's rho	0.134	0.233	0.157	0.158	0.352	0.016	0.164	0.18
	p-value	0.531	0.274	0.462	0.461	0.092	0.94	0.444	0.4
Escore T Total	Spearman's rho	0.254	0.295	0.216	0.224	0.353	0.081	0.261	0.279
	p-value	0.279	0.207	0.361	0.342	0.127	0.736	0.267	0.233
Escore Z Total	Spearman's rho	0.197	0.317	0.248	0.251	0.458	0.074	0.231	0.25
	p-value	0.357	0.131	0.243	0.237	0.024	0.73	0.277	0.238

Nota. Controlado por 'Idade', 'Gênero' e 'IMC'

Nota. * p < .05, ** p < .01, *** p < .001

Abreviaturas: IMC – Índice de Massa Corporal; DMOT – Densidade Mineral Óssea Total; HGDIREITA – Força de Preensão Manual Direita; HGESQUERDA – Força de Preensão Manual Esquerda; HGPEAK – Melhor valor de Preensão; CVF – Capacidade Vital Forçada; VEF₁ – Volume Expiratório Forçado no primeiro segundo; IT – Índice de Tiffeneau; PEF – Pico de Expiração Forçada;

Com o intuito de avaliar melhor essa possível associação, a tabela 3, mostra os resultados das correlações entre as variáveis avaliadas, da região do tronco. A massa total do tronco correlacionou-se positivamente com a CVF ($p = 0.615$, $p < .001$; “razoável a boa”) e VEF1 ($p = 0.537$, $p < .001$; “razoável a boa”), o mesmo ocorreu para a massa magra do tronco correlacionou-se positivamente com a CVF ($p = 0.553$, $p < .001$; “razoável a boa”) e VEF1 ($p = 0.574$, $p < .001$; “razoável a boa”), indicando que indivíduos com maior massa magra apresentaram melhor função respiratória. A Massa Gorda do Tronco não mostrou estar associada a nenhuma variável da função pulmonar. Por fim, a correlação positiva entre a massa óssea com CVF ($p = 0.549$, $p < .001$; “razoável a boa”) e VEF1 ($p = 0.571$, $p < .001$; “razoável a boa”), sublinhou a importância da densidade óssea para a capacidade pulmonar.

Tabela 3. Correlações parciais entre as variáveis da composição corporal do tronco e função pulmonar.

Variáveis	Correlação parcial	CVF	CVF%	VEF ₁	VEF ₁ %	IT	IT%	PEF	PEF%
Massa Total do Tronco (kg)	Spearman's rho p-value	0.615 <.001	0.28 0.03	0.537 <.001	0.215 0.099	-0.189 0.149	-0.112 0.395	0.189 0.148	0.001 0.995
Massa Gorda do Tronco (kg)	Spearman's rho p-value	0.292 0.023	0.125 0.341	0.123 0.35	-0.023 0.859	-0.32 0.013	-0.279 0.031	-0.054 0.682	-0.096 0.467
Massa Magra do Tronco (kg)	Spearman's rho p-value	0.553 <.001	0.24 0.065	0.574 <.001	0.284 0.028	0 0.998	0.075 0.569	0.253 0.051	0.06 0.649
Massa Óssea do Tronco (kg)	Spearman's rho p-value	0.549 <.001	0.23 0.077	0.571 <.001	0.275 0.034	0.001 0.993	0.077 0.558	0.253 0.051	0.058 0.66

Nota. Controlado por 'Idade', 'GÊNERO' E 'IMC'
Abreviações: CVF– Capacidade Vital Forçada; VEF₁ – Volume Expiratório Forçado no primeiro SEGUNDO; IT – Índice de Tiffeneau; PEF– Pico de Expiração Forçada.

6. Discussão

O presente estudo teve como objetivo principal identificar e explorar as associações entre a composição corporal, a densidade mineral óssea, a força muscular e a função pulmonar em bombeiros do distrito do Porto. Os resultados sugerem algumas associações interessantes entre essas variáveis, que fornecem informações valiosas sobre o perfil físico desses profissionais e as possíveis implicações para a saúde e o desempenho em suas funções.

Os resultados da composição corporal do presente estudo revelam um aspecto central para a saúde e o desempenho dos bombeiros. O IMC médio dos homens e mulheres indica uma situação de sobrepeso, uma característica comum entre bombeiros, segundo estudos anteriores (Fortes et al., 2015). No entanto, é importante interpretar o IMC com cautela, pois ele não distingue entre massa muscular e gordura corporal (Guedes et al., 2015). Os bombeiros, devido às suas exigências físicas, podem apresentar maior massa muscular, o que explica parcialmente os valores elevados de IMC, mas, como indicado pela análise da massa magra e de gordura corporal, uma proporção significativa da amostra apresenta percentuais de gordura elevados, o que representa um fator de risco tanto para a saúde quanto para a capacidade funcional (Machado, 2017)

A incidência elevada de obesos entre os participantes (36.4% dos homens e 12.5% das mulheres) devem ser considerados com seriedade, pois o excesso de gordura corporal está relacionado a uma série de problemas de saúde, incluindo doenças metabólicas, cardiovasculares e redução da capacidade funcional (Barbirato, 2019). Entre os bombeiros, cujas atividades dependem muito do nível de aptidão física, o excesso de peso pode impactar negativamente no desempenho durante o trabalho, especialmente em emergências que exigem boa aptidão cardiorrespiratória e força muscular. Além disso, o excesso de peso está associado a um maior risco de lesões, especialmente no sistema musculoesquelético, que é sobrecarregado durante atividades físicas intensas, como o resgate de vítimas ou o manuseio de equipamentos pesados (Kim et al., 2020).

Nesse sentido, intervenções voltadas para a redução do percentual de gordura corporal entre os bombeiros são essenciais. Programas de nutrição e exercícios devem ser implementados como parte do treinamento contínuo desses profissionais, com ênfase em estratégias de perda de peso que preservem a massa magra e melhorem a saúde metabólica. A combinação de atividades aeróbicas e de resistência parece aliada na perda de gordura quanto no fortalecimento muscular, contribuindo assim para um melhor desempenho nas tarefas diárias dos bombeiros e mitigando os riscos de saúde a longo prazo (Nahas, 2001; Oliveira Junior, 2017; Santos, 2015)

A análise da densidade mineral óssea (DMO) também trouxe à tona questões importantes. Embora os valores de DMO dos homens e mulheres estejam dentro do esperado para suas idades e perfis biológicos, foi observado que as mulheres apresentaram uma densidade óssea ligeiramente melhor. Esses achados contrastam com o padrão típico de declínio da DMO nos homens e mulheres após a meia-idade, conforme descrito por (Malkin et al., 2006), sugerindo que aspectos, laborais/ocupacionais, funcionais, comportamentais, ou mesmo hormonais podem estar influenciando esse resultado. De facto, a profissão de bombeiro, na maioria das vezes, envolve o transporte de cargas pesadas e movimentos repetitivos que podem contribuir para a preservação da densidade óssea, especialmente em homens, que são biologicamente predispostos a manter uma DMO mais elevada até a terceira década de vida (Cooper, 2001). No entanto, a exposição prolongada ao estresse físico e, possivelmente, a dietas inadequadas ou a comportamentos sedentários durante os períodos de descanso, podem influenciar negativamente a saúde óssea, levando a um declínio mais acelerado da DMO (Silva, 2015). Dessa forma, é crucial que intervenções focadas na saúde óssea sejam promovidas. Programas de suplementação de cálcio e vitamina D, juntamente com exercícios de resistência de alta intensidade, podem ser eficazes para prevenir a perda óssea em bombeiros (Hong & Kim, 2018; Machado, 2017).

Em relação aos resultados da força de preensão manual, um importante indicador de força muscular global, verificamos uma correlação positiva com a massa magra ($p = 0.55$; $p < 0.001$), o que era esperado, dado que a força

muscular está intimamente relacionada com a quantidade de tecido magro no corpo (Eichinger et al., 2015). Esse achado sublinha a importância da manutenção de níveis adequados de massa magra para garantir um bom desempenho físico. A força muscular é essencial para as atividades dos bombeiros, que exigem não apenas resistência cardiovascular, mas também força explosiva e resistência muscular em situações de resgate e combate a incêndios (Farinha, 2023). O fato de mais de 20% dos participantes apresentarem valores de força de preensão abaixo do limiar de risco, indica uma vulnerabilidade significativa nesta população de bombeiros do norte de Portugal. Esses indivíduos podem estar mais propensos a falhas de desempenho físico em situações críticas, além de possuírem maior risco de lesões. Como a força muscular está diretamente associada à mobilidade e à funcionalidade em adultos ativos (SIQUEIRA, 2018), intervenções específicas de treinamento de força devem ser implementadas para melhorar os níveis de aptidão física geral entre os bombeiros. O treinamento resistido progressivo, aliado a uma dieta rica em proteínas, pode ser uma estratégia para o aumento da força muscular e para a manutenção da massa magra, especialmente em populações que enfrentam altos níveis de estresse físico (Cooper, 2001).

A função pulmonar é outra variável crucial para o desempenho dos bombeiros (Longo et al., 2008; Windisch et al., 2017), e os achados deste estudo reforçam essa importância. Foi observada uma correlação positiva entre a força de preensão manual e os parâmetros espirométricos VEF1 e o PEF, sugerindo que uma maior força muscular está associada a uma melhor função respiratória ($p = 0.528$; $p < 0.001$ para VEF1; $p = 0.457$; $p < 0.001$ para PEF). Isso corrobora com os achados de (Hornby et al., 2005), que apontaram uma relação direta entre a força de preensão e a função pulmonar, e reforça a importância de manter a força muscular não apenas para o desempenho físico, mas também para a saúde respiratória.

Os bombeiros estão frequentemente expostos a agentes irritantes pulmonares, como a fumaça de incêndios e outros poluentes, que podem comprometer sua função pulmonar ao longo do tempo (Gonçalves, 2023). Estudos anteriores mostraram que a exposição crônica à fumaça e outros gases

tóxicos pode reduzir significativamente a capacidade pulmonar e aumentar o risco de desenvolver doenças respiratórias obstrutivas crônicas (Agarwal et al., 2010). Portanto, manter altos níveis de força muscular e massa magra não apenas melhora o desempenho físico, mas também pode atuar como um fator protetor contra o declínio da função pulmonar. A maioria dos participantes apresentaram função pulmonar dentro dos parâmetros normais, o que é um achado positivo, especialmente considerando a exposição ocupacional a riscos respiratórios. No entanto, os 5.8% que apresentaram padrões obstrutivos necessitam ser monitorados de perto, e foram alertados quanto a isso. Intervenções precoces, como programas de cessação do tabagismo e o uso de equipamentos de proteção respiratória adequados, são essenciais para prevenir o desenvolvimento de doenças pulmonares crônicas, como a DPOC, que é altamente prevalente entre trabalhadores expostos a poluentes (Adetona et al., 2011).

Os resultados encontrados neste estudo possuem implicações importantes para o planejamento de intervenções de saúde e desempenho entre bombeiros. Manter uma composição corporal adequada, com ênfase na preservação da massa magra e na redução do excesso de gordura corporal, é crucial para garantir o desempenho físico ideal e a preservação da função pulmonar (Nogueira, 2024; Vicente, 2022). Intervenções preventivas, como programas de treinamento de força, controle de peso e monitoramento da função pulmonar, devem ser implementadas de forma contínua, visando promover a saúde e o bem-estar dos bombeiros. Além disso, as associações observadas entre a força muscular e a função pulmonar sugerem que programas de treinamento de resistência e atividades físicas que melhorem a força muscular também podem ter um impacto positivo na saúde respiratória. Esses programas devem ser complementados por estratégias de promoção da saúde, como a educação sobre os riscos do tabagismo e a importância do uso adequado de equipamentos de proteção individual durante o combate a incêndios.

6.1 Forças e Limitações do Estudo

As principais forças deste estudo residem na utilização de metodologias robustas e equipamentos acurados, precisos e com boa repetibilidade, como o DEXA para análise da composição corporal, o dinamômetro de preensão manual (handgrip) utilizado para avaliação da força muscular e o espirômetro portátil para a função pulmonar. Esses métodos permitiram uma avaliação detalhada e confiável das variáveis em estudo, oferecendo achados valiosos sobre a saúde e desempenho físico dos bombeiros.

Entretanto, algumas limitações devem ser reconhecidas. Por se tratar de um projeto que está se iniciando, a dificuldade de obter informações individuais sobre de estilo de vida (e.g. carga tabágica, perfil nutricional, nível de atividade física fora do trabalho) e incidência das diferentes ocorrências em período laboral não permite ainda uma análise mais aprofundada da do perfil de aptidão física dos bombeiros do norte de Portugal. A possibilidade estratificar os bombeiros de acordo com suas funções específicas poderia refinar ainda mais a compreensão das demandas ocupacionais e seus efeitos na saúde.

7. Conclusão e perspectivas futuras

Este estudo destacou o papel da composição corporal na saúde e no desempenho físico dos bombeiros, reforçando que a manutenção de uma composição corporal adequada, com foco na preservação da massa magra e na redução do percentual de gordura corporal, está diretamente relacionada à força muscular e à função pulmonar. Os resultados evidenciaram que o excesso de gordura corporal está associado inversamente com a força muscular, que pode afetar o nível de aptidão física necessário para desempenhar tarefas exigentes da profissão “bombeiros”. Por outro lado, a força de preensão manual, utilizada como indicador de força muscular global, mostrou-se positivamente associada com uma função pulmonar mais eficiente, ressaltando a importância de um bom condicionamento físico para garantir a saúde respiratória.

Os resultados deste estudo sugerem que intervenções voltadas para a melhoria da composição corporal, como programas de controle de peso e fortalecimento muscular, são essenciais para o desempenho ideal dos bombeiros. Em particular, o treinamento de força muscular, combinado com a promoção de hábitos saudáveis de vida, parece estar associada ao abrandamento da perda de função respiratória e física ao longo da carreira, mas também a melhora da segurança e eficácia no ambiente de trabalho, onde demandas físicas e respiratórias são extremas.

Além disso, o uso de equipamentos de avaliação robustos, como DEXA, dinamômetro de preensão manual e espirômetro portátil proporcionou uma visão detalhada e confiável das condições físicas e respiratórias dos participantes, validando ainda mais os resultados obtidos. No entanto, é fundamental considerar que futuros estudos devem incluir uma abordagem mais ampla, incorporando variáveis relacionadas ao estilo de vida, como atividade física fora do trabalho e o consumo de tabaco, que podem ter um impacto direto na saúde e no desempenho dos bombeiros. A estratificação funcional, considerando as diferentes funções desempenhadas pelos bombeiros, também é uma perspectiva importante para futuras análises, permitindo identificar com maior precisão como as demandas ocupacionais específicas influenciam a saúde física e respiratória.

Finalmente, a implementação e análise do impacto de programas de treinamento de força e reabilitação pulmonar específicos podem proporcionar benefícios adicionais, tanto no desempenho ocupacional quanto na longevidade e qualidade de vida desses profissionais.

8. Referências

- Adetona, O., Hall, D. B., & Naeher, L. P. (2011). Lung function changes in wildland firefighters working at prescribed burns. *Inhalation toxicology*, 23(13), 835-841.
- Agarwal, R., Awasthi, A., Mittal, S., Singh, N., & Gupta, P. (2010). Effects of air pollution on respiratory parameters during the wheat-residue burning in Patiala. *Journal of medical engineering & technology*, 34(1), 23-28.
- Aguiar, F. d. C., & Arruda, J. N. (2022). Análise descritiva do nível de atividade física de Bombeiros Militares do Distrito Federal.
- Amaral, C. d. A., Portela, M. C., Muniz, P. T., Farias, E. d. S., Araújo, T. S. d., & Souza, O. F. d. (2015). Associação da força de preensão manual com morbidades referidas em adultos de Rio Branco, Acre, Brasil: estudo de base populacional. *Cadernos de saúde pública*, 31(6), 1313-1325.
- Anakwe, R., Huntley, J., & McEachan, J. E. (2007). Grip strength and forearm circumference in a healthy population. *Journal of Hand Surgery (European Volume)*, 32(2), 203-209.
- Arques, F. (2010). Alterações da composição corporal do decurso do processo de recruta em candidatos a bombeiros profissionais.
- Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza: Aplicación al alto rendimiento deportivo* (Vol. 302). Inde.
- Barbirato, A. D. F. d. S. (2019). Atualidades da reabilitação pulmonar em pacientes com DPOC. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento ISSN*, 2448, 0959.
- Barbosa, W. G. (2012). A relação entre aptidão física e percentual de gordura corporal em militares.
- Barbosa, W. G. (2022). Risco cardiometabólico e aptidão física de policiais militares.
- Baur, D. M., Christophi, C. A., Cook, E. F., & Kales, S. N. (2012). Age-Related Decline in Cardiorespiratory Fitness among Career Firefighters: Modification by Physical Activity and Adiposity. *Journal of obesity*, 2012(1), 710903.

- Bernardes, S. M. F., Assunção, A., Fujão, C., & Carnide, F. (2020). Normative reference values of the handgrip strength for the Portuguese workers. *PLOS ONE*, 15(8), e0236555. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236555>
- Bitti Junior, L. A., Souza, M. V., & Martins, R. S. (2021). EXERCÍCIOS FÍSICOS REGULARES: A RELAÇÃO ENTRE AÇÕES DE INCENTIVO E A COMPOSIÇÃO CORPORAL DE POLICIAIS E BOMBEIROS MILITARES DE 30 A 50 ANOS.
- Boldori, R. (2001). *Aptidão física e sua relação com a capacidade de trabalho dos bombeiros militares do estado de Santa Catarina* Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós ...].
- Bompa, T. O., & Cornachia, L. J. (2000). *Treinamento de força consciente*. Phorte.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*, 100(2), 126.
- CDC. (2020). Anthropometry Procedures Manual. In C. f. D. C. a. Prevention (Ed.), *National Health and Nutrition Examination Survey(NHANES)*.
- Cooper, C. B. (2001). Exercise in chronic pulmonary disease: limitations and rehabilitation. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(7 Suppl), S643-646.
- Davis, P. O., & Dotson, C. O. (1987). Physiological aspects of fire fighting. *Fire technology*, 23, 280-291.
- Davis, S. C., Jankovitz, K. Z., & Rein, S. (2002). Physical fitness and cardiac risk factors of professional firefighters across the career span. *Res Q Exerc Sport*, 73(3), 363-370. <https://doi.org/10.1080/02701367.2002.10609033>
- De Carli, A. G., & de Oliveira, R. S. (2012). Effect of use of personal protective equipment on and respiratory V[O.sub.2max]. members of the 16 the grouping of fire police military state of Sao Paulo/Efeito do uso dos equipamentos de protecao individual e respiratoria sobre o V[O.sub.2max]. dos integrantes do 16 grupamento de bombeiros da

- policia militar do estado de Sao Paulo [Article]. *Revista Brasileira de Prescri o e Fisiologia do Exercício*, 6, 501+.
- de Oliveira, J. F., de Pontes, L. M., Cerian, R. B., & dos Santos Oliveira, F. B. (2013). Correla o entre percentual de gordura e força muscular de preensão manual em atletas do jud  paraibano. *Revista de Ciências da Saúde Nova Esperança*, 11(1), 20-32.
- Defavori, C. G., & Sarriés, G. A. (2007). A correla o de métodos DEXA e CDEXA em absor imetria mineral óssea. *Radiologia Brasileira*, 40, 183-187.
- Dias, J. A., Ovando, A. C., K lkamp, W., & Borges JR, N. G. (2010). Hand grip strength: evaluation methods and factors influencing this measure. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 12(3), 209-216.
- Dufner, T. J., Fitzgerald, J. S., Lang, J. J., & Tomkinson, G. R. (2020). Temporal trends in the handgrip strength of 2,592,714 adults from 14 countries between 1960 and 2017: a systematic analysis. *Sports Medicine*, 50, 2175-2191.
- Eichinger, F. L. F., Soares, A. V., de Carvalho Júnior, J. M., Maldaner, G. A., Domenech, S. C., & Júnior, N. G. B. (2015). Força de preensão palmar e sua rela o com parâmetros antropométricos/Handgrip strength and its relation with anthropometric parameters. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, 23(3).
- Farinha, P. M. L. (2023). *AS EXIGÊNCIAS FISIOLÓGICAS NO COMBATE A INCÊNDIOS FLORESTAIS* Universidade de Coimbra]. <https://estudogeral.uc.pt/retrieve/268646/Disserta o%20de%20Mestrado%20%28vers o%20final%20p s%20defesa%29.pdf>
- Feldner, M. T., Babson, K. A., & Zvolensky, M. J. (2007). Smoking, traumatic event exposure, and post-traumatic stress: A critical review of the empirical literature. *Clinical psychology review*, 27(1), 14-45.
- Fernandes, A. d. A., & Marins, J. C. B. (2011). Teste de força de preensão manual: análise metodológica e dados normativos em atletas. *Fisioterapia em movimento*, 24, 567-578.

- Ferreira, A. J. C. d. G. (2015). *Avaliação das alterações respiratórias induzidas por exposições ocupacionais através de metodologia não invasiva*
- Ferreira, P. S. (2024). Impacto da exposição a traumas: um estudo sobre os efeitos na saúde mental dos bombeiros.
- Fischer, F. M. (2005). Índice de capacidade para o trabalho.
- Fitness, P. s. C. o. P., & Sports. (1971). *Physical Fitness Research Digest* (Vol. 1). President's Council on Physical Fitness and Sports.
- Fleiss, J. L. (2011). *Design and analysis of clinical experiments*. John Wiley & Sons.
- Fonseca, J., Machado, F. V. C., Santin, L. C., Andrello, A. C., Schneider, L. P., Fernandes Belo, L.,...Hernandes, N. A. (2021). Handgrip strength as a reflection of general muscle strength in chronic obstructive pulmonary disease. *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 18(3), 299-306.
- Fortes, M. d. S. R., Marson, R. A., & Martinez, E. C. (2015). Comparação de desempenho físico entre homens e mulheres: revisão de literatura. *Revista Mineira de Educação Física*, 23(2), 54-69.
- Freitas, F. Z., Rodrigues, M. E. D. C., Lorentz, W., Maestri, E., Massaroli, A., & Conceição, V. M. d. (2023). Repercussões laborais no autocuidado em saúde de bombeiros militares brasileiros. *Enfermería Actual de Costa Rica*(45).
- Fyhrie, D. P., & Christiansen, B. A. (2015). Bone Material Properties and Skeletal Fragility. *Calcified Tissue International*, 97(3), 213-228. <https://doi.org/10.1007/s00223-015-9997-1>
- Glaner, M. F. (2005). Índice de massa corporal como indicativo da gordura corporal comparado às dobras cutâneas. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 11, 243-246.
- Glaner, M. F., Pelegri, A., & Nascimento, T. B. R. (2011). Perímetro do abdômen é o melhor indicador antropométrico de riscos para doenças cardiovasculares. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 13, 1-7.

- Gonçalves, D. (2023). *Incêndios Rurais–Exposição dos bombeiros ao fumo e produtos da combustão e o contributo da fisioterapia cardiorrespiratória* Instituto Superior de Ciências da Informação e Administração]. <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/48057/1/Dylan%20Gonçalves.pdf>
- Guedes, A. C. F., Biscuola, A. P., & Lima, M. C. C. (2015). Comparação entre índice de massa corporal e índice de adiposidade corporal em adultos do sexo masculino. *RBONE-Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento*, 9(54), 235-242.
- Hong, A. R., & Kim, S. W. (2018). Effects of Resistance Exercise on Bone Health. *enm*, 33(4), 435-444. <https://doi.org/10.3803/EnM.2018.33.4.435>
- Hornby, S., Nunes, Q., Hillman, T., Stanga, Z., Neal, K., Rowlands, B.,...Lobo, D. (2005). Relationships between structural and functional measures of nutritional status in a normally nourished population. *Clinical nutrition*, 24(3), 421-426.
- HUGHES, V. A., FRONTERA, W. R., DALLAL, G. E., LUTZ, K. J., FISHER, E. C., & EVANS, W. J. (1995). Muscle strength and body composition: associations with bone density in older subjects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 27(7), 967-974.
- Ikemoto, Y., Demura, S., Yamaji, S., Minami, M., Nakada, M., & Uchiyama, M. (2007). Force-time parameters during explosive isometric grip correlate with muscle power. *Sport Sciences for Health*, 2, 64-70.
- Ilmarinen, J., Tuomi, K., & Klockars, M. (1997). Changes in the work ability of active employees over an 11-year period. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 49-57.
- James, L. P., Talpey, S. W., Young, W. B., Geneau, M. C., Newton, R. U., & Gustin, P. B. (2023). Strength classification and diagnosis: not all strength is created equal. *Strength & Conditioning Journal*, 45(3), 333-341.
- Jones, A. M., Kirby, B. S., Clark, I. E., Rice, H. M., Fulkerson, E., Wylie, L. J.,...Wilkins, B. W. (2021). Physiological demands of running at 2-hour marathon race pace. *Journal of applied physiology*, 130(2), 369-379.

- Kales, S. N., & Smith, D. L. (2017). Firefighting and the heart: implications for prevention. In (Vol. 135, pp. 1296-1299): Am Heart Assoc.
- Kales, S. N., Soteriades, E. S., Christophi, C. A., & Christiani, D. C. (2007). Emergency duties and deaths from heart disease among firefighters in the United States. *New England Journal of Medicine*, 356(12), 1207-1215.
- Kaminsky, L. A., Myers, J., & Arena, R. (2019). Determining cardiorespiratory fitness with precision: compendium of findings from the FRIEND registry. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 62(1), 76-82.
- Kim, S. (2015). ppcor: Partial and Semi-Partial (Part) Correlation.[R package]. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/ppcor/index.html>.
- Kim, S., Jeon, Y.-e., Ryu, H., Lee, M.-Y., & Chung, I. (2020). Related factors for preserving firefighter's pulmonary function. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 32.
- Kindinger, B. A. (2015). *Condição física dos bombeiros militares do curso de formação de soldado 2013 da região metropolitana de Curitiba-PR* Universidade Tecnológica Federal do Paraná].
- Kirk, B., Feehan, J., Lombardi, G., & Duque, G. (2020). Muscle, bone, and fat crosstalk: the biological role of myokines, osteokines, and adipokines. *Current osteoporosis reports*, 18(4), 388-400.
- Kiss, P., De Meester, M., Maes, C., De Vriese, S., Kruse, A., & Braeckman, L. (2014). Cardiorespiratory fitness in a representative sample of Belgian firefighters. *Occupational Medicine*, 64(8), 589-594.
- Krueger, D., Tanner, S. B., Szalat, A., Malabanan, A., Prout, T., Lau, A.,...Shuhart, C. (2023). DXA reporting updates: 2023 Official positions of the international society for clinical densitometry. *Journal of Clinical Densitometry*, 101437.
- Liguori, G., & Medicine, A. C. o. S. (2020). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Longo, C., Salema, A., Vieira, C., Caldeira, L., Oliveira, Y., & Almeida, A. (2008). Campanha" cuidar de quem cuida de nós" ou o estudo da saúde do bombeiro português: avaliação do impacto respiratório em corpos de 1ª

- intervenção de combate a incêndios (resultados de 2007). Congresso de Pneumologia,
- Louro, P. (2019). *Rede Principal de Serviços Operacionais dos Corpos de Bombeiros em Portugal Continental*
- MacDermid, J., Solomon, G., & Valdes, K. (2015). *Clinical assessment recommendations*. American Society of Hand Therapists.
- Machado, Q. B. (2017). Avaliação do perfil nutricional e nível de atividade física de bombeiros do Distrito Federal (DF). In C. U. d. B.-. UNICEUB (Ed.). Brasília.
- Malkin, I., Bigman, G., Matias, R., Kalichman, L., Seibel, M., Kobylansky, E., & Livshits, G. (2006). Age-related changes of bone strength phenotypes: observational follow-up study of hand bone mineral density. *Archives of Osteoporosis*, 1, 59-68.
- Marques, M. C. (2004). *O trabalho de força no alto rendimento desportivo: Da teoria à prática*.
- Martins, C. (2009). Composição corporal e função muscular. *Curitiba: Instituto Cristina Martins*.
- Matos, V. L. d. S. (2023). Relação entre a composição corporal e desempenho físico de alunos de cursos de formação do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.
- Matsudo, S. M., Matsudo, V. K., & de Barros Neto, T. L. (2000). Impacto do envelhecimento nas variáveis antropométricas, neuromotoras e metabólicas da aptidão física. *Revista brasileira de ciência e movimento*, 8(4), 21-32.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., & Katch, V. L. (2010). *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins.
- McGrath, R. P., Kraemer, W. J., Snih, S. A., & Peterson, M. D. (2018). Handgrip strength and health in aging adults. *Sports medicine*, 48, 1993-2000. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40279-018-0952-y>
- Medicine, A. C. o. S. (2013). *ACSM's health-related physical fitness assessment manual*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Miller, P. D. (2017). The history of bone densitometry. *Bone*, 104, 4-6.

- Miura, S., Iwamoto, H., Omori, K., Yamaguchi, K., Sakamoto, S., Horimasu, Y.,...Fujitaka, K. (2023). Preserved ratio impaired spirometry with or without restrictive spirometric abnormality. *Scientific Reports*, 13(1), 2988.
- Moreira Castilho, M., Behring Bianchi, A., Martins Junior, J., & Gomes Bertolini, S. M. M. (2016). CAPACIDADE FÍSICA DE BOMBEIROS MILITARES: IMACTO DO PROCESSO DE ENVELHECIMENTO. *Revista Inspirar Movimento & Saude*, 8(2).
- Moreira, D., Álvarez, R. R., de Gogoy, J. R., & Cambraia, A. d. N. (2003). Abordagem sobre preensão palmar utilizando o dinamômetro Jamar: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, 11(2), 95-100.
- Mottini, D. U., Cadore, E. L., & Kruel, L. F. M. (2008). Efeitos do exercício na densidade mineral óssea. *Motriz Revista de Educação Física-ISSN: 1980-6574*, 85-95.
- Myers, J., Kaykha, A., George, S., Abella, J., Zaheer, N., Lear, S.,...Froelicher, V. (2004). Fitness versus physical activity patterns in predicting mortality in men. *The American journal of medicine*, 117(12), 912-918.
- Nahas, M. V. (2001). Atividade física, saúde e qualidade de vida. *Londrina: Midiograf*, 3, 278.
- Nana, A., Slater, G. J., Stewart, A. D., & Burke, L. M. (2015). Methodology review: using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the assessment of body composition in athletes and active people. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 25(2), 198-215.
- Nogueira, E. C. (2014). A prevalência de sobrepeso, obesidade e seus riscos á saúde e aptidão física em bombeiros militares do Distrito Federal.
- Nogueira, E. C., Porto, L. G., Nogueira, R. M., Martins, W. R., Fonseca, R. M., Lunardi, C. C., & de Oliveira, R. J. (2016). Body Composition is Strongly Associated With Cardiorespiratory Fitness in a Large Brazilian Military Firefighter Cohort: The Brazilian Firefighters Study. *J Strength Cond Res*, 30(1), 33-38. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001039>

- Nogueira, R. M. (2024). Tendências temporais da aptidão cardiorrespiratória e da composição corporal de bombeiros militares brasileiros: uma análise comparativa entre princípios fisiológicos e ocupacionais.
- Nogueira, R. M., Saint Martin, D. R. F., & Barreto, K. A. RISCO CARDIOVASCULAR E O PAPEL DA APTIDÃO FÍSICA PARA O BOMBEIRO MILITAR-CARDIOVASCULAR RISK AND THE ROLE OF PHYSICAL FITNESS FOR THE MILITARY FIREMAN.
- Nogueira, R. M., Saint Martin, D. R. F., & Barreto, K. A. (2020). RISCO CARDIOVASCULAR E O PAPEL DA APTIDÃO FÍSICA PARA O BOMBEIRO MILITAR-CARDIOVASCULAR RISK AND THE ROLE OF PHYSICAL FITNESS FOR THE MILITARY FIREMAN.
- Nowak, A. M., Molik, B., Wójcik, A., Rutkowska, I., Nowacka-Dobosz, S., Kowalczyk, M., & Marszałek, J. (2018). Physical Activity and Injuries Relating to Physical Fitness of Professional Firefighters. *Advances in Rehabilitation*, 32(2), 13-22.
- Nunes, J., Carlos, B. J., Fernandes, D., Barros, J., Cerqueira, J., Magalhães, R.,...Zacca, R. FORÇA MUSCULAR GLOBAL PODE MITIGAR OS EFEITOS ADVERSOS DO TABAGISMO NA FUNÇÃO PULMONAR DE BOMBEIROS.
- Nunes, J., Carlos, B. J., Fernandes, D., Barros, J., Cerqueira, J., Magalhães, R.,...Zacca, R. (2024). FORÇA MUSCULAR GLOBAL PODE MITIGAR OS EFEITOS ADVERSOS DO TABAGISMO NA FUNÇÃO PULMONAR DE BOMBEIROS.
- Oliveira Junior, A. C. M. d. (2017). Padrões de aptidão física e qualidade de vida de bombeiros militares.
- Penrabel, R. P. M. (2015). Capacidade para o trabalho de bombeiros militares.
- Perez, A. J. (2013). Efeitos de diferentes modelos de periodização do treinamento aeróbio sobre parâmetros cardiovasculares, metabólicos e composição corporal de bombeiros militares. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 27, 363-376.

- Perroni, F., Cignitti, L., Cortis, C., & Capranica, L. (2014). Physical fitness profile of professional Italian firefighters: differences among age groups. *Appl Ergon*, 45(3), 456-461. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.06.005>
- Phan, L., McNeel, T. S., Jewett, B., Moose, K., & Choi, K. (2022). Trends of cigarette smoking and smokeless tobacco use among US firefighters and law enforcement personnel, 1992-2019. *Am J Ind Med*, 65(1), 72-77. <https://doi.org/10.1002/ajim.23311>
- Pollok, M. L., & Wilmore, S. (1993). Exercício na Saúde e na Doença. *Segunda edição. Ed Medsi. Rio de Janeiro.*
- Portugal, L. d. B. d. (2024, 5 de Fevereiro 2024). *Destaque para a atividade dos bombeiros no briefing do CCON*. Retrieved 26 de Agosto from <https://lbp.pt/destaque-para-a-atividade-dos-bombeiros-no-briefing-do-cccon/>
- Portugueses, L. d. B. (2024, 6 de Agosto de 2024). *Cerca de 5068 bombeiros por dia em ação*. <https://lbp.pt/cerca-de-5068-bombeiros-por-dia-em-acao/>
- Queiroga, M. R. (2005). *Testes e medidas para avaliação da aptidão física relacionada à saúde em adultos*. Guanabara Koogan.
- Raschka, C., Bambusek, D., & Türk, J. (2012). Anthropometrical and sport constitutional comparison between young firefighters (≤ 30 years) and sport students (≤ 30 years). *Papers on Anthropology*, 21, 246-255.
- Reis, M. M., & Arantes, P. M. M. (2011). Medida da força de preensão manual- validade e confiabilidade do dinamômetro saehan. *Fisioterapia e Pesquisa*, 18, 176-181.
- Ribeiro, G. M., do Nascimento, A. L., de Freitas Neto, E. S., & de Oliveira Pinheiro, E. T. (2023). A IMPORTÂNCIA DO EXAME DE DENSITOMETRIA ÓSSEA PARA O DIAGNÓSTICO E TRATAMENTO DA OSTEOPOROSE. *Revista Interdisciplinar da Meta*, 1(1), 13-25.
- Rodrigues, E. E. C. (2016). *Sistema de gestão da segurança contra incêndio e pânico nas edificações: fundamentação para uma regulamentação nacional* Universidade de Coimbra (Portugal)].

- Saint Martin, D. R. F. (2019). Avaliação objetiva do nível de atividade física, do comportamento sedentário e da aptidão cardiorrespiratória de bombeiros militares.
- Santos, F. M. N. d. *Programa de treino funcional para bombeiros*
- Santos, F. M. N. d. (2015). *Programa de treino funcional para bombeiros* Universidade da Beira Interior]. https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/5950/1/4667_9123.pdf
- Schlüssel, M. M., Anjos, L. d., & Kac, G. (2008). Hand grip strength test and its use in nutritional assessment. *Rev Nutr*, 21(2), 233-235.
- Shechtman, O., Gestewitz, L., & Kimble, C. (2005). Reliability and validity of the DynEx dynamometer. *Journal of hand therapy*, 18(3), 339-347.
- Sietsema, K. E., Stringer, W. W., Sue, D. Y., & Ward, S. (2020). *Wasserman & Whipp's: principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Silva, L. A. d. (2015). Conceitos de Atividade Física e Saúde. In.
- SIQUEIRA, V. D. S. (2018). Treinamento muscular respiratório: uma abordagem teórico-prática no contexto da promoção da saúde.
- Smith, D. L., DeBlois, J. P., Kales, S. N., & Horn, G. P. (2016). Cardiovascular strain of firefighting and the risk of sudden cardiac events. *Exercise and sport sciences reviews*, 44(3), 90-97.
- Sothmann, M., Gebhardt, D., Baker, T., Castello, G., & Sheppard, V. (2004). Performance requirements of physically strenuous occupations: validating minimum standards for muscular strength and endurance. *Ergonomics*, 47(8), 864-875.
- Sousa, T. C. (2014). *Estudo da inteligência emocional no exercício da atividade de bombeiro: subsídios para a promoção da saúde mental*
- “Spirometry: step by step”. V.C. Moore. Breathe 2012; 8: 232–240. (2022). *Breathe*, 18(3), 115217. <https://doi.org/10.1183/20734735.5217-2011>
- Team, R. C. (2021). A language and environment for statistical computing. (No Title).

- Teixeira, M. H. d. C. (2021). *Trabalho em emergência e riscos para o bem-estar: o caso dos bombeiros do concelho de Barcelos*
- Tuomi, K., Ilmarinen, J., Seitsamo, J., Huuhtanen, P., Martikainen, R., Nygård, C.-H., & Klockars, M. (1997). Summary of the Finnish research project (1981—1992) to promote the health and work ability of aging workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 66-71.
- Verzola, M. R., Vieira, G., & Petroski, E. L. (2009). Três meses de treinamento físico melhora a composição corporal e aptidão física de bombeiros. *Revista de Educação Física/Journal of Physical Education*, 78(146).
- Vicente, S. R. C. (2022). *A influência da idade e da composição corporal nos valores espirométricos na população adulta* Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Castelo Branco]. <https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/8059/1/TESESandralImpressãoFinal.pdf>
- Voser, R. d. C. (2006). Comparação da densidade mineral óssea entre homens de meia idade que exercem diferentes tipos de atividades profissionais.
- Wanger, J., Clausen, J., Coates, A., Pedersen, O., Brusasco, V., Burgos, F.,...Van Der Grinten, C. (2005). Standardisation of the measurement of lung volumes. *European respiratory journal*, 26(3), 511-522.
- Windisch, S., Seiberl, W., Schwirtz, A., & Hahn, D. (2017). Relationships between strength and endurance parameters and air depletion rates in professional firefighters. *Scientific reports*, 7(1), 44590.
- Xu, D., Song, Y., Meng, Y., István, B., & Gu, Y. (2020). Relationship between firefighter physical fitness and special ability performance: predictive research based on machine learning algorithms. *International journal of environmental research and public health*, 17(20), 7689.
- Yang, S., Liao, G., & Tse, L. A. (2023). Association of preserved ratio impaired spirometry with mortality: a systematic review and meta-analysis. *European Respiratory Review*, 32(170).

