

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

DIOGO VILELA FERREIRA

**AVALIAÇÃO FÍSICA DE BOMBEIROS: VALIDADE, CONFIABILIDADE E
PREDIÇÃO DE DESEMPENHO EM CENÁRIOS SIMULADOS DE RESGATE
VEICULAR E COMBATE A INCÊNDIO URBANO**

Tese apresentada como requisito parcial
para a obtenção do Título de Doutor em
Educação Física pelo Programa de Pós-
Graduação em Educação Física da
Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Amilton Vieira

Brasília

2024

DIOGO VILELA FERREIRA

**AVALIAÇÃO FÍSICA DE BOMBEIROS: VALIDADE,
CONFIABILIDADE E PREDIÇÃO DE DESEMPENHO EM
CENÁRIOS SIMULADOS DE RESGATE VEICULAR E COMBATE
A INCÊNDIO URBANO**

Tese apresentada como requisito parcial
para a obtenção do Título de Doutor em
Educação Física pelo Programa de Pós-
Graduação em Educação Física da
Universidade de Brasília.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. AMILTON VIEIRA – presidente

Universidade de Brasília

Prof. Dr. LUIZ GUILHERME GROSSI PORTO

Universidade de Brasília

Dr. VALDINAR DE ARAÚJO ROCHA JÚNIOR

Academia Nacional de Polícia – Departamento de Polícia Federal

Prof. Dr. ELISA FONTENELLE DUMANS CANETTI

Bond University – Austrália

Dr. EDUARDO FRIO MARINS (Suplente)

Polícia Rodoviária Federal

*À minha amada mulher Stephanie
e aos meus filhos Daniel, Liz e nossa bebê que está para nascer*

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter me guiado até aqui.

Ao amor da minha vida, minha esposa Stephanie, pelo companheirismo e paciência sobrenatural nessa longa e árdua missão. Os sacrifícios que eu fiz você também fez. Sem o seu amor e suporte eu não seria tão feliz. Nos momentos mais difíceis, quando a vontade fraqueja, eu me motivo por você e por nossa família. Te amo demais!

Aos meus pais, que me ensinaram o valor do estudo e do conhecimento, da ética e do trabalho duro. Pelos sacrifícios que fizeram para que me dedicasse ao estudo. Sou muito grato a Deus por ter escolhido vocês para serem meus pais.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Amilton. Por ter me escolhido seu orientando, pela confiança e dedicação ao meu treinamento e formação como pesquisador e por me motivar a buscar sempre o mais alto nível de excelência acadêmica.

Aos colegas do LPTF, em especial ao Rafael, Lucas, Victor e Carlos pela ajuda nas coletas e pelas discussões que ampliaram meu conhecimento.

Ao Tenente-Coronel Leal, por me dar suporte incondicional em diversas etapas profissionais e acadêmicas relacionadas a esse projeto. Ao senhor, que posso chamar também de amigo, minha mais reverente continência.

Aos meus irmãos de farda que participaram do estudo, por terem dedicado o seu tempo para me ajudar, a minha mais respeitosa continência. Vida por vidas!

E ao Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal e à Universidade de Brasília que tornaram tudo isso possível.

Epígrafe

“Nobody calls the Fire Department and says, ‘Send me two dumb-ass firemen in a pick-up truck’. In three minutes, they want five brain-surgeon decathlon champions to come out and solve their problems.”

Chief John Eversole, Chicago Fire Department

Resumo

Bombeiros militares devem atuar em cenários extremamente variados e de alta demanda física. Logo, manter níveis adequados de aptidão física é fundamental para garantir que os bombeiros tenham um desempenho seguro e eficaz. Entretanto, as justificativas para a escolha de alguns testes tradicionalmente utilizados pelos Corpos de Bombeiros no Brasil necessitam de respaldo científico. Além disso, ainda existem lacunas na literatura sobre a relação entre alguns parâmetros de aptidão física e o desempenho de bombeiros. Por esses motivos, o objetivo central dessa tese é desenvolver testes de aptidão física, válidos e confiáveis, relacionados às principais demandas operacionais de bombeiros brasileiros. Para atingir esse objetivo, foi realizada uma série de cinco estudos. O Capítulo I apresenta uma revisão narrativa da literatura sobre as principais demandas operacionais de bombeiros, a validade e confiabilidade de testes de aptidão física, e a relação entre diversas medidas de aptidão e o desempenho em tarefas simuladas. O Capítulo II apresenta o estudo de validação que identificou as tarefas essenciais desempenhadas por bombeiros do Distrito Federal. O Capítulo III investigou a confiabilidade teste-reteste e a *usefulness* das medidas do teste de simulação de tarefas de resgate veicular (RV) e combate a incêndio urbano (CIU) criado a partir das tarefas identificadas no estudo do Capítulo II. O Capítulo IV apresenta o estudo que avalia a confiabilidade teste-reteste de um novo protocolo de teste de resistência muscular localizada (RML), utilizando a carga ótima de potência. E o Capítulo V apresenta o último estudo dessa tese com o objetivo de (i) correlacionar medidas de aptidão física com o desempenho nos testes de RV e CIU; e (ii) identificar preditores de desempenho de bombeiros em cenários simulados de RV e CIU. Os achados dessa tese ampliam a compreensão e destacam a necessidade de implementar testes válidos e confiáveis para bombeiros. Além disso, os presentes achados mostram a importância de diversos parâmetros de aptidão física, em especial, a capacidade aeróbica, resistência muscular localizada e força relativa de membros inferiores (MMII), desempenho no salto vertical e composição corporal para o desempenho de bombeiros militares em cenários RV e CIU. Por fim, essa tese fornece uma base científica para melhorar os processos de seleção e monitoramento da aptidão física dos bombeiros, contribuindo para a otimização

do desempenho operacional com potencial de mitigar riscos relacionados à saúde, lesões e a segurança dos bombeiros.

Palavras-chave: Teste de aptidão física, análise da tarefa, desempenho ocupacional, carga ótima de potência.

Abstract

Firefighters must operate in extremely varied and physically demanding scenarios. Therefore, maintaining adequate levels of physical fitness is essential to ensure that firefighters perform safely and effectively. However, the rationale for selecting some tests traditionally used by Fire Departments in Brazil requires scientific support. Moreover, there are still gaps in the literature regarding the relationship between some physical fitness parameters and firefighter performance. For these reasons, the main objective of this thesis is to develop valid and reliable physical fitness tests related to the main operational demands of Brazilian firefighters. To achieve this objective, a series of five studies were conducted. Chapter I presents a narrative review of the literature on the main operational demands of firefighters, the validity and reliability of physical fitness tests, and the relationship between various fitness measures and performance in simulated tasks. Chapter II presents the validation study that identified the essential tasks performed by firefighters in the Federal District, Brazil. Chapter III investigated the test-retest reliability and usefulness of the measures from the road crash rescue (Crash) and urban firefighting (Fire) task simulation tests created based on the tasks identified in the Chapter II study. Chapter IV presents the study that evaluates the test-retest reliability of a new protocol for local muscular endurance (LME) testing, using the optimal power load. Chapter V presents the final study of this thesis, aiming to (i) correlate physical fitness measures with performance in the Crash and Fire tests; and (ii) identify predictors of firefighter performance in simulated Crash and Fire scenarios. The findings of this thesis expand the understanding and highlight the need to implement valid and reliable tests for firefighters. Additionally, the present findings show the importance of various physical fitness parameters, particularly aerobic capacity, local muscular endurance, and relative lower limb strength, vertical jump performance, and body composition for the performance of military firefighters in Crash and Fire scenarios. Finally, this thesis provides a scientific basis for improving the selection and monitoring processes of firefighter physical fitness, contributing to the optimization of operational performance with the potential to mitigate risks related to health, injuries, and firefighter safety.

Key words: *Physical fitness test, job task analysis, occupational performance, optimal power load.*

Lista de figuras

Figura 1. Número de atendimentos realizados pelo CBMDF entre os anos de 2017 e 2022, por categoria.	32
Figura 2. Percentual de atendimentos realizados pelo CBMDF por categoria ...	32
Figura 3. Modelo de decisão dicotômica	63
Figura 4. Percentual de resposta pra cada pontuação (1 - 5) na escala de Likert no domínio da importância para todas as tarefas.	67
Figura 5. Percentual de resposta pra cada pontuação (1 - 5) na escala de Likert no domínio da frequência para todas as tarefas.	68
Figura 6. Percentual de resposta pra cada pontuação (1 - 5) na escala de Likert no domínio da demanda física para todas as tarefas.....	69
Figura 7. (a) Coeficiente de variação (CV) e (b) intraclass correlation coeficiente (ICC) dos testes de simulação de tarefas.	89
Figura 8. Desenho experimental. MNR = máximo número de repetições.	98
Figura 9. Desenho experimental.	113
Figura 10. Desenho experimental. MNR: máximo número de repetições.	116
Figura 11. Variáveis correlacionadas com o desempenho no RV, CIU e Total..	124

Lista de tabelas

Tabela 1. Descrição dos estudos que compõem a tese.....	22
Tabela 2. Prós e contras dos diferentes tipos de TAF.....	39
Tabela 3. Tipos de validade de testes.....	42
Tabela 4. Características dos participantes.	64
Tabela 5. As médias das avaliações relatadas para cada tarefa estão em ordem decrescente de média geral de importância, frequência e esforço físico.....	65
Tabela 6. Lista final de tarefas identificadas.	73
Tabela 7. Parâmetros de confiabilidade teste-reteste no teste de simulação de tarefas.....	88
Tabela 8. Confiabilidade das variáveis de RML no supino.....	102
Tabela 9. Confiabilidade das variáveis de RML no agachamento.....	104
Tabela 10. Medidas de aptidão física testadas.	122
Tabela 11. Medidas de desempenho e psicofisiológicas nos testes de simulação de tarefas.....	123
Tabela 12. Modelo preditivos para o tempo no RV.	125
Tabela 13. Modelo preditivo para o tempo no CIU.....	126
Tabela 14. Modelo preditivo para o tempo combinado dos testes de RV e CIU.	126

Lista de siglas

1-RM	Uma repetição máxima
CBM	Corpo de Bombeiros Militar
CBMDF	Corpo de Bombeiros Militar Distrito Federal
CGA	Componentes gerais da aptidão física
CIF	Combate a incêndio florestal
CIU	Combate a incêndio urbano
CPAT	<i>Candidate Physical Ability Test</i>
CV	Coeficiente de variação
DEXA	Absorimetria de raio-X de dupla energia
DF	Distrito Federal
DP	Desvio padrão
EPI	Equipamento de proteção individual
EPM	Erro padrão de medida
EPR	Equipamento de proteção respiratória
ET	Erro típico de medida
F0	Força máxima teórica
FC	Frequência cardíaca
ICC	<i>Intraclass correlation coefficient</i>
IF	Índice de fadiga
IMC	Índice de massa corporal
MC	Massa corporal
MMII	Membros inferiores
MMSS	Membros superiores

MNR	Máximo número de repetições
MWC	<i>Moderate worthwhile change</i>
PIB	Produto interno bruto
PL%	Perda de velocidade percentual
PM	Potência média
Pmáx	Potência máxima
PSE	Percepção subjetiva de Esforço
R20%	Percentual de repetições completadas até 20% de perda de velocidade
RML	Resistência muscular localizada
SWC	<i>Smallest worthwhile change</i>
TAF	Teste de aptidão física
TT	Trabalho total
v0	Velocidade máxima teórica
VMP	Velocidade média propulsiva
$\dot{V}O_2$	Consumo de oxigênio
vPmáx	Velocidade da potência máxima
V _{últ}	Velocidade média propulsiva da última repetição

Sumário

1. Introdução	17
1.1. Objetivos e visão geral da tese.....	21
CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA	24
1. Introdução.....	25
1.1. Combate a incêndio urbano.....	26
1.2. Sobrecarga de equipamentos.....	27
1.3. Incêndio florestal	29
1.4. Salvamento aquático	30
1.5. Salvamento em altura.....	30
1.6. Resgate veicular	30
2. Porque avaliar a aptidão física de bombeiros?	34
3. Como avaliar a aptidão física de bombeiros?	37
3.1. Validade de testes físicos	42
3.2. Confiabilidade de testes físicos	47
4. Relação entre medidas de aptidão física e o desempenho em tarefas de bombeiros	49
CAPÍTULO II - IDENTIFICANDO AS TAREFAS MAIS IMPORTANTE, FREQUENTES E FISICAMENTE EXIGENTES DE BOMBEIROS BRASILEIROS.....	56
Resumo.....	57
1. Introdução.....	58
2. Métodos.....	59
2.1. Desenho do estudo.....	59
2.2. Contexto	60
2.3. Procedimentos.....	60
2.4. Análise estatística.....	61

3. Resultados	63
4. Discussão	74
4.1. Força e limitações do estudo	77
5. Conclusões	78
CAPÍTULO III - CONFIABILIDADE TESTE-RETESTE E <i>USEFULNESS</i> DE UM NOVO PROTOCOLO DE TESTES DE TAREFAS SIMULADAS DE BOMBEIROS	80
Resumo.....	81
1. Introdução.....	82
2. Materiais e métodos	83
2.1. Desenho experimental.....	83
2.2. Participantes	83
2.3. Teste de Simulação de Tarefas.....	84
2.4. Teste de simulação de resgate veicular	84
2.5. Teste de simulação de combate a incêndio urbano (CIU).....	85
2.6. Análise estatística.....	86
3. Resultados	87
4. Discussão	89
5. Conclusão	91
CAPÍTULO IV - INVESTIGANDO A CONFIABILIDADE DE UM NOVO TESTE DE RESISTÊNCIA MUSCULAR USANDO A CARGA DE POTÊNCIA ÓTIMA	94
Resumo.....	95
1. Introdução.....	96
2. Materiais e Métodos	97
2.1. Desenho do Estudo	97
2.2. Participantes	98
2.3. Teste de Carga incremental para Determinação da Carga Ótima de Potência.....	99

2.4. Teste de resistência muscular localizada.....	100
2.5. Análise estatística.....	100
3. Resultados	101
4. Discussão	106
5. Conclusão	107
CAPÍTULO V – CORRELAÇÃO ENTRE MEDIDAS DE APTIDÃO FÍSICA E MODELOS PREDITORES DE DESEMPENHO DE BOMBEIROS EM TESTES SIMULADOS DE RESGATE VEICULAR E COMBATE A INCÊNDIO URBANO	109
Resumo.....	110
1. Introdução.....	111
2. Materiais e Métodos	112
2.1. Desenho do estudo.....	112
2.2. Participantes	113
2.3. Composição corporal	114
2.4. Teste de salto vertical	114
2.5. Testes de campo de aptidão física.....	115
2.6. Teste de carga incremental.....	116
2.7. Teste de resistência muscular localizada.....	118
2.8. Testes de simulação de tarefas	118
2.9. Teste de simulação de resgate veicular	119
2.10. Teste de simulação de combate a incêndio urbano (CIU)	120
2.11. Análise estatística	121
3. Resultados	122
3.1. Análises de regressão múltipla	125
4. Discussão	127
4.1. Pontos fortes e limitações do estudo	129
5. Conclusão	130

CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO, PRINCIPAIS ACHADOS, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES.....	132
1. Conclusão e principais achados.....	132
2. Limitações.....	133
3. Recomendações.....	135
Referências.....	136
Apêndice 1.....	159
Apêndice 2.....	163
Anexo 1.....	164
Anexo 2.....	165
Anexo 3.....	166

1. Introdução

Os Corpos de Bombeiros são destinados a responder a eventos extremos, inclusive com potencial de exceder a sua capacidade de resposta. Portanto, bombeiros devem se preparar para atuar em cenários voláteis, incertos, complexos e ambíguos que demandam alto nível de preparo técnico, tático, mental e físico (1,2). No Brasil, dentre as atribuições dos Corpos de Bombeiros Militares (CBM), definidas pela Constituição Federal (3), estão: operações de busca e salvamento, manuseio de materiais perigosos, atendimento pré-hospitalar, combate a incêndios estruturais e florestais. Adicionalmente, os CBM do Brasil são instituições militares estaduais e Forças Auxiliares e reserva do Exército (3), logo, recebem treinamento militar e podem ser empregados em situações de guerra, se necessário.

Durante o serviço operacional, bombeiros desempenham tarefas fisicamente exigentes e em cenários extremamente variados, em termos de duração, nível de esforço, estresse físico, ambiental, mental e senso de urgência (4–8). Por esses motivos, o desempenho operacional de bombeiros é influenciado por diversos fatores como experiência, habilidades técnicas, competências táticas, mentais e aptidão física (9–11). *Ceteris paribus*¹, o bombeiro com maior nível de aptidão física tem mais chances de sucesso no cumprimento do seu dever: “Vidas alheias e riquezas salvar”. A importância da aptidão física vai além da manutenção do desempenho operacional desejável, visto que níveis inadequados de aptidão física aumentam a probabilidade de bombeiros serem acometidos de lesões (12–15), doenças crônicas (16–18), morte cardíaca súbita (19–21), além de expor o bombeiro e civis a situações que ameacem a vida. Conseqüentemente, não há dúvidas de que uma boa aptidão física é um pré-requisito fundamental para o desempenho seguro e eficaz dos bombeiros.

Para avaliar o nível de condicionamento físico de bombeiros os Corpos de Bombeiros aplicam testes de aptidão física (TAF) como critério de seleção e

¹ Expressão em latim que significa "todas as outras coisas sendo iguais" ou "mantidas constantes". É frequentemente usada em contextos acadêmicos e estatísticos para indicar que apenas uma variável está sendo considerada, enquanto todas as outras são assumidas como constantes. Isso ajuda a isolar o efeito de uma variável específica em um experimento, análise estatística ou modelo, mantendo as demais condições inalteradas.

monitoramento. Entretanto, não foram encontrados estudos que investigaram a validade e confiabilidade de testes físicos específicos para bombeiros no Brasil. Essa lacuna é extremamente relevante no contexto de avaliação da aptidão física em profissões fisicamente exigentes. Isso porque a maioria dos testes utilizam critérios dicotômicos de avaliação (apto/inapto) e a determinação da validade e confiabilidade das medidas podem influenciar as taxas de aprovação nos testes. Muitos estudos investigaram a relação entre diversos componentes de aptidão física e o desempenho operacional de bombeiros (5,8,22–25). Porém, devido à natureza extremamente variável dos cenários de atuação, avaliar o desempenho operacional de bombeiros é bastante desafiador. Ainda assim, diversos estudos foram realizados com o objetivo de desenvolver e validar testes de avaliação de aptidão física de bombeiros, baseados na execução de tarefas simuladas (26–37). Entretanto, no Brasil, os parâmetros de avaliação da aptidão física de bombeiros permaneceram praticamente inalterados ao longo da história. Aqui, os CBM utilizam majoritariamente TAF tradicionais que avaliam componentes gerais da aptidão física (CGA) para selecionar e reter bombeiros, ao invés, de avaliar o desempenho durante a execução de tarefas critério. As exceções são o CBM de São Paulo e do Paraná que utilizam alguns testes de tarefas simuladas. No entanto, a literatura na área de padrões de empregabilidade para profissões fisicamente exigentes recomenda a utilização de testes baseados na análise da tarefa, ou seja, que reflitam as principais demandas da profissão (38–41). Nesse sentido, não foram encontrados estudos que justifiquem a escolha dos testes e os critérios de avaliação física voltados para o desempenho profissional utilizados pelos CBMs do Brasil nos TAF.

Os métodos de análise da tarefa geralmente avaliam as principais demandas da profissão em quatro domínios: importância, frequência, demanda física e duração (40,42). Um aspecto importante a ser considerado durante a análise da tarefa diz respeito aos tipos de chamados mais frequentes, pois eles podem variar entre países ou regiões. Por isso, é fundamental desenvolver testes que avaliem o desempenho operacional de forma contextualizada, a fim de identificar os preditores de desempenho. Nesse sentido, a maioria dos estudos investigou a relação entre parâmetros de aptidão física e o desempenho em simulações de combate a incêndio urbano (CIU) (22–25,43–46). Contudo, no

Brasil, o número de chamados relacionados a acidentes automobilísticos é uma grande preocupação. Especificamente, no Distrito Federal, aproximadamente 5% dos atendimentos são relacionados ao CIU, ao passo que 25% são relacionados a acidentes automobilísticos (47). Em contraste, Na Itália (46) e nos Estados Unidos da América (48), por exemplo, acidentes automobilísticos correspondem a 7% e 5% do total de chamados, respectivamente. Talvez, por esse motivo, poucos estudos investigaram a relação entre medidas de aptidão física e o desempenho em cenários de emergência envolvendo acidentes automobilísticos. Essas questões destacam a importância de desenvolver testes válidos e que reflitam as principais demandas dos bombeiros brasileiros.

Em relação ao CIU, os estudos que investigaram a relação entre a aptidão física e o desempenho operacional mostram que a aptidão aeróbia (4,25,43,44,49–53), anaeróbia (53–58), composição corporal (5,44,59–62), força (53,55,56,58,63,64) e resistência (59,60,64–67) muscular estão relacionadas ao desempenho no CIU. No entanto, existem algumas divergências e lacunas na literatura relacionados a potência e resistência muscular. Alguns estudos mostraram que o desempenho no salto horizontal e vertical estão relacionados com o desempenho no CIU (58,66,68). Porém, Windisch et al. (69) e Chizewisk et al. (65) não encontraram correlação significativa entre o salto horizontal e o CIU. A falta de padronização nos protocolos de teste dificulta as comparações. Por isso mais estudos são necessários para investigar a relação entre o desempenho no salto e o desempenho operacional de bombeiros.

Outras lacunas na literatura, dizem respeito à relação entre a resistência muscular localizada (RML) e o desempenho operacional de bombeiros. A relação entre a RML de membros superiores (MMSS) e o desempenho operacional bombeiros já está bem estabelecida na literatura (4,25,35,59,60,63–65,67,70,71), com a maioria dos estudos empregando o teste de flexão. Porém, poucos estudos avaliaram a RML em membros inferiores (MMII) (9,55,56,63,72). Diversos fatores influenciam as medidas de RML incluindo a seleção do exercício (*e.g.*, multi ou monoarticular, isotônico, isoinercial) (73), a ação muscular (isométrica, excêntrica, concêntrica) (74), a amplitude de movimento (total ou parcial), o tempo sob tensão e cadência (75,76), e a carga de teste absoluta ou relativa (73,77). Devido à

praticidade e ao baixo custo, os testes que utilizam a massa do próprio corpo são amplamente utilizados pelos CBMs para avaliar a RML. Contudo, testes dessa natureza dificultam as comparações entre indivíduos com massas corporais diferentes. Alternativamente, a carga de teste pode ser relativa à capacidade máxima individual (e.g., % de 1-RM). Cargas leves a moderadas ($\leq 60\%$ 1-RM) têm sido utilizadas para medir a RML, embora não haja consenso sobre a escolha da carga. Porém, essa abordagem exige a realização do teste de 1-RM, que demanda tempo e pode oferecer riscos, especialmente para indivíduos não familiarizados com treinamento de força, aumentando o risco de lesões (78). Além disso, estudos mostram que o desempenho físico esportivo está mais ligado a produção de potência do que a capacidade de força máxima (79–81). Logo, é razoável especular que, assim como o desempenho esportivo, o desempenho ocupacional em profissões fisicamente exigentes também está relacionado à produção de potência. Nesse sentido, estudos mostram que a RML está relacionada à capacidade de manter a produção de potência (i.e., resistência à fadiga) sugerindo que seria mais apropriado utilizar cargas que considerem a produção de potência individualizada para medir a RML (4). Porém, ainda não há consenso quanto a carga mais adequada para avaliar a RML. Dessa maneira, mais estudos são necessários para compreender melhor a relação as medidas de RML e o desempenho de bombeiros, especialmente de membros inferiores. Dois estudos (9,56) encontraram correlações moderadas entre o número de repetições máximas no agachamento e o desempenho em tarefas CIU. Outros estudos (54,62) investigaram a relação entre o número de repetições máximas no *leg press* e o desempenho no *Candidate Physical Ability Test*² (CPAT), e também apontaram correlações moderadas entre a RML e o desempenho ocupacional.

No que diz respeito aos protocolos de avaliação física de bombeiros, grande parte dos estudos que avaliaram a aptidão muscular utilizaram testes de campo (25,43,64). Apesar dos testes de campo serem mais práticos e de baixo custo, testes laboratoriais (e.g., plataforma de força e transdutor linear de velocidade) podem medir mais variáveis, revelando relações não observadas.

² Teste de simulação de tarefas de combate a incêndio urbano, amplamente utilizado nos Corpos de Bombeiros dos Estados Unidos da América para a seleção de recrutas.

Portanto, o uso de testes laboratoriais proporcionaria uma compreensão mais ampla sobre a aptidão muscular associada ao desempenho dos bombeiros .

Assim, mais estudos são necessários para compreender melhor a relação entre a aptidão muscular e o desempenho operacional de bombeiros em diferentes cenários de emergência. Preencher as lacunas na literatura é importante para o desenvolvimento de testes de aptidão física e programas de treinamento adequados para essa população.

1.1. Objetivos e visão geral da tese

O objetivo central dessa tese é desenvolver testes de aptidão física, válidos e confiáveis, relacionados às principais demandas operacionais de bombeiros brasileiros. Para atingir esse objetivo, foi realizada uma série de cinco estudos. O problema de pesquisa que motivou a presente tese deriva da seguinte pergunta: Quais testes de aptidão física são mais adequados para avaliar o desempenho operacional bombeiros militares brasileiros? Para responder essa pergunta será apresentada no Capítulo I uma revisão narrativa da literatura sobre as principais demandas operacionais, a validade e confiabilidade de testes de aptidão física, e as relações entre medidas de aptidão física e desempenho em tarefas simuladas de bombeiros. O Capítulo II apresenta o estudo de validação de conteúdo que identificou as tarefas operacionais essenciais executadas por bombeiros militares do Distrito Federal. O Capítulo III apresenta os resultados de confiabilidade teste-reteste de um novo teste de avaliação física de bombeiros, baseado nos achados do Capítulo II. Considerando a relevância da aptidão muscular nas demandas operacionais dos bombeiros, o Capítulo IV aborda lacunas na literatura sobre a testagem da RML e apresenta o estudo que avaliou a confiabilidade teste-reteste de uma nova proposta de teste de RML para os membros superiores e inferiores. Por fim, o Capítulo V apresenta o estudo que investigou a correlação e o poder preditivo de componentes gerais da aptidão física sobre o desempenho em testes de tarefas simuladas de resgate veicular e combate a incêndio urbano. A Tabela 1 abaixo, apresenta o resumo dos cinco estudos que compõem a presente tese.

Tabela 1. Descrição dos estudos que compõem a tese.

Estudo	Objetivo	Desenho experimental	Amostra
1	Revisar a literatura sobre as principais demandas operacionais, a validade e confiabilidade de testes de aptidão física e as relações entre parâmetros de aptidão física e desempenho em tarefas simuladas de bombeiros.	Revisão narrativa de literatura	Não se aplica
2	Identificar as tarefas mais frequentes, importantes e fisicamente exigentes executadas por bombeiros militares do Distrito Federal.	Validação de conteúdo	n = 524 bombeiros da ativa
3	Avaliar a confiabilidade teste-reteste do novo teste de tarefas simuladas de bombeiros.	Teste-reteste	n = 25 bombeiros homens da ativa
4	Avaliar a confiabilidade teste-reteste de uma nova abordagem de teste de resistência muscular localizada de membros superiores e inferiores, usando a carga de potência ótima.	Teste-reteste	n = 16 homens adultos com experiência em TF
5	Identificar os preditores de aptidão física do desempenho de bombeiros em cenários simulados de retirada de vítimas de acidentes automobilísticos e incêndios estruturais.	Transversal correlacional	n = 25 bombeiros homens da ativa

Capítulo I

CAPÍTULO I – REVISÃO DE LITERATURA

O primeiro passo para desenvolver testes de aptidão física para bombeiros é compreender as principais demandas da profissão. Nesse sentido, diversos estudos(6,8,69,82–86) investigaram as demandas físicas e alterações fisiológicas em cenários de emergência e identificaram as tarefas essenciais da profissão. Porém, as demandas impostas aos bombeiros variam em função da localidade dos Corpos de Bombeiros. Portanto, é necessário estudá-las de forma contextualizada. Baseado nesses estudos, é possível desenvolver testes mais adequados para avaliar a aptidão física desses profissionais. Contudo, as inúmeras atribuições dos bombeiros impõem muitos desafios em identificar, selecionar e desenvolver esses testes. Assim, o presente capítulo apresenta uma revisão narrativa de literatura sobre as principais demandas operacionais, aborda a validade e confiabilidade de testes de aptidão física e as relações entre parâmetros de aptidão física e desempenho em tarefas simuladas de bombeiros. O objetivo é contextualizar o leitor sobre o tema, apresentando algumas lacunas na literatura que serão abordadas nos capítulos subsequentes.

1. Introdução

Ao contrário da maior parte das profissões, que se tornaram cada vez mais sedentárias com os avanços tecnológicos, as demandas físicas da profissão de bombeiro sofreram relativamente poucas mudanças com o passar do tempo (87). Na verdade, apesar de alguns avanços tecnológicos terem tornado algumas atividades menos desgastantes (*e.g.*, diminuição da massa de alguns equipamentos e melhora da transferência de calor de roupas de proteção), algumas mudanças aumentaram a quantidade ou a massa de outros equipamentos. Além disso, o aprimoramento dos equipamentos de proteção individual (EPIs) permitiu ao bombeiro permanecer mais tempo dentro do incêndio, conseqüentemente, aumentando o tempo de exposição às condições ambientais extremas (88). Adicionalmente, a massa de alguns EPIs aumentou devido a adição de mais recursos ou materiais mais resistentes (*e.g.*, adição de engate carona para resgate de bombeiros, sistema elétrico de alarme de “homem morto” e câmeras térmicas) (89). A utilização de equipamentos de proteção respiratória (EPR) com maior capacidade (*i.e.*, cilindros maiores de ar respirável) aumentaram o tempo de trabalho em ambientes contaminados às custas da adição de mais carga e mais tempo de exposição a ambientes extremos (90). Recentemente foram desenvolvidas ferramentas hidráulicas para as atividades de extricação³ veicular movidas a bateria. Essa mudança proporciona maior mobilidade e agilidade em comparação com àquelas que funcionam conectadas a um motor a combustão. Porém, as ferramentas à bateria podem pesar até 6 kg a mais em comparação com as ferramentas à combustão. Essas mudanças podem aumentar consideravelmente a sobrecarga sobre esses profissionais.

Além disso, mudanças estruturais nas edificações alteraram substancialmente as características dos incêndios aumentando ainda mais as exigências sobre os bombeiros. Por exemplo, ao longo dos últimos 50 anos observou-se que os cômodos ficaram mais abertos (facilitando a propagação do incêndio) e os móveis passaram a ser compostos majoritariamente por materiais sintéticos (polímeros e derivados de petróleo) (91). O estudo de Kerber (91)

³ Procedimento operacional que envolve o tratamento, o acondicionamento e a extração de vítimas encarceradas em veículos acidentados.

demonstrou que o *flashover*⁴ em um incêndio residencial com móveis dos anos 1950 e 60 (feitos com materiais orgânicos) acontece entre 29 - 34 min. Por outro lado, incêndios em um cômodo com mobília contemporânea, o *flashover* aconteceu entre 3 min 30 seg e 4 min 45 seg (91). Esses fatores aumentam sobremaneira a velocidade de propagação do incêndio e a probabilidade deste atingir outros cômodos do imóvel. Dessa forma, é necessária uma atuação rápida dos bombeiros para controlar, extinguir o incêndio e resgatar possíveis vítimas.

O estresse físico, fisiológico, psicológico e ambiental imposto aos bombeiros é tão significativo que a principal causa de morte de bombeiros em serviço nos EUA é devido a morte cardíaca súbita (19,21,92,93). Por isso, um crescente número de evidências destaca as principais alterações fisiológicas decorrentes das atividades operacionais de bombeiros.

1.1. Combate a incêndio urbano

A maioria dos estudos investigaram as demandas físicas e alterações fisiológicas relacionadas ao CIU. Para o CBMDF, o CIU envolve incêndios estruturais em residências, comércio, indústrias, depósitos, rede elétrica, veículos, lixo e entulhos (47). Em atividades de CIU é comum o bombeiro realizar tarefas que exigem esforço máximo (22,27,70,94,95), por períodos prolongados (6,22,82,85,96,97) e sob temperaturas extremas (> 200 °C) (50,98–102). Em testes simulados e emergência reais, a frequência cardíaca (FC) média pode alcançar valores acima de 80% da FC máxima (57,66,96,103) e a FC pico pode chegar a valores máximos ou próximo do máximo (96,97,103–105). A revisão sistemática com meta-análise de Nazari et al. (2021) mostrou que, em simulados de CIU, a estimativa agrupada do percentual da FC pico foi de 87% [IC 95%: 79 – 94] e do % do $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ de 64% [IC 95%: 71 – 87]. Outros estudos mostram que o consumo de oxigênio ($\dot{V}O_2$) pode variar entre 47 a 100% do máximo (22,44,50,94,106), a concentração de lactato sanguíneo pode atingir valores entre 7 e 13 mmol/L (22,94,107) e quociente respiratório > 1 (57,96). Esses estudos destacam a sobrecarga fisiológica imposta a bombeiros nesse tipo de atividade.

⁴ Fenômeno de transição do incêndio em ambiente confinado, onde a superfície de todos os materiais combustíveis entra simultaneamente em ignição, caracterizando uma “generalização” do incêndio no cômodo.

1.2. Sobrecarga de equipamentos

As demandas fisiológicas observadas durante a atuação dos bombeiros são similares a algumas demandas observadas em atletas de diversas modalidades esportivas (108–110). Contudo, diferentemente de atletas, bombeiros são expostos a diversos fatores ambientais como temperaturas extremas ($> 200\text{ }^{\circ}\text{C}$) e gases tóxicos presentes na fumaça do incêndio. Por esses motivos, bombeiros devem utilizar EPIs e equipamentos de proteção respiratória (EPRs), para executar suas tarefas de CIU com segurança. O mesmo vale para outros cenários de emergência (e.g., resgate veicular) onde os bombeiros devem utilizar EPIs resistentes a abrasão, perfuração, agentes químicos e biológicos. Entretanto, esses equipamentos exercem uma sobrecarga adicional sobre esses profissionais (89,102,111–119). Por exemplo, a massa somada dos EPIs e EPR podem chegar a ~25 kg. Para indivíduos com menor massa (e.g. 60 kg) essa sobrecarga representa ~40% da sua massa corporal. Além disso, a sobrecarga de equipamentos afeta o equilíbrio (120,121), a postura e a marcha (122–124) e aumenta consideravelmente o consumo de oxigênio, gasto energético e fadiga (89,102,106,111–119). Além do uso de EPIs, bombeiros frequentemente precisam carregar ou puxar outros equipamentos com massa entre 18 e 45 kg (e.g, mangueiras e ferramentas hidráulicas). Bombeiros também realizam o transporte de vítimas ou corpos, por vezes, em lugares remotos e de difícil acesso, e por distâncias e terrenos variados, o que aumenta ainda mais a sobrecarga sobre eles (125).

Nesse sentido, o estudo de Borghols et al. (126) mostrou que, em um teste incremental na esteira, para cada 1 kg extra de sobrecarga há um aumento médio de 1,1 batimento por minuto (bpm) na FC, 33,5 ml/min no consumo de oxigênio e 0,6 l/min na ventilação pulmonar. Em bombeiros, a sobrecarga de equipamentos pode provocar aumentos de 20-25% o gasto energético (46), de 38-45% no tempo de execução de circuito de tarefas simuladas (89,119), além de uma diminuição de ~1% no $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ para cada 1 kg de sobrecarga de equipamento (entre 10 e 20 kg) (111). Adicionalmente, a sobrecarga de EPIs e EPR durante exercícios físicos intensos gera diminuição significativa na área das cavidades cardíacas durante a sístole e diástole e reduções no volume plasmático sanguíneo, em comparação

com o repouso (127). Esses estudos reforçam a importância da manutenção de níveis adequados de aptidão cardiorrespiratória para essa população.

Similar aos decréscimos na potência aeróbia, diversos estudos com policiais (128–132) e militares (116,131,133,134) mostram que a sobrecarga de equipamentos prejudica o desempenho neuromuscular. Em bombeiros, foram encontrados apenas dois estudos (135) que avaliaram a influência dos EPIs no desempenho neuromuscular. Winkelmann *et al.* (135) encontraram uma diminuição média de 21% (98 cm) no desempenho do salto triplo com a perna dominante, utilizando EPIs (11 kg). Recentemente, utilizando EPIs com ~23 kg, um estudo observou diminuições de 59% na força de preensão manual, de 11% na potência pico no salto vertical, 49% na potência média no teste de Margaria-Kalamen e aumento de 18% no tempo no teste de *shuttle run* de 300 jardas (136). Esses estudos sugerem que bombeiros também devem desenvolver sua aptidão anaeróbia e neuromuscular para melhorar o seu desempenho operacional.

Além da sobrecarga de equipamentos, simulações de CIU com fogo real exercem estresse fisiológico adicional. Durante as simulações em contêineres, a temperatura do ar pode variar entre 80 °C (piso) a 1200 °C a 2,3 – 2,4 m (teto) (91,98,101). A 90 cm do piso (altura média do ombro de um bombeiro na posição ajoelhada), a temperatura pico do ar pode chegar a ~300 °C (101). Já as temperaturas picos medidas na camada externa e interna do EPI atingem valores de 200 °C e 80 °C, respectivamente (101). Dentre as principais alterações observadas em situações de combate com fogo real, estão: aumento da temperatura corporal interna (1 a 1,9 °C) (83,98–100,102), desidratação (0,5 a 1,3 kg perda de MC) (100,137), aumento da viscosidade sanguínea (138), aumento na formação de trombos (100), aumento do tempo de reação (139), diminuição da capacidade cognitiva (82,139–141) e de tomada de decisão (142). Em simulações de CIU sem fogo, um estudo mostrou que o tempo nas intensidades correspondentes às zonas fisiológicas Z1, Z2 e Z3 foi de 25%, 66% e 9%, respectivamente (50). Já para a simulação com fogo o tempo nessas zonas foi de 16%, 51% e 33%, respectivamente (50). Outro importante aspecto observado em simulações de CIU com fogo real são as alterações significativas na função cardíaca. Após uma simulação de CIU com fogo real, Fernhall *et al.* (84) mostrou

diminuições significativas na dimensão diastólica final do ventrículo esquerdo, fração de ejeção do ventrículo esquerdo e volume de ejeção. Smith et al. (143), mostraram arritmias ventriculares em 20% dos bombeiros e alterações no segmento ST indicativas de infarto agudo do miocárdio em 16% dos bombeiros. Entretanto, os autores reforçam essas alterações fisiológicas podem ser normais em alguns indivíduos, em situações de elevado esforço físico, e não implicam necessariamente em uma doença ou risco cardíaco.

Esses resultados mostram que bombeiros estão frequentemente submetidos a condições extremas no CIU que prejudicam o seu desempenho e ameaçam a sua integridade física. Por isso, é imperativo a manutenção de níveis adequados de aptidão física para suportar as demandas desse tipo de cenário.

1.3. Incêndio florestal

Durante o combate a incêndios florestais (CIF) o tempo de atuação é extremamente variado, podendo ser >11 h (144,145), percorrendo em média 5km, muitas vezes em terrenos acidentados (146), e expostos a altas temperaturas ~80 °C (147). Dentre as principais demandas e alterações fisiológicas relacionadas ao CIF destacam-se: sobrecarga de equipamento (~20 kg), elevada FC média (~169 bpm) (148) e aumento da temperatura corporal interna (1,1 a 1,7 °C) (144). O estudo de Rodríguez-Marroyo et al. (2011) (149) analisou o tempo gasto nas intensidades correspondentes às zonas fisiológicas Z1, Z2 e Z3, em bombeiros espanhóis, executando diferentes táticas de combate. Na técnica de combate com ataque direto, o tempo total de combate foi de 160 ± 8 min com 68%, 25% e 7%, gastos em Z1, Z2 e Z3, respectivamente. No ataque indireto, o tempo total foi de 175 ± 13 min e 85%, 11% e 4% nas três zonas, respectivamente. E no ataque combinado, o tempo total foi de 158 ± 8 min com 67%, 26% e 7% nas três zonas, respectivamente. O gasto energético durante o CIF pode variar de $17 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (ou $2,5 \text{ kcal.min}^{-1}$) a $> 30 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (ou $> 10 \text{ kcal.min}^{-1}$) (2). Alguns estudos mostraram que o tempo de atividade dos bombeiros no CIF pode chegar a 12 - 14 h e com gasto energético médio associado a atividade física de $\sim 3300 \text{ kcal.dia}^{-1}$ (150). Em um estudo durante uma operação de CIF com duração de 9 dias, Martin *et al.* (151) reportaram média de $112 \pm 24 \text{ min.dia}^{-1}$ de atividade física moderada a vigorosa, $14.803 \pm 1.667 \text{ passos.dia}^{-1}$ e gasto energético associado

a atividade física de 1.860 ± 481 kcal.dia⁻¹. Esses estudos mostram que a atividade de CIF também exige altos níveis de aptidão física de bombeiros.

1.4. Salvamento aquático

Poucos estudos avaliaram as demandas e alterações fisiológicas durante atividades de salvamento aquático. Isso porque em alguns países esse tipo de atividade não é dever dos Corpos de Bombeiros, ficando a cargo de outras instituições. Estudos que analisaram simulações de salvamento aquático, em piscina e em mar aberto, observaram alta demanda do sistema cardiovascular com FC pico $\sim 178 \pm 14$ bpm (152), concentrações de lactato sanguíneo ~ 14 mmol/L (152) e consumo de O₂ correspondente a $\sim 70\%$ do $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (153). Apesar da escassez de estudos, a atividade de salvamento aquático também é considerada uma das mais exigentes do ponto físico, com elevado consumo de oxigênio e produção de lactato sanguíneo.

1.5. Salvamento em altura

Apenas um estudo, de conhecimento deste autor, investigou as demandas relacionadas a atividades de salvamento em altura. Zare et al. (2018) (154) mostrou que houve diferença na FC média entre simulações de CIU, sem fogo e em ambiente fechado e com fogo ao ar livre, e de salvamento em altura (149 ± 4 , 152 ± 4 e 159 ± 4 , $p < 0,001$, respectivamente). Essas diferenças podem ser explicadas pelo maior estresse psicológico envolvido em atividades de salvamento em altura. Isso pode ser explicado pelo fato de que em simulações de CIU o ambiente é altamente controlado e os riscos minimizados. Por outro lado, em uma simulação de salvamento em altura os riscos são praticamente os mesmo de uma operação real, embora sejam tomadas as medidas de prevenção, qualquer erro pode ser fatal. Mais estudos devem de feitos para avaliar as demandas e alterações fisiológicas e cognitivas específicas nesse tipo de cenário.

1.6. Resgate veicular

O relatório publicado pela Organização Mundial da Saúde em 2021, revelou que 1,3 milhões de pessoas morrem por ano no mundo devido a acidentes automobilísticos em rodovias (155). Esse tipo de acidente é a principal causa de morte entre pessoas entre 5-29 anos (156). Os países de baixa e média renda

contabilizam 93% das mortes, apesar de possuírem apenas 60% da frota mundial de veículos (156). Além da perda de vidas e dos danos e prejuízos causados aos feridos e suas famílias, o relatório mostrou que acidentes em rodovias geraram um prejuízo médio de 3% do produto interno bruto (PIB) nos países.

No Brasil, esse tipo de acidente é um problema ainda maior. Acidentes em rodovias são a oitava causa de morte no Brasil (156). Em 2016 com uma população de 207,7 milhões, 38.651 pessoas morreram em acidentes em rodovias e 615.105 sofreram lesões graves (156). Isso resultou em um custo de US\$ 118,8 milhões de dólares, que correspondia 6,6% do PIB. Por esses motivos, diversas organizações nacionais e mundiais, têm focado na prevenção e mitigação dos danos e prejuízos gerados por esse tipo de acidente. Assim, é necessário que os bombeiros possuam as habilidades e capacidades adequadas para responder de maneira rápida e eficaz, a esse tipo de chamado, aumentando a chance de sobrevivências e diminuindo as chances de agravamento das vítimas.

Relatórios mostram que a frequência desse tipo de chamado em Corpos de Bombeiros em outros países é relativamente pequena. De fato, em 2004 na Itália, Perroni et al. (46) reportaram que 26% dos chamados foram de CIU, ao passo que, apenas 7% foram para acidentes automobilísticos. Nos EUA, em 2020, o tipo de chamado mais prevalente foi na categoria de atendimento pré-hospitalar e salvamento (64,2%). Acidentes automobilísticos estão dentro dessa categoria e corresponderam a 5,3% do total de chamados, ao passo que, os incêndios urbanos corresponderam a 4% (48).

No Brasil, não foi encontrado nenhum relatório nacional sobre a frequência de chamados dos Corpos de Bombeiros. Contudo, as estatísticas oficiais do CBMDF (47) mostram que entre 2017 e 2022 a categoria com maior número de atendimentos foi o atendimento pré-hospitalar (34%), seguido de acidentes com veículos (25%) e o incêndio urbano correspondeu a 5,8%. As Figuras 1 e 2 mostram o número de atendimentos absolutos e percentuais, respectivamente, por categoria no DF entre 2017 e 2022.

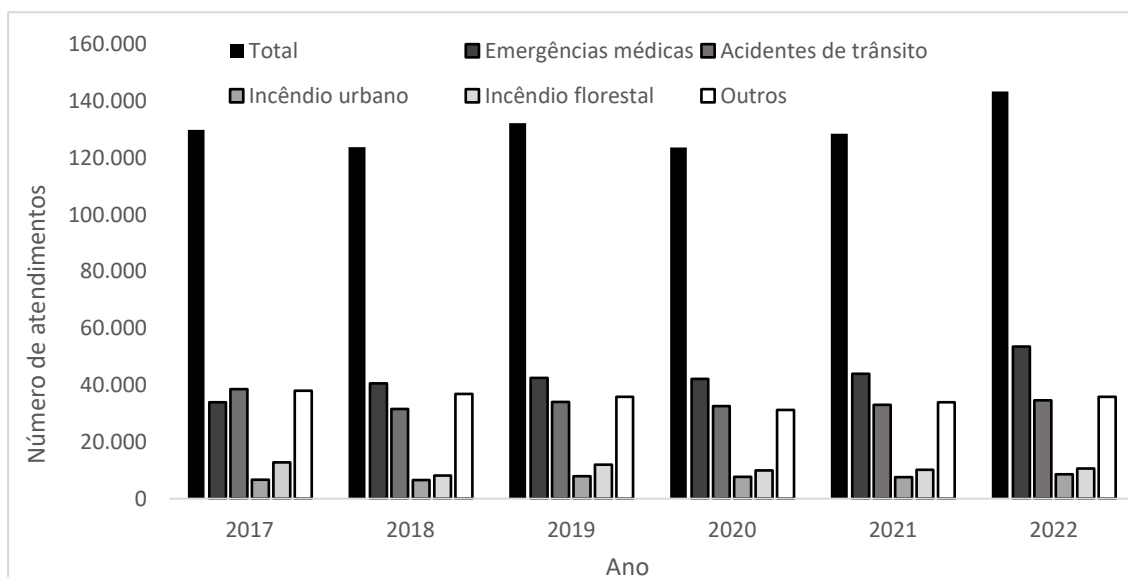


Figura 1. Número de atendimentos realizados pelo CBMDF entre os anos de 2017 e 2022, por categoria.

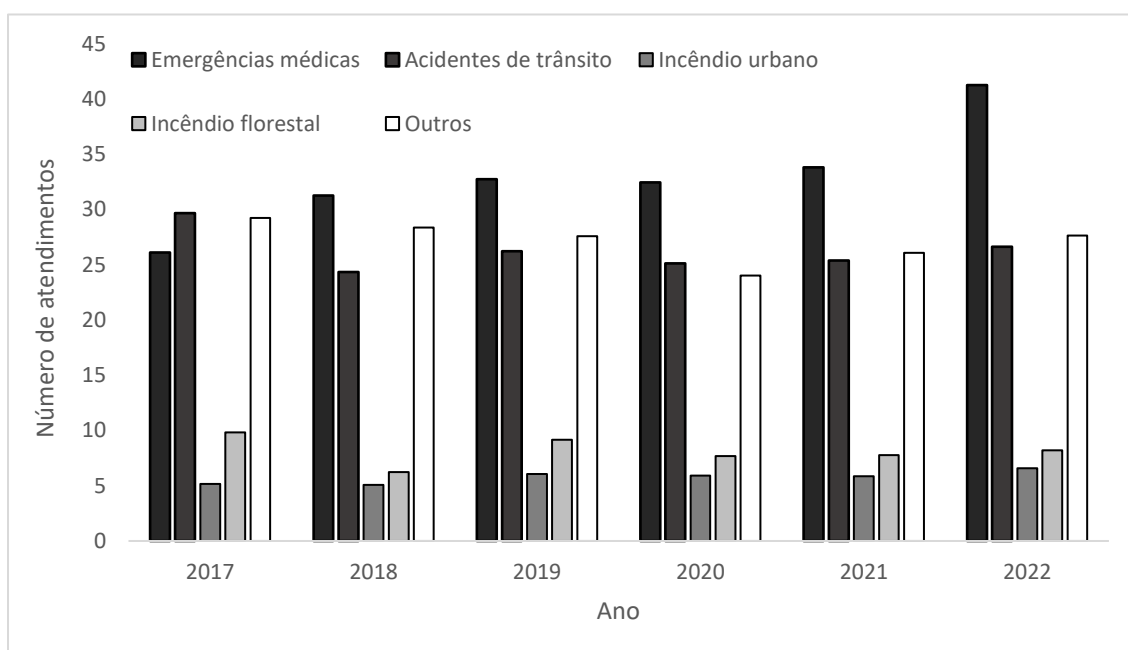


Figura 2. Percentual de atendimentos realizados pelo CBMDF por categoria

Na categoria “Outros”, estão incluídos atendimentos de atividades preventivas como simulados, verificação de hidrantes, palestras, vistorias, prevenção em *shows*, festas e eventos de grande concentração de público e atividades operacionais diversas como corte emergencial de árvores, captura de insetos, afogamento, busca de desaparecidos, desabamentos, alagamento, produtos perigosos, tentativa de suicídio, busca e resgate de animais, pessoas em ambiente confinado, entre outras.

Ao comparar as estatísticas entre os países ficam evidentes as diferentes demandas impostas aos bombeiros de acordo com a sua localidade, especialmente no que tange a categoria acidentes automobilísticos. As diferenças nos atendimentos mais frequentes entre países podem ser explicadas por inúmeras razões, entre elas: diferentes métodos de coleta e análise dos dados, diferentes nomenclaturas, nível educacional e socioeconômico da população, demografia, legislação, infraestrutura (e.g., estado das rodovias e métodos construtivos), idade da frota de veículos, clima e cultura, entre outros.

Na categoria acidentes automobilísticos apenas um estudo (30) foi encontrado que avaliou as demandas de atividades de resgate veicular (RV). Os autores avaliaram o estresse fisiológico durante a simulação de 16 cenários diferentes incluindo CIU, CIF, emergência com produtos perigosos e RV. Na simulação de RV, bombeiros australianos executaram a retirada de duas portas e do teto de um veículo utilizando ferramentas hidráulicas (13 – 25 kg). O tempo médio de simulação foi de 14 min e foram observados valores médios de 127 ± 17 bpm de FC; $1,28 \pm 0,20$ L.min⁻¹ de $\dot{V}O_2$ e percepção subjetiva de esforço (PSE) de Borg de 11. Além disso, foram observadas, demandas metabólicas relativamente baixas a moderadas onde os bombeiros ficaram 39% e 36% do tempo nas zonas de 25%-50% e 50-75% da FC de reserva, respectivamente. O consumo de oxigênio absoluto foi menor que 1,5 L/min durante 66% do tempo. Adicionalmente, por meio da observação direta, foi observado que o componente da aptidão física mais exigido foi a RML, a parte do corpo mais exigida foram os membros superiores e os movimentos predominantes foram de carregar e segurar.

É importante lembrar que no resgate veicular o tempo de atuação pode ser extremamente variável. Em um estudo prospectivo observacional, Nutbeam et al. (157) mostrou que o tempo médio de atuação de bombeiros em acidentes automobilísticos que necessitaram de extricação foi de 33 min (10 a 124 min). Já em simulações de resgate veicular Taylor *et al.* (30) mostraram uma duração média de 14 minutos. Porém, o tempo de atuação dos bombeiros é influenciado por diversos fatores, e principalmente pelo tipo de extração dos pacientes de dentro do veículo que, por sua vez, é determinado pelo estado clínico deles (158). A extração pode ser controlada, rápida ou imediata (158). A controlada ocorre

quando a vítima está estável, sem alteração do nível de consciência e sem lesões graves. A extração rápida ocorre quando há uma vítima em estado crítico ou com deterioração evidenciada do estado clínico. Isso inclui, qualquer lesão que ameace a vida, deterioração do nível de consciência ou instabilidade hemodinâmica. Nesse tipo de extração é preconizado que a vítima seja extraída do veículo em até 10 min, com a coluna imobilizada adequadamente. Já a extração imediata ocorre em situações onde a prioridade é a sobrevivência da vítima em detrimento de possíveis lesões adicionais. Isso inclui vítimas em parada cardiorrespiratória, com hemorragias graves ou em caso de risco eminente (e.g., veículo em chamas). Isso destaca a importância da aptidão física dos bombeiros para responder de forma rápida nesses tipos de cenário.

2. Porque avaliar a aptidão física de bombeiros?

Talvez a primeira forma de avaliar as capacidades e habilidades físicas relacionadas às demandas militares tenha sido os Jogos Olímpicos (159). Tarefas como corridas, lançamento de dardo e lutas são claramente relacionadas às demandas militares. Porém, somente em 1912, foi conduzido o que possivelmente foi o primeiro estudo de análise da tarefa⁵ em militares, no exército americano (159). Já o primeiro estudo, do conhecimento deste autor, de análise da tarefa em bombeiros foi o de Van Rijn (160), em 1977. Desde então diversos estudos foram conduzidos para identificar as tarefas essenciais e validar testes de avaliação física de bombeiros (27–32,34,125,161–164).

A área de estudos sobre critérios de seleção e retenção para profissões fisicamente exigentes é uma intersecção complexa entre diversas áreas como direito, medicina, saúde e segurança ocupacional, fisiologia humana e treinamento físico. O foco dessa intersecção visa compreender e definir as demandas profissionais a fim de desenvolver testes de seleção e retenção de pessoal (39). Poucas áreas do conhecimento têm a responsabilidade de permitir ou negar a um indivíduo uma oportunidade de trabalho. Assim, os Corpos de Bombeiros têm o “dever de cuidado” e a responsabilidade de desenvolver e

⁵ Conjunto de métodos usados para identificar e determinar as tarefas essenciais de uma profissão. Será abordada em maior profundidade mais à frente nessa tese.

implementar testes válidos, confiáveis e baseados em evidências científicas (39,165).

Nesse contexto, o objetivo primário de um TAF é garantir que os bombeiros consigam executar com segurança e eficácia as tarefas mais críticas (*i.e.*, árduas e fisicamente exigentes) e genéricas (*i.e.*, comuns e frequentes) de sua profissão (40). Outros objetivos de TAFs incluem a avaliação de parâmetros relacionados à saúde (166–168) e relacionados a lesões (169). Adicionalmente, a escolha de um TAF deve considerar três aspectos: classificação, monitoramento e prescrição de treinamento para os avaliados (170). No Brasil e em outros países, a avaliação no TAF também é critério para promoção e seleção de candidatos às tropas especializadas (171). Além disso, alguns países utilizam o desempenho no TAF como critério de retorno ao trabalho após lesão (172).

É importante ressaltar que manter uma boa aptidão física vai além da manutenção de um desempenho operacional ótimo ou, no mínimo, aceitável para suportar as demandas operacionais apresentadas anteriormente. O nível de aptidão física também está ligado às lesões e doenças crônicas mais prevalentes em bombeiros e podem ser mitigadas ou prevenidas com uma boa aptidão física (173). Estudos mostram que as lesões musculoesqueléticas são as lesões mais prevalentes nessa população, e variam entre 9% a 79% (174,175) do total, com a região lombar representando 20% a 32% do total das lesões (175). No CBMDF, o estudo de Oliveira *et al.* (176) identificou que 32% dos bombeiros reportaram dor lombar crônica. Outro achado importante é que bombeiros do serviço operacional apresentam 3,5 vezes (OR 3,5, 95% IC 1,24 – 9,86) mais chances de apresentarem degeneração dos discos intervertebrais (L4 – L5, avaliados pela classificação de Pfirrmann) do que bombeiros no serviço administrativo (177). Nesse sentido, diversos estudos já mostraram que alguns parâmetros de aptidão física estão associados à maior incidência de lesões em bombeiros (12,13,17,175,178–189). Por exemplo, bombeiros com $\dot{V}O_{2m\acute{a}x} < 43 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ têm 2,2 vezes mais chances de sofrer uma lesão do que aqueles com $\dot{V}O_{2m\acute{a}x} > 48 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ (14). Paradoxalmente, Jahnke *et al.* (12) verificaram que bombeiros que se exercitam durante o serviço tinham 4,6 vezes mais chances (OR = 4,06, IC 95% 1,73 a 12,24) de sofrer uma lesão musculoesquelética relacionada à prática de exercícios, em comparação com aqueles que não se

exercitavam. Entretanto, aqueles que se exercitavam durante o serviço apresentaram 53% menos chances de sofrer lesões não relacionadas a exercícios físicos. Nessa temática, Gendron *et al.* (190) mostraram que bombeiros que se exercitam durante o serviço acumulam mais tempo de atividade física e menor risco cardiovascular, em comparação com os que não treinavam durante o serviço. Esses dados destacam a importância do exercício físico regular na prevenção de lesões e doenças cardiovasculares em bombeiros, além de alertar para a necessidade de uma orientação adequada e monitoramento dos treinos.

No que diz respeito às doenças, o TAF informa sobre alguns marcadores importantes de saúde e mortalidade como o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (168,191) e a aptidão muscular (167,168,192). Nesse sentido, a revisão sistemática de Kim *et al.* (193) mostrou que existe um “*healthy worker effect*” em populações de bombeiros, ou seja, uma tendência de bombeiros apresentarem menor morbimortalidade do que a população em geral. De fato, um estudo no estado do Espírito Santo mostrou menor prevalência de obesidade em bombeiros (11%) (194) em comparação com a população em geral (18,5%). Entretanto, o estudo de Nogueira *et al.* (195) no Distrito Federal relatou prevalência de obesidade similar entre bombeiros e a população geral (~15%). Não obstante, a literatura destaca que devido à exposição a diversos fatores de risco citados anteriormente, bombeiros estão suscetíveis a diversas doenças crônicas associadas à profissão. Dentre elas, doenças cardiovasculares como hipertensão e doenças coronarianas (21,24,196), doenças psicológicas como estresse pós-traumático e abuso de álcool (197) e alguns tipos de cânceres (198–211). Adicionalmente, devido ao regime de trabalho, que pode variar de acordo com a cidade e função, bombeiros normalmente trabalham em escalas de 12 h, 24 h e até 48 h de serviço, intercaladas por 24 h a 96 h de descanso (212). Isso os predispõem a distúrbios do sono (213,214), e novamente, uma boa aptidão física tem um papel fundamental de mitigar esses quadros (215). Todos esses estudos reforçam a importância da manutenção e monitoramento dos níveis de aptidão física para essa população.

Portanto, os CBMs têm a responsabilidade fundamental de garantir, com o menor nível de incerteza possível, que os testes utilizados como critério de seleção, retenção e retorno ao trabalho dos militares identifiquem os indivíduos

capazes de tolerar as demandas impostas pela profissão e desempenhar bem suas funções. Para atingir esse objetivo é necessário desenvolver testes com maior grau de validade, confiáveis e definir critérios de avaliação justos baseados em estudos científicos (38,39).

3. Como avaliar a aptidão física de bombeiros?

A aptidão física de bombeiros pode ser avaliada por meio de teste físicos laboratoriais ou de campo, em condições padronizadas e controladas. A literatura descreve três tipos de TAF: os testes de componentes gerais da aptidão física (CGA), testes relacionados a tarefa e testes de simulação de tarefas (38). Os testes CGA medem capacidades físicas como, por exemplo, a força muscular e a capacidade cardiorrespiratória e são amplamente utilizados por diversas instituições militares e de segurança pública (132,171,188,189,216,217). Os testes de CGA se destacam pelo seu baixo custo e facilidade de aplicação. Embora algumas evidências mostrem correlações moderadas a fortes entre alguns testes de CGA e o desempenho em tarefas simuladas (23,25,43,53,64), alguns desses testes podem ser questionáveis, pois podem não refletir algumas demandas operacionais (38,39,71,165). Além disso, os resultados nos testes de CGA normalmente são avaliados baseados em dados normativos da população em geral e com critérios diferentes estratificados por sexo e idade. Nesse sentido, apesar dos TAF de CGA, aplicarem critérios diferentes de acordo com o sexo e idade para o mesmo cargo, ironicamente, os deveres e demandas físicas durante o atendimento às emergências são os mesmos, independentemente das características individuais (39). Por isso, entende-se que um TAF deveria manter a neutralidade de sexo e idade quando as demandas físicas são comuns a todos os profissionais (40,218). Além disso, a avaliação no TAF normalmente é vinculada à normas populacionais em vez de requisitos ocupacionais analisados de forma objetiva. Por esses motivos, diversos estudos foram realizados para desenvolver testes físicos que reflitam as principais demandas físicas da profissão (27–32,34–36,162,219).

Os testes relacionados à tarefa usam testes com movimentos que se assemelham às tarefas operacionais ou são variantes delas (e.g., o teste de subida no *step* está relacionado a subida de escada) (38,218). Os testes

relacionados à tarefa têm a vantagem de aumentar a especificidade do teste em relação às tarefas essenciais da profissão. Já os testes de simulação de tarefas utilizam tarefas-critério que simulam da maneira mais realística possível as tarefas operacionais propriamente ditas, porém em ambiente controlado e previsível (38,218). Esse tipo de teste é amplamente utilizado em países desenvolvidos, pois possuem maior validade de face, conteúdo e preditiva e mantém a neutralidade de sexo e idade (11,39,218,220). Embora mais complexos de desenvolver e implementar, os testes relacionados à tarefa e testes de simulação de tarefas possuem maior validade e valor preditivo e, por isso, são considerados legalmente mais defensáveis (32,33,39,221), se comparados aos testes de CGA. Contudo, os testes de CGA têm seu valor, pois medem alguns parâmetros relacionados à saúde, desempenho físico e a incidência de lesões. Além disso, diversos componentes da aptidão física influenciam o desempenho operacional. Logo, testes de CGA têm a capacidade de identificar quais componentes da aptidão física limitam o desempenho de determinado indivíduo. Por esses motivos, os testes CGA podem ser implementados em paralelo aos testes de simulação de tarefas. A tabela 2 resume os prós e contras de cada tipo de teste.

Tabela 2. Prós e contras dos diferentes tipos de TAF.

Tipo de teste	Prós	Contras
Componentes gerais da aptidão física	Requer menos equipamentos; Menor complexidade logística; Menor custo financeiro; Podem identificar componentes físicos limitantes do desempenho operacional; Medem parâmetros de aptidão física reconhecidamente relacionados com a saúde (e.g., $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$).	Baixa especificidade; Menor validade de face e conteúdo; Devem utilizar diferentes padrões de acordo com o sexo e a idade; Questionáveis do ponto de vista jurídico; Avalia apenas alguns componentes relacionados ao desempenho operacional.
Teste relacionado à tarefa	Validade de face e <i>constructo</i> ; Pode avaliar mais de um componente ao mesmo tempo; Maior valor preditivo; Não é necessário utilizar diferentes padrões de acordo com sexo e idade; Maior especificidade.	Complexidade logística moderada; Custo moderado com equipamentos.
Teste de simulação de tarefas	Utiliza tarefas critério; Maior especificidade; Maior validade de face, <i>constructo</i> e conteúdo; Legalmente mais defensáveis.	Requer mais equipamentos; Maior complexidade logística; Maior custo financeiro;

A escolha sobre qual tipo de teste usar é complexa e deve considerar os objetivos a serem alcançados e avaliar os prós e contras de cada um. De acordo com Payne e Harvey (38), o desenvolvimento dos testes que irão compor um TAF deve abranger as demandas profissionais, as capacidades físicas exigidas e considerar aspectos teóricos, práticos e padrões de desempenho aceitável (*i.e.*, notas de corte). É importante destacar que os padrões aceitáveis não devem ser confundidos com padrões mínimos. Isso porque bombeiros se deparam frequentemente com situações imprevisíveis e que podem levá-los a exaustão e as demandas simuladas em testes muitas vezes não serão equivalentes às encontradas em operações reais.

Além disso, é necessário considerar um declínio natural da aptidão física com o avançar da idade e em bombeiros isso não é diferente (61,222). Estudos mostram um declínio médio na capacidade cardiorrespiratória (*i.e.*, $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$) de 1-

1,6% por ano e 5-15% por década, em indivíduos saudáveis, dependendo do nível de atividade física do indivíduo (11,223,224). Esse declínio muitas vezes não é linear e é acentuado após 50 anos de idade (222,224). Da mesma forma, a aptidão muscular também declina com o avançar da idade. Esse processo de diminuição da função muscular pode iniciar a partir dos 30 anos de idade a uma taxa média de 0,8%-3,6% por ano (225), dependendo do nível de atividade física. Entretanto, apesar do declínio na capacidade aeróbia e na força muscular com avançar da idade, essa queda pode ser atenuada por meio de treinamento físico regular (224,226,227). Dessa maneira, ao utilizar testes de CGA recomenda-se a utilização de critérios de avaliação que considerem o declínio médio na aptidão física, especialmente na seleção de candidatos a se tornarem bombeiros. Nesse sentido, o estudo de Walker *et al.* (228) ilustra muito bem essa situação. O estudo mostra que a capacidade cardiorrespiratória de bombeiros declina de maneira similar à da população em geral. Nesse contexto, o autor destaca que a aptidão aeróbia mínima preconizada ($\dot{V}O_{2m\acute{a}x} = 42 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) (2) desconsidera o declínio médio da aptidão aeróbia com o avançar da idade. Logo, ao adotar um critério mínimo de desempenho na seleção de candidatos a ingressar no Corpo de Bombeiros é provável que uma parte significativa do contingente apresente aptidão física abaixo do mínimo para a profissão com o passar dos anos.

Ao desenvolver um TAF para bombeiros, devem ser utilizados métodos de análise da tarefa (38,40,42). A análise da tarefa é uma parte da análise do perfil profissiográfico (229) que é o processo de análise básico de gestão de recursos humanos, que inclui a seleção, treinamento, remuneração, avaliação de desempenho, atribuições, e outros (230). Sem informações do perfil profissiográfico é difícil determinar com precisão que tipo de treinamento é necessário, que tipo de profissional deve ser contratado e o que poderia constituir um desempenho aceitável. Já a análise da tarefa é um conjunto de métodos usados para identificar e determinar as responsabilidades e atividades de uma profissão com o propósito de desenvolver currículos, métodos de treinamento e testes de avaliação de desempenho (40,41,230–232). Sem estudos de análise da tarefa a validade dos testes fica prejudicada. Nesse sentido, diversos testes físicos foram questionados juridicamente, especialmente nos países desenvolvidos com jurisprudência na *commom law*, pois não apresentaram

procedimentos de análise que fundamentaram a escolha dos testes e critérios de aprovação (26,32,33,71,220). Nesses casos, as instituições que não apresentaram estudos de análise da tarefa adequados, perderam em favor do requerente (pessoa que reprovou no teste). Nos EUA, por exemplo, a análise da tarefa é obrigatória para todas as agências de polícia (233).

Em uma análise da tarefa podem ser empregados métodos objetivos e subjetivos. Uma análise objetiva inclui a medição da frequência, duração, distância percorrida, força aplicada e demandas fisiológicas (*e.g.*, frequência cardíaca) (40). Contudo, a imprevisibilidade, variabilidade e periculosidade das tarefas de bombeiros, muitas vezes inviabiliza as análises objetivas em operações reais. Por esse motivo, a utilização de métodos subjetivos de análise da tarefa é recomendada (38,40,42). A análise da tarefa subjetiva é um método de validação de conteúdo de um teste e pode envolver a quantificação das tarefas essenciais da profissão, em cinco domínios: importância, frequência, duração, dificuldade e exigência física (40,42). Essa análise pode ser feita por meio de entrevista, questionários ou escala de Likert ou tipo Likert, com profissionais e especialistas no assunto.

Além da análise da tarefa, existem outros aspectos teóricos do desenvolvimento de um TAF relacionados a mensurabilidade, poder discriminatório, validade e confiabilidade (38). Já os aspectos práticos envolvem desenvolvimento de protocolos, gestão de recursos humanos, materiais e segurança na aplicação. O último aspecto a ser considerado é a definição dos padrões de desempenho, normalmente apto ou inapto e podem ser definidos com uma abordagem de referência normativa ou referência critério (38). A referência normativa usa a distribuição dos dados de desempenho no teste normalmente percentis, em uma população relevante. Já a referência de critério é determinada com base nas demandas físicas da profissão, e normalmente emprega métodos que consideram a opinião de profissionais experientes. Dentre os aspectos descritos por Payne e Harvey (38) relacionados ao desenvolvimento de testes físicos para profissões fisicamente exigentes o escopo dessa tese está direcionado a validade e confiabilidade dos testes físicos.

Nesse sentido, essa tese utiliza uma abordagem contemporânea da validade que possui uma visão integrada das evidências de validade e confiabilidade (165). Entretanto, existem debates na literatura psicométrica estatística, por exemplo, sobre se a confiabilidade é uma condição necessária, mas não suficiente, para a validade (165). Essa discussão é melhor compreendida como uma questão de precisão da medida, onde o objetivo é obter o menor erro possível nas medidas e inferências. Em outras palavras, a confiabilidade é uma questão de qualidade dos dados, enquanto a validade é uma questão de qualidade inferencial dos dados (165). Portanto, as teorias de confiabilidade e validade são áreas de pesquisa interconectadas, e as variáveis derivadas na primeira limitam ou delimitam as inferências na segunda, ou seja, a confiabilidade é integral à validade, pois um teste não pode ser considerado válido se não for confiável (165).

3.1. Validade de testes físicos

A validade é um dos aspectos mais importantes para o desenvolvimento de um teste e refere-se ao grau em que o teste mede o que ele se propõe a medir (170,234). Na prática, validar um teste significa apresentar evidência empírica e argumentos convincentes para respaldar a escolha do teste (165). Por exemplo, se o objetivo de um teste é medir força muscular de membros inferiores (MMII) é necessário determinar o grau que o teste, de fato, mede a força MMII. Existem diversas formas de validar cientificamente um teste. A tabela 3 abaixo mostra os diferentes os tipos de validade descritos por Weakley et al. (170).

Tabela 3. Tipos de validade de testes.

Tipo de validade dos testes	Explicação e exemplo
Translacional	O grau em que o resultado de um teste é uma boa reflexão do que pretende medir. Um teste pode ser considerado como tendo boa validade translacional se possuir validade de face e/ou de conteúdo adequada.
De face (aparente) ou lógica	Subtipo de validade translacional. É o grau o qual um teste se parece com o que se pretende medir.

	<p>Exemplo: Quando <i>experts</i> no assunto avaliam o quanto um teste representa (se parece) com o que se pretende medir.</p>
Conteúdo	<p>Subtipo de validade translacional. Descreve até que ponto o conteúdo de um teste (e.g., tarefas operacionais) representa e mede as principais características do constructo.</p> <p>P.ex.: <i>Experts</i> no assunto avaliam o quanto as tarefas de um teste representam as principais demandas da profissão. Normalmente, utiliza-se escalas de Likert ou tipo Likert.</p>
Constructo	<p>Determina se um teste mede os mesmos conceitos (constructos) que determinam o desempenho na tarefa critério.</p> <p>P. ex.: Comparação entre as demandas fisiológicas (e.g., $\dot{V}O_2$) medidas durante uma ocorrência e aquelas medidas durante o teste.</p>
Convergente	<p>Subtipo de validade de constructo. Quando dois testes teoricamente refletem o mesmo constructo.</p> <p>Exemplo: Quando se verifica a correlação entre o desempenho no teste de corrida de Cooper e no teste de corrida intermitente, onde ambos estimam a capacidade aeróbia ($\dot{V}O_{2máx}$).</p>
Discriminante	<p>Subtipo de validade de constructo. Quando as medidas de um teste teoricamente não estão relacionadas ou diferenças esperadas entre grupos de avaliados são, de fato, discriminantes.</p> <p>P. ex.: Espera-se que atletas profissionais de corrida tenham maior $\dot{V}O_{2máx}$ do que atletas amadores. Atribui-se validade discriminante para o teste que, de fato, demonstra diferença entre esses grupos para o $\dot{V}O_{2máx}$.</p>
Critério	<p>Mede a força da relação entre as medidas de um teste alternativo e as medidas de um teste de critério.</p> <p>P. ex.: Existe uma correlação forte entre a altura no salto medida por aplicativo de</p>

	<i>smartphone</i> e na plataforma de força (padrão ouro) (235)
Preditiva	<p>Subtipo de validade de critério. Mede o quão preciso um teste alternativo prediz o desempenho futuro de uma medida em um teste critério.</p> <p>P. ex.: A altura do salto é capaz de prever a velocidade máxima na corrida (79)</p>
Concorrente	<p>Subtipo de validade de critério. A força de associação e concordância entre duas medidas testadas ao mesmo tempo em diferentes instrumentos.</p> <p>P. ex.: Medir a altura do salto com um aplicativo de <i>smartphone</i> ao mesmo tempo que avaliado salta na plataforma de força (235)</p>

Tipos de validade metodológica

Interna	<p>O grau de controle de variáveis de confusão que podem influenciar o resultado de um teste.</p> <p>P. ex.: A privação do sono, superfície da pista e temperatura ambiente influenciam no desempenho de corrida. O teste terá validade interna se essas e outras variáveis foram controladas.</p>
Externa	<p>O grau em que os resultados do teste podem ser generalizados para outras pessoas, lugares ou momentos.</p> <p>P. ex.: Avaliar se um protocolo de testes ou treinamento de bombeiros do Distrito Federal pode ser replicado com resultados similares em outros estados da Federação.</p>
Ecológica	<p>Subtipo de validade externa. É a extensão em que os resultados de um teste (condições controladas) refletem o desempenho em situações da vida real.</p> <p>P.ex.: Avaliar a resposta da FC de bombeiros durante o atendimento a uma ocorrência, ao invés de avaliar a resposta da FC durante um</p>

teste ergométrico, aumenta a validade ecológica do teste.

Conclusão

Avalia o grau em que as conclusões sobre as relações ou efeitos observados são precisas ou críveis, no que diz respeito a questões estatísticas.

P. ex.: Concluir que um indivíduo, com maior frequência de treino, ganhou mais força em comparação com outro indivíduo, baseado apenas na correlação entre essas duas variáveis pode ser impreciso se o estado de treino antes da intervenção (variável de confundimento) não foi levado em consideração.

Em bombeiros, o estudo de Jamnik, Gumieniak e Gledhill (32) examinou a validade de conteúdo e de *constructo* de testes de CIU e CIF. A validade de conteúdo foi determinada por meio de escala de Likert (1 = discordo totalmente a 7 = concordo totalmente). Eles verificaram que a amostra classificou o teste simulado entre 6 e 7 na escala, conferindo alta validade de conteúdo. Já a validade de *constructo* foi avaliada pela comparação entre as demandas fisiológicas (*i.e.*, $\dot{V}O_2$) medidas durante a execução de tarefas durante o serviço e durante os testes de simulação. Não foram encontradas diferenças entre o $\dot{V}O_2$ durante a execução de tarefas em um dia de serviço operacional e nos testes de simulação de bombeiros urbanos e florestais. Esses resultados indicam alto grau de validade de conteúdo e de *constructo* nos testes utilizados por bombeiros canadenses.

De forma similar, uma série de quatro estudos australianos também teve o objetivo de validar testes de desempenho operacional de bombeiros (28–31). O primeiro estudo (28) determinou a validação de conteúdo e identificou as tarefas essenciais com base na importância, frequência, esforço físico e duração. Os métodos incluíram a análise de documentos de treinamento, visitas aos locais de trabalho, entrevistas com bombeiros e de questionários com escala de Likert. Os resultados levaram à identificação de 15 tarefas operacionais validadas. O segundo estudo (30) realizou a validação de *constructo* e teve o objetivo de observar, quantificar e avaliar as demandas impostas aos bombeiros ao

executarem as 15 tarefas operacionais identificadas no primeiro estudo. Os métodos envolveram a execução de atividade simuladas com alta validade de face e que representam cenários operacionais realisticamente difíceis. Foram identificadas sete tarefas critério de acordo com as observações e demandas fisiológicas medidas objetivamente (*i.e.*, FC, $\dot{V}O_2$, PSE, duração, carga, valência física predominante, padrão de movimento predominante e parte do corpo mais exigida). O terceiro estudo (31) teve o objetivo de converter as tarefas critério identificadas no segundo estudo em testes de simulação de tarefas voltados para a seleção de recrutas. Foi desenvolvida uma bateria com seis testes envolvendo múltiplas tarefas. E o quarto estudo (29) teve o objetivo de avaliar o impacto que o gênero, idade, habilidades específicas ou familiaridade com a tarefa poderiam ter na determinação dos critérios de aprovação. Para isso, foi feita a comparação de desempenho entre amostras de civis e bombeiros com diferentes idades e sexo. Participantes de ambos os sexos foram aprovados no teste, sem efeito discriminatório relevante, com pontuações não relacionadas à habilidade de desempenho ou idade. No entanto, a familiarização melhorou significativamente o desempenho. Esses resultados confirmaram que este teste é neutro em relação a gênero, idade e habilidade. Contudo, o efeito da familiarização deve ser considerado ao aplicar o teste.

Ainda sobre a validação de testes físicos para bombeiros, o estudo de Blacker *et al.*(162) também teve o objetivo de desenvolver testes de retenção e seleção de bombeiros no Reino Unido. Eles desenvolveram um teste com base em uma análise da tarefa e simulações das tarefas critério. Os métodos envolveram a realização de oficinas de discussão com bombeiros experientes e comparação de desempenho em simulações com tarefas critério e testes simulados. Foram encontradas correlações altas ($r = 0,88 - 0,94$) entre os testes de tarefas simuladas e as tarefas critério. Assim, os autores concluem que o teste desenvolvido possui alta validade de critério.

Já o estudo de Stevenson *et al.* (34) fez a validação de conteúdo de um teste baseado na opinião de especialistas. Os especialistas foram divididos em dois grupos de trabalho, um grupo técnico formado por bombeiros da área operacional ($n = 13$, 41 ± 7 anos de idade, 17 anos de profissão, em média) e um grupo de *stakeholders* ($n = 9$, faixa etária 45 – 60 anos) formado por bombeiros

de alta patente, da área administrativa. Foram aplicados alguns testes de tarefas simuladas em uma amostra de bombeiros e duas reuniões para definir as tarefas essenciais que deveriam compor o teste. Para isso, cinco bombeiros foram filmados executando as tarefas identificadas em diferentes ritmos. As filmagens foram exibidas aos membros do grupo técnico que após duas reuniões chegaram a um consenso e definiram os tempos aceitáveis de execução das tarefas, utilizando o método *bookmark*⁶. Os resultados do estudo levaram a criação de uma bateria de testes físico com seus respectivos critérios de aprovação, para bombeiros do Reino Unido.

Diversos Corpos de Bombeiros ao redor do mundo conduziram estudos de validação de testes físicos específicos para bombeiros. Entretanto, aqui no Brasil, nenhum estudo dessa natureza foi encontrado na literatura. O Capítulo II dessa tese apresenta o primeiro estudo com esse objetivo realizado no Brasil.

3.2. Confiabilidade de testes físicos

O segundo aspecto metodológico abordado sobre TAF nessa tese é a confiabilidade do teste. Alguns termos são utilizados na literatura como sinônimo de confiabilidade como: repetibilidade, reprodutibilidade, consistência, concordância e estabilidade da medida (236). Toda medida contém erro, por isso é importante compreender a natureza e a magnitude do erro das medidas de um teste. Nesse sentido, o erro de uma medida pode ser sistemático (*e.g.*, efeito de aprendizagem ou fadiga) ou aleatório (*e.g.*, variação biológica) e a soma destes é o erro total de medida. (236). A confiabilidade refere-se à reprodutibilidade e consistência da medida de um mesmo avaliado, mas também pode ser medida intra e inter-avaliador (170,237). Assim, a confiabilidade pode ser interpretada como a quantidade de erro considerado aceitável para o uso efetivo de uma determinada medida (236). Quanto maior a confiabilidade de uma medida, maior a confiança para tomar decisões acerca de um teste e menor o risco de interpretações incorretas.

⁶ O método *bookmark*, é uma abordagem de mapeamento de itens usada frequentemente na área de Educação para definir os pontos de corte em testes. É especialmente adequado para testes em que o desempenho está em um *continuum*, como o tempo. Na Educação, os itens de um teste são ordenados por dificuldade. Em um teste de avaliação individual, onde o desempenho é medido pelo tempo, os níveis de desempenhos são ordenados pelo tempo.

Existem dois tipos de medidas de confiabilidade a absoluta e a relativa (236) e podem ser calculadas utilizando diversos métodos estatísticos. A confiabilidade absoluta é o grau em que uma medida repetida varia entre indivíduos ou avaliadores e pode ser representada na unidade real de medida ou como uma razão dos valores medidos (adimensional). A confiabilidade relativa é o grau em que indivíduos mantêm sua posição em uma amostra com medidas repetidas e é muito importante para o contexto de TAF quando o objetivo é classificar o desempenho de uma mesma amostra. A principal forma de calcular a confiabilidade relativa em ciências do esporte é o *intraclass correlation coefficient* (ICC) (236). Entretanto, uma ressalva deve ser feita quanto a homogeneidade da amostra. Índices de correlação são inflados em amostras heterogêneas o que pode levar a interpretações equivocadas (236). Por isso, as características da amostra devem ser consideradas na interpretação dos dados. Os principais métodos para calcular a medida absoluta são o erro padrão de medida e o coeficiente de variação e podem ser calculados da seguinte forma:

$$(1) EPM = DP\sqrt{1 - ICC}$$

$$(2) CV = \frac{DP}{\bar{x}} \times 100$$

em (1) EPM é o erro padrão de medida, DP é o desvio padrão da amostra e ICC é o *intraclass correlation coefficient* e (2) CV é o coeficiente de variação, DP é o desvio padrão da amostra e \bar{x} é a média da amostra. O EPM é expresso na unidade real da medida, ao passo que o CV é adimensional. Quanto menor o EPM maior o nível de confiança. Contudo, a avaliação do nível de confiança baseado no EPM (aceitável ou relevante) deve ser avaliado caso a caso e por um especialista na área do teste (236). No que diz respeito ao CV, nas ciências do esporte CVs < 5% são considerados desejáveis e < 10% aceitáveis (238).

A reprodutibilidade de testes que avaliam o desempenho de bombeiros já foi objeto de estudos anteriores. O estudo de Boyd *et al.* (239) investigou a variação no desempenho em testes de simulação de tarefas de bombeiros entre seis visitas. Eles verificaram que os ICCs variaram de 0,89 – 0,99 entre os pares de testes e CV variou de 7% a 2,6% entre as sessões de testes 1 – 3 e 4 – 6, respectivamente. A diferença percentual no tempo para completar o teste na comparação entre os pares de teste foi de -8,2%, -5,1%, -3,1%, 2,4% e 1,4%. De forma similar, o estudo de Burdon *et al.* (240) analisou a variação de desempenho

em tarefas simuladas em três dias de testes. Entre os testes 1 e 2, foi encontrado ICC de 0,76, CV de 10,2% e EPM de 40 seg (5,2%). Entre os testes 2 e 3 o ICC foi 0,91, CV 3,4% e EPM de 11 seg (1,6%). Já o estudo de Gumieniak, Gledhill e Jamnik (241) examinou a variação de desempenho no teste de seleção para ingresso no Corpo de Bombeiros florestais, no Canadá. Os participantes foram divididos em três grupos: treinamento físico (TF), execução semanal do teste (TS) e controle (GC). O grupo TF participou de um programa de treinamento com duração de 6 semanas, o grupo TS executou o teste semanalmente como forma de treinamento durante 6 semanas e GC executou o teste de simulação de tarefas em apenas três visitas. Os resultados mostraram melhora de 11,6% e 10,8% no desempenho entre a primeira e a segunda visita, para mulheres e homens, respectivamente. Porém, não foi observada melhora no desempenho entre a segunda e terceira tentativa (após cinco semanas) para o grupo controle. Foram reportados medidas de confiabilidade apenas para o grupo treinamento físico e na quinta semana após a execução dos testes em dois dias consecutivos. Foram encontrados valores de ICC de 0,98 e α de Cronbach de 0,98 para o tempo de execução do teste.

Esses estudos mostram a importância da familiarização para obter medidas confiáveis nos testes de tarefas simuladas de bombeiros. Determinar a confiabilidade de testes de aptidão física em bombeiros é primordial, pois os critérios de avaliação (normalmente apto/inapto) devem considerar o nível de confiabilidade do teste para classificar o indivíduo da maneira adequada (40,165). Além disso, a confiabilidade também é importante para determinar se houve de fato melhora no desempenho após uma intervenção (238). Os Capítulos III e V dessa tese irão abordar a confiabilidade de testes físicos voltados para a avaliação de bombeiros.

4. Relação entre medidas de aptidão física e o desempenho em tarefas de bombeiros

Após compreender a importância do TAF, as principais demandas e tarefas essenciais da profissão, e a necessidade de determinar a validade e confiabilidade dos testes físicos voltados para bombeiros é necessário investigar a relação entre as medidas de aptidão física e o desempenho de bombeiros.

Atingir este objetivo é crucial para a escolha de testes de CGA e prescrição de treinamentos físicos. A maioria dos estudos que avaliaram a relação entre medidas de aptidão física e o desempenho de bombeiros utilizou testes em forma de circuito que simulam as tarefas essenciais da profissão de acordo com as principais demandas locais. As tarefas mais utilizadas nesses testes são relacionadas às atividades de CIU (4,22,27,32,33,43,44,51,55,56,59,61,63,65,67–69,94,163,219,242), CIF (72,146) e resgate veicular (27,29).

Nesses testes, o tempo de execução é a variável utilizada para avaliar o desempenho de bombeiros. A variável tempo é primordial para as atividades de bombeiro, pois em uma situação de emergência cada segundo importa. Além disso, no CIU o tempo de combate é limitado por dois fatores principais: o suprimento de ar respirável do EPR e a resistência dos materiais dos EPIs às temperaturas extremas. Os EPRs fornecem cerca de 30-33 minutos de ar, a um consumo médio de 40-50 L/min, para um cilindro padrão de 6 L a 4000 psi (90). No entanto, taxas de consumo de O₂ superiores já foram relatadas em estudos que avaliaram testes com subida de escadas (88,243). Acerca dos EPIs de CIU, estes suportam temperaturas até ~300° C (101). Porém, o tempo limite recomendado de exposição a “condições de rotina” no incêndio, isto é, temperatura a camada externa do EPI de 100° C e 1 kW/m² de fluxo de calor, é de ~25 min (101,244). O tempo limite para situações “de perigo” (até 160° C e 4 kW/m²) é até 10 min. Para situações “extremas” (temperatura do EPI entre 160° C e 235° C e fluxo de calor entre 4 kW/m² e 10 kW/m²), que ocorrem tipicamente em situações de resgate ou fuga de generalização do incêndio, o tempo limite é de 1 min. Por fim, a exposição a situações “críticas” (> 235° C e 10 kW/m²) que pode levar o bombeiro a morte, o limite é menos de 1 min. Portanto, o tempo de execução das tarefas é o principal indicador de desempenho de bombeiros.

Nesse sentido, a revisão sistemática com meta-análise de Ras *et al.* (25) analisou 25 estudos e determinou a relação entre diversas medidas de aptidão física e o tempo de execução em diversos testes de tarefas simuladas. Eles identificaram que a aptidão aeróbia, RML e força muscular foram os principais componentes da aptidão física relacionados com o desempenho operacional de bombeiros. A meta-análise gerou uma correlação agrupada moderada para

aptidão aeróbia ($R = -0,59$, IC 95% [-0,67 a -0,48] $p < 0,001$). Contudo, devido heterogeneidade substancial entre estudos ($n = 11$, $I^2 = 72,9\%$), foram executadas análises por subgrupos com amostra exclusivamente masculina ($n = 7$) e que utilizaram a análise de gases para medir capacidade aeróbia ($n = 5$). Foi encontrada uma correlação agrupada similar para os estudos com participantes homens ($R = -0,6$, IC 95% [-0,68 a -0,51], $p < 0,001$, $I^2 = 9,9\%$) e entre estudos que utilizaram o método direto de medição da capacidade aeróbia ($R = -0,67$, IC 95% [-0,74 a -0,59], $p < 0,001$, $I^2 = 0\%$). Além disso, as tarefas de subida de escada ($R = -0,42$, IC 95% [-0,64 a -0,14], $p < 0,001$, $I^2 = 83\%$), arrasto de mangueira ($R = -0,45$, IC 95% [-0,7 a -0,10], $p < 0,001$, $I^2 = 85\%$) e resgate de vítima inconsciente ($R = -0,36$, IC 95% [-0,5 a -0,19], $p < 0,001$, $I^2 = 57\%$) foram as tarefas com maior correlação com a aptidão cardiorrespiratória.

Nas análises de força muscular, a força de preensão manual ($R = -0,42$, IC 95% [-0,6 a -0,2], $p < 0,001$) e a força de MMSS aferida com outros testes ($R = -0,32$, IC 95% [-0,38 a -0,25], $p < 0,001$) apresentaram correlações negativas significativas com os tempos nos testes. As tarefas de resgate de vítima ($R = -0,58$, IC 95% [-0,71 a -0,4], $p < 0,001$, $I^2 = 68\%$), entrada forçada ($R = -0,43$, IC 95% [-0,62 a -0,18], $p < 0,001$, $I^2 = 67\%$) e arrasto de mangueira ($R = -0,38$, IC 95% [-0,59 a -0,12], $p < 0,005$, $I^2 = 79\%$) estavam relacionadas a força de preensão manual. A força de MMSS apresentou correlação significativa com as tarefas de arrasto de mangueira ($R = -0,54$, IC 95% [-0,75 a -0,25], $p < 0,001$, $I^2 = 72\%$) e resgate de vítima ($R = -0,35$, IC 95% [-0,57 a -0,08], $p < 0,012$, $I^2 = 56\%$).

A RML de MMSS (flexão, $R = -0,34$, IC 95% [-0,43 a -0,25], $p < 0,001$) e a resistência abdominal (flexão abdominal, $R = -0,31$, IC 95% [-0,37 a -0,25], $p < 0,001$) mostraram correlações significativas com os tempos de execução dos testes. As tarefas de subida de escada ($R = -0,41$ IC 95% [-0,52 a -0,29], $p < 0,001$, $I^2 = 0\%$), arrasto de mangueira ($R = -0,29$ IC 95% [-0,39 a -0,18], $p < 0,001$, $I^2 = 0\%$), resgate de vítima ($R = -0,20$ IC 95% [-0,36 a -0,03], $p < 0,026$, $I^2 = 55\%$) e entrada forçada ($R = -0,25$ IC 95% [-0,41 a -0,07], $p < 0,006$, $I^2 = 57\%$) apresentaram correlação significativa com a RML de MMSS. A RML da musculatura abdominal mostrou correlação com o tempo nos testes ($R = -0,31$, IC 95% [-0,37 a -0,25], $p < 0,001$, $I^2 = 0\%$). As tarefas correlacionadas com a RML abdominal foram a subida de escada ($R = -0,42$, IC 95% [-0,51 a -0,31], $p < 0,001$,

$I^2 = 26\%$), arrasto de mangueira ($R = -0,23$, IC 95% [-0,33 a -0,12], $p < 0,001$, $I^2 = 17\%$), resgate de vítima ($R = -0,15$, IC 95% [-0,29 a -0,06], $p < 0,04$, $I^2 = 41\%$) e entrada forçada ($R = -0,2$, IC 95% [-0,31 a -0,07], $p < 0,002$, $I^2 = 0\%$).

A força de MMII mostrou uma correlação negativa significativa, porém negligenciável com desempenho nos testes ($R = -0,22$, IC 95% [-0,38 a -0,04], $p = 0,020$). As tarefas de arrasto de mangueira ($R = -0,24$, IC 95% [-0,38 a -0,1], $p < 0,001$, $I^2 = 0\%$) e resgate de vítima ($R = -0,25$, IC 95% [-0,41 a -0,08], $p < 0,006$, $I^2 = 0\%$) mostraram correlações significativas com a força de MMII. Surpreendentemente, o desempenho de subida de escada não mostrou correlação com a força de MMII ($R = -0,05$, IC 95% [-0,16 a -0,06], $p < 0,41$, $I^2 = 0\%$). Esses resultados mostram que há uma tendência de indivíduos com maior aptidão cardiovascular, resistência muscular abdominal e de MMSS e força muscular, apresentarem melhor desempenho em testes simulados bombeiros.

É importante ressaltar que a meta-análise não apresentou nenhum dado sobre a relação entre RML de MMII e o desempenho operacional de bombeiros. Isso pode ser explicado, pela escassez de estudos sobre essa medida e a dificuldade de incluir um teste exaustivo como o de RML de MMII em uma bateria extensa de testes físicos, que normalmente é empregada nos estudos. Entretanto, foram encontrados na literatura cinco estudos que investigaram a relação entre RML de MMII e o desempenho de bombeiros (9,55,56,63,72). Os estudos de Rhea *et al.* (56) e Lindberg *et al.* (9) encontraram correlações negativas moderadas entre a RML no agachamento e o desempenho em tarefas de CIU. Já o estudo de Phillips *et al.* (72) encontrou uma relação moderada entre o tempo até a exaustão no *wall sit test* (teste isométrico) e o *pack hike test*. Interessantemente, dois estudos (55,63) analisaram a relação entre o desempenho de RML no *leg press* e no *Candidate Physical Ability Test* (CPAT). Porém, Sheaff *et al.* (55) não reportou os coeficientes de correlação e Williams-Bell *et al.* (63) identificou correlação significativa entre o desempenho de RML no *leg press* e o CPAT para homens ($r = 0,37$) e mulheres ($r = 0,3$). É importante destacar a heterogeneidade nos protocolos de testes desses estudos. Os estudos de Rhea *et al.* (56) e Lindberg *et al.* (9) utilizaram cargas absolutas no agachamento de 61 kg e 22 kg, respectivamente. Já o estudo de Sheaff *et al.* (55) usou 80% de 1-RM e Williams-Bell *et al.* (63) utilizou uma carga absoluta de 123

kg e com uma cadência de 50 repetições por minuto, no *leg press*. Essas diferenças de protocolos tornam difíceis as comparações entre estudos. Por isso, mais estudos devem ser conduzidos para investigar a relação entre RML de MMII e o desempenho de bombeiros.

Outro importante componente da aptidão física relativamente pouco investigado na literatura é a potência muscular. Alguns estudos mostraram que a distância no salto horizontal (58,66,68) e a altura no salto vertical (23), estavam relacionadas com o desempenho no CIU. O estudo, Phillips *et al.* (72) também encontrou correlação moderada entre a distância no salto horizontal e o desempenho no *pack hike test*. Por outro lado, Windisch *et al.* (3f. D4) e Chizewisk (65) não encontraram correlação significativa entre o desempenho no salto horizontal e o desempenho no CIU. A falta de padronização entre os protocolos de testes, inclusive dos testes simulados, torna as comparações difíceis e podem explicar as divergências encontradas.

Outras lacunas sobre o tema estão relacionadas aos instrumentos de medida. Por exemplo, apesar de serem mais baratos e fáceis de aplicar, testes de campo medem apenas uma variável (*e.g.*, repetições ou altura do salto). Hipoteticamente, instrumentos laboratoriais (*e.g.*, plataforma de força), forneceriam mais variáveis que podem revelar relações ainda não observadas. Portanto, medir mais variáveis com testes laboratoriais proporcionaria uma compreensão mais abrangente da aptidão muscular relacionada ao desempenho dos bombeiros.

Outra medida importante não explorada pela meta análise de Ras *et al.* (25) é a aptidão anaeróbia. Entretanto, foram encontrados cinco estudos (53,55,58,63,65) que utilizaram o teste de Wingate, um estudo que utilizou o teste de corrida de 400 m (56) e outro estudo que utilizou os testes de 300 jardas e o teste de Margaria-Kalamen (54). Os estudos que utilizaram o teste de Wingate encontraram correlação moderada a alta ($r = -0,48$ e $-0,73$) entre o desempenho no teste simulado e as variáveis de potência pico e média, em termos absolutos (W) e relativos ($W \cdot kg^{-1}$). O estudo de Williams-Bell *et al.* (63) encontrou correlação diferentes para homens e mulheres ($r = -0,25$ e $-0,37$, respectivamente) e na amostra agrupada ($r = -0,57$). Já os estudos que utilizaram testes de campo

encontraram correlações altas ($r = 0,6$ e $0,79$) entre os testes de potência anaeróbia e o desempenho em tarefas simuladas. As correlações encontradas nesses estudos entre a potência anaeróbia e o desempenho em testes simulados destacam a importância dessa medida no desempenho de bombeiros.

A literatura mostra que a composição corporal também está relacionada com o desempenho de bombeiros. A meta-análise de Ras *et al.* (25) apontou que a obesidade ($IMC \geq 30 \text{ kg.m}^2$ ou $\% \text{ gordura} > 25\%$) tem correlação ($R = 0,32$, $p < 0,001$, $I^2 = 55\%$) com o desempenho nos testes operacionais. A análise subgrupo revelou que a correlação aumentou consideravelmente em estudos que avaliaram testes com cinco ou mais tarefas em sequência ($R = 0,54$, $p < 0,001$, $I^2 = 0\%$) e utilizaram EPI com massa $> 22 \text{ kg}$ ($R = 0,51$, $p < 0,001$, $I^2 = 0\%$). Esses resultados evidenciam a relação moderada entre o percentual de gordura e o desempenho operacional de bombeiros.

Apesar do grande número de estudos que investigaram a relação entre diversos parâmetros de aptidão física e o desempenho de bombeiros a alta heterogeneidade entre estudos deve ser considerada. As diferentes características das amostras (principalmente sexo e faixa etária), protocolos de testes (principalmente duração e massa dos equipamentos) influenciam os coeficientes de correlação. Por isso, estudos com amostras mais homogêneas devem ser realizados para compreender melhor a relação entre as medidas de aptidão física e o desempenho de bombeiros. Não obstante, os estudos mostram que bombeiros com maior capacidade aeróbia, anaeróbia, menor percentual de gordura, força e resistência muscular tendem a apresentar melhor desempenho. Portanto, quantificar a relação entre os componentes da aptidão física e o desempenho de bombeiros é essencial para prever desempenho operacional e desenvolver programas de treinamento mais adequados. O Capítulo V dessa tese apresenta um estudo com objetivo de quantificar a relação entre medidas de aptidão física e a capacidade de prever o desempenho em testes de tarefas simuladas de CIU e RV.

Capítulo II

CAPÍTULO II - IDENTIFICANDO AS TAREFAS MAIS IMPORTANTE, FREQUENTES E FISICAMENTE EXIGENTES DE BOMBEIROS BRASILEIROS

Esse capítulo aborda a identificação das tarefas essenciais executadas por bombeiros do Distrito Federal para validação de uma lista de tarefas que possam ser utilizadas para desenvolver testes de aptidão física baseados na análise da tarefa. Esse estudo foi publicado de acordo com a seguinte citação:

Ferreira, D.V., Marins E., Cavalcante, P, Simas, V., Canetti, E. F.D., Orr, R. e Vieira, A., *Identifying the most important, frequent, and physically demanding tasks of Brazilian firefighters*, *Ergonomics*, Londres, v. 67, n. 1, p. 111 – 122, abr., 2023. DOI: [10.1080/00140139.2023.2206072](https://doi.org/10.1080/00140139.2023.2206072)

Resumo

Esse estudo teve o objetivo identificar as tarefas mais importantes, frequentes e fisicamente exigentes executadas por bombeiros brasileiros, e identificar tarefas que poderiam ser usadas para desenvolver um TAF para essa população. Uma amostra de 524 bombeiros avaliou 37 tarefas, por meio de escala de Likert, nos três domínios de interesse: importância, frequência e esforço físico. Um modelo de decisão dicotômico foi empregado para analisar os resultados do questionário e identificar as tarefas que poderiam ser incluídas em um TAF para bombeiros. Esse modelo considerou fatores como a classificação média da importância, frequência, esforço físico, duplicidade, complexidade, variabilidade e viabilidade de simular cada tarefa. Após essa análise foram identificadas 14 tarefas relacionadas ao CIU e RV. As duas tarefas de combate a incêndios florestais identificadas apresentaram a maior média geral, considerando os três domínios. O nado reboque de vítima inconsciente foi classificado a tarefa fisicamente mais exigente. Contudo, essas tarefas foram excluídas no modelo de decisão dicotômico. O carregamento de cones para sinalização e controle de tráfego foi considerada a tarefa mais importante e com maior frequência. Esses achados fornecem informações para a criação de testes com maior validade, e para a elaboração de programas de treinamento voltados para as demandas específicas dessa população. Os resultados desse estudo permitiram desenvolver os testes de tarefas simuladas utilizados nos estudos apresentados nos Capítulos III e V dessa tese.

1. Introdução

A profissão de bombeiro é uma profissão fisicamente exigente (6,96,245), assim, não é surpreendente que níveis mais elevados de aptidão cardiorrespiratória (44,45,49,246) e muscular (55,57,60,63) estão associados a um melhor desempenho em atividades de bombeiros. Além disso, níveis inadequados de aptidão física podem expor os bombeiros a um risco aumentado de esforço excessivo e lesões (13,14,247), desenvolvimento de doenças crônicas (16–18), risco aumentado de morte súbita cardíaca (19–21), e coloca os bombeiros (e potencialmente os membros da comunidade) em situações de risco de vida. Portanto, é fundamental desenvolver e aplicar um teste de aptidão física (TAF) adequado para selecionar recrutas e monitorar bombeiros da ativa.

O principal objetivo de um TAF específico para uma profissão é garantir que os funcionários possam realizar de maneira segura e eficaz as tarefas mais críticas (ou seja, árduas e fisicamente exigentes) e genéricas (ou seja, comuns e frequentes) de sua profissão (40). Além disso, estabelecer os padrões adequados para um TAF pode ajudar na mitigação de lesões (171,175) e doenças relacionadas ao trabalho (16,87), pois a maioria das lesões e doenças relacionadas ao combate a incêndios são evitáveis e estão associadas à baixa aptidão física (175,178,180). Assim, os empregadores têm o dever de cuidado e a responsabilidade de desenvolver e implementar um TAF válido e baseado em evidências para a seleção e retenção de seus bombeiros, garantindo que eles estejam em forma o suficiente para desempenhar suas funções. (39,40).

No Brasil, o TAF para bombeiros é um requisito obrigatório para ingressar nos CBMs e deve ser realizado anualmente ao longo de sua carreira, embora a estrutura do TAF possa variar entre os estados. Notavelmente, a maioria dos TAFs utilizados nos CBMs no Brasil emprega testes de componentes gerais da aptidão física (CGA) para avaliar a aptidão física tanto dos candidatos quanto dos bombeiros da ativa. Apesar das evidências mostrem correlações moderadas a fortes entre alguns testes de CGA e o desempenho simulado no combate a incêndios (59,60,63,67,217) esses tipos de testes são questionáveis, pois podem não refletir as demandas operacionais reais do combate a incêndios. (39,119,171,248).

No entanto, testes “critério” ou “baseados em conteúdo” podem ser mais adequados para avaliar componentes da aptidão física relevantes para a profissão de bombeiro. Esses testes são utilizados como padrão de desempenho profissional nos Corpos de Bombeiros em vários países (27,162,217,219). Apesar das questões mais desafiadoras relacionadas aos testes baseados em conteúdo, como logística complexa e custos mais altos, eles são geralmente considerados mais válidos e com maior valor preditivo do que os testes de CGA, tornando-os, assim, mais defensáveis legalmente (26,39).

Os métodos de análise da tarefa são utilizados para desenvolver testes “baseados em conteúdo”. Um dos primeiros passos de uma análise da tarefa é estabelecer a validade de conteúdo do teste. No contexto do TAF, a validade de conteúdo descreve a extensão em que um teste é relevante e representativo das tarefas essenciais realizadas pelos bombeiros. Vários estudos buscaram identificar os métodos e procedimentos para determinar as tarefas a serem avaliadas para avaliar a aptidão física relevante para a ocupação de bombeiros e outras profissões semelhantes. (39,40,42). Porém, a imprevisibilidade, a variabilidade e os perigos potenciais das atividades de bombeiros impõem diversas limitações à identificação objetiva das tarefas essenciais que os bombeiros devem realizar (40,42). Portanto, para identificar as tarefas operacionais essenciais de bombeiros, recomenda-se uma análise de tarefas subjetiva (40,42,248).

Assim, o estudo teve como objetivos: a) identificar tarefas com validade de conteúdo realizadas por bombeiros na capital brasileira, com base em três domínios (importância, frequência e demanda física); e b) identificar um subconjunto de tarefas que possa ser utilizado para desenvolver um TAF critério para bombeiros brasileiros.

2. Métodos

2.1. Desenho do estudo

Um estudo transversal, utilizando análise subjetiva de tarefas, foi realizado. Uma pesquisa *online* foi elaborada e disponibilizada para os bombeiros. A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma série de discussões em mesas-

redondas com um grupo de especialistas em atividades operacionais, para discutir e determinar as tarefas que deveriam ser avaliadas nos três domínios: importância, frequência e demanda física. Após essas discussões, o questionário *online* foi criado e disponibilizado para que os bombeiros avaliassem 37 tarefas nos três domínios. De acordo com o regulamento do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito federal (CBMDF), tivemos 60 dias para elaborar um relatório para o comando, portanto, a pesquisa esteve disponível por 40 dias consecutivos, de agosto a setembro de 2019. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética Institucional da Universidade de Brasília (CAAE: 38585220.1.0000.0030).

2.2. Contexto

No Brasil, os Corpos de Bombeiros são responsáveis por atender inúmeras chamadas de emergência, incluindo incêndios florestais e urbanos, busca e salvamento e atendimento pré-hospitalar. O CBMDF emprega 5.199 bombeiros (4.411 [85%] homens, 788 [15%] mulheres, idade = 39 ± 8 anos, experiência profissional = 16 ± 10 anos). Este Corpo de Bombeiros atendeu a um total de 133.570 chamadas em 2019. Uma comissão de especialistas, composta por cinco bombeiros (idade = 39 ± 9 , faixa de 30-50 anos; experiência = 17 ± 10 , faixa de 7-28 anos), incluindo dois autores deste estudo (DVF e PFC), foi designada para auxiliar na elaboração de um relatório para validar o desenvolvimento de um novo TAF. A ampla faixa de idades e experiências de serviço do grupo de especialistas foi deliberadamente escolhida para mitigar viés sistemático introduzido pela idade e experiência profissional dos grupos de especialistas (42). Seguindo os procedimentos descritos por Taylor *et al.* (249), todos os especialistas estavam familiarizados com as funções da comissão e tinham acesso total a manuais operacionais, procedimentos operacionais padrão, relatórios de incidentes e dados de TAFs anuais anteriores (em vigor desde 2011).

2.3. Procedimentos

A pesquisa foi elaborada seguindo uma abordagem em duas etapas. A primeira etapa consistiu em uma reunião do grupo de especialistas para discutir a literatura sobre o tema e comparar os achados com as diretrizes atuais para o TAF obrigatório realizado anualmente no CBMDF. Com base nos resultados da

primeira etapa, que estabeleceu o contexto atual do TAF no CBMDF, a segunda etapa da pesquisa foi realizada para identificar as tarefas mais importantes, frequentes e fisicamente exigentes realizadas pelos bombeiros de Brasília, Brasil. Uma lista de tarefas operacionais essenciais executadas pelos bombeiros foi determinada, e a partir disso foi criada uma pesquisa *online* (Google Forms, Mountain View, Califórnia, EUA).

A primeira parte da pesquisa foi projetada para coletar dados demográficos da amostra (sexo, idade, experiência em combate a incêndios, patente e horário de trabalho). A segunda parte apresentou as tarefas com fotos e uma breve descrição. Os bombeiros foram instruídos a avaliar todas as tarefas em uma escala tipo Likert de cinco pontos (1 = muito baixo e 5 = muito alto) de acordo com a importância, frequência e esforço físico.

Como as pesquisas de análise subjetiva de tarefas estão sujeitas ao risco de exagero, foram incluídas duas tarefas de baixo esforço (conexão de mangueira e aduchamento de mangueiras) como “questões de calibração” (250). Além disso, um campo de comentários foi incluído ao final da pesquisa para que os participantes sugerissem e descrevessem quaisquer outras tarefas que não foram apresentadas.

Após a aprovação do comando do CBMDF, a pesquisa foi disponibilizada para todos os bombeiros da ativa por meio de um *link* compartilhado na intranet do Corpo de Bombeiros e redes sociais. O convite para a pesquisa também foi compartilhado via *WhatsApp* (WhatsApp Inc., Mountain View, Califórnia, EUA). Essa abordagem dupla teve a intenção de que todos os bombeiros pudessem ter acesso à pesquisa.

2.4. Análise estatística

Uma análise *a posteriori* revelou que 370 participantes constituíam a amostra mínima com um nível de confiança de 95%, $p = 0,05$ e precisão de $\pm 5\%$. (251). Os dados demográficos são apresentados como média \pm desvio padrão (DP). Os resultados do questionário são apresentados como uma média para cada domínio (importância, frequência e esforço físico) e a média geral de todos os três domínios combinados. Para analisar a uniformidade das respostas das

tarefas, incluímos a moda de cada resposta, e todas as avaliações na escala de Likert (de 1 a 5) foram reportadas com o percentual de respondentes que as avaliaram (42). Foram realizadas comparações entre a classificação das tarefas entre os sexos usando um teste qui-quadrado. Quando mais de 20% das células apresentaram uma frequência esperada de menos de cinco, as classificações foram agrupadas em três níveis (<3, 4 e 5) (252). Um teste t para amostras independentes e o d de Cohen $\left(\frac{M1-M2}{DP\ agrupado}\right)$ foram realizados para analisar diferenças entre as características dos participantes. As análises estatísticas foram realizadas usando uma planilha do Microsoft Excel (2019) e o SPSS v. 25 (IBM Corp., Armonk, NY, EUA).

Um modelo de decisão dicotômica foi utilizado para analisar os resultados da pesquisa. Este modelo foi empregado para derivar uma sub-lista de tarefas que merecem uma investigação mais aprofundada e têm o potencial de compor um TAF viável com validade de conteúdo. O modelo considerou a média das classificações de importância, frequência e esforço físico, além da duplicidade, complexidade, variabilidade e viabilidade de simular cada tarefa. Como este modelo visava identificar tarefas que poderiam ser usadas em um TAF, no "Passo 1", identificamos aquelas de alta demanda (ou seja, acima da média da demanda física). No "Passo 2", mantivemos as tarefas abaixo da média para demanda física, mas acima da média para importância ou frequência. No "Passo 3", excluímos tarefas com padrões de movimento semelhantes que demandam menos esforço físico. No "Passo 4", excluímos tarefas realizadas por duas ou mais pessoas, uma vez que tarefas realizadas por um único bombeiro seriam preferíveis para um TAF que visa avaliar a aptidão física individual. Nos "Passos 5 e 6", consideramos a viabilidade de simular tarefas em um TAF, excluindo tarefas que demandam alta habilidade técnica, visto que o objetivo é avaliar capacidades físicas, e aquelas muito variáveis ou difíceis de replicar. A Figura 1 apresenta o modelo de decisão dicotômica em seis etapas.

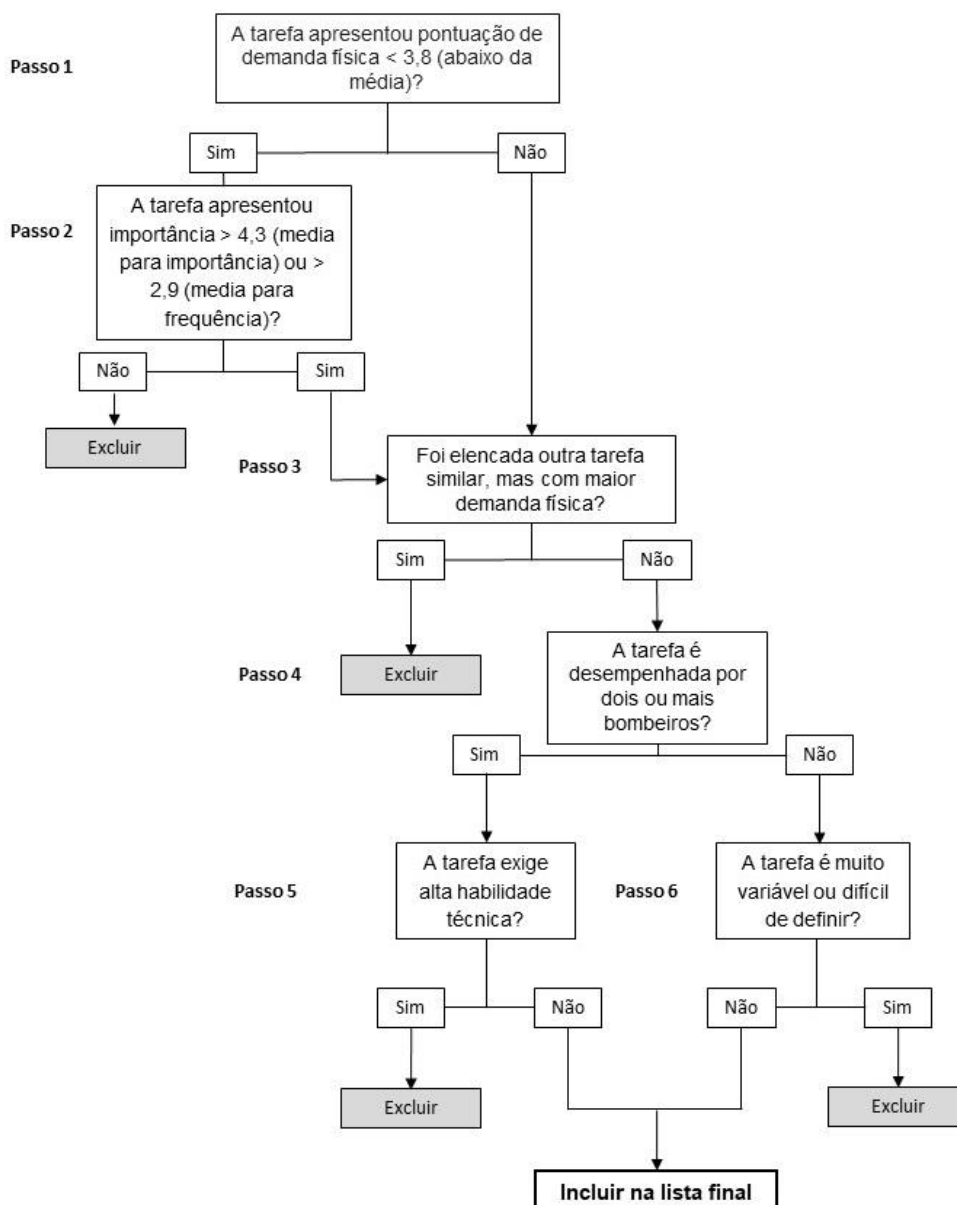


Figura 3. Modelo de decisão dicotômica

3. Resultados

Após as duas primeiras etapas do estudo, o grupo de especialistas elaborou uma lista de 37 tarefas essenciais realizadas pelos bombeiros em todas as suas funções e escopo. Essas 37 tarefas formaram a base da pesquisa enviada aos bombeiros, da qual 524 bombeiros (10% da força de trabalho) responderam. Os homens constituíram 84% dos respondentes e as mulheres 16%, proporcional à população geral de bombeiros (ou seja, 85% e 15% para homens e mulheres, respectivamente). A Tabela 4 resume as características dos participantes.

Tabela 4. Características dos participantes.

	Total (n= 524)	Homens (n= 440)	Mulheres (n= 84)
Idade (anos) [#]	37 ± 7	38 ± 7*	33 ± 6
Experiência (anos) [#]	14 ± 9	15 ± 9*	8 ± 8
Quadro funcional			
Praça combatente [‡] % (n)	77 (406)	75 (328)	93 (78)
Conductor e operador de viaturas [‡] % (n)	12 (65)	15 (64)	1 (1)
Oficiais % (n)	7 (39)	8 (35)	5 (4)
Oficiais administrativos % (n)	3 (14)	3 (13)	1 (1)
Regime de trabalho			
Expediente administrativo diário % (n)	15 (79)	31 (130)	42 (35)
Escala de 24h operacional [‡] % (n)	52 (270)	54 (231)	44 (37)
Escala de 12h operacional [†] % (n)	33 (172)	15 (65)	14 (12)

Dados apresentados como média ± DP. *Maior do que as mulheres ($p < 0,001$; $d = 0,77$ para ambos).

‡Escala de 24 h de serviço, 72 h de folga. †Escala de 12 h de serviço, 24 h de folga, 12 h de serviço, 72 h de folga (motoristas de ambulância e operadores de rádio).

As médias das avaliações para cada tarefa estão apresentadas na Tabela 5 em ordem decrescente de média geral de importância, frequência e esforço físico.

Tabela 5. As médias das avaliações relatadas para cada tarefa estão em ordem decrescente de média geral de importância, frequência e esforço físico.

Tarefa	Importância	Frequência	Demanda física	Média geral
Combate à incêndios florestais com bomba costal de 20 L	4,81	4,51	4,57	4,63
Combate à incêndios florestais com abafador	4,73	4,55	4,56	4,61
Transporte de vítima (80 kg) na prancha com quatro bombeiros	4,88	4,65	3,72	4,42
Operar ferramentas hidráulicas de extricação acima da linha dos ombros	4,78	3,62	4,35	4,25
Operar ferramentas hidráulicas de extricação abaixo da linha dos ombros	4,68	3,24	4,69	4,20
Operar a motosserra em corte de árvores	4,46	3,88	4,07	4,14
Carregar ferramentas hidráulicas de extricação	4,61	3,74	3,95	4,10
Carregar troncos e galhos após corte de árvore	4,28	3,83	3,95	4,02
Subida de escada com EPI + EPR*	4,53	2,85	4,42	3,93
Carregar cones de sinalização e controle de tráfego	4,90	4,74	2,06	3,90
Resgate de afogado inconsciente na água com nado reboque (~40 m)	4,68	2,27	4,76	3,90
Resgate de vítima inconsciente (80 kg) equipado com EPI + EPR	4,74	2,13	4,76	3,88
Subida de escadas com EPI + EPR e carregando um fardo com duas mangueiras	4,25	2,56	4,65	3,82
Progressão em três pontos com mangueira pressurizada	4,59	2,83	3,90	3,77
Arrasto de mangueira pressurizada (38 mm)	4,23	3,03	4,00	3,76
Carregar mangueiras aduchadas (38 mm)	4,37	3,47	3,14	3,66
Carregar equipamentos (>10 kg) ultrapassando obstáculos (<i>guard rail</i>)	4,16	2,93	3,89	3,66
Busca e salvamento em ambiente com baixa visibilidade	4,60	2,11	4,26	3,66
Transporte de vítima na prancha (80 kg) em estruturas colapsadas	4,55	1,84	4,43	3,61
Montagem de palco de materiais para extricação	4,47	3,13	3,06	3,55
Carregar uma mangueira aduchada (64 mm)	4,26	3,19	3,16	3,53
Progressão em estruturas colapsadas	4,40	1,68	4,43	3,50
Conexão de mangueiras	4,59	3,76	2,14	3,50
Carregar duas mangueiras aduchadas (64 mm)	3,94	2,41	3,95	3,43
Arrasto de mangueira pressurizada (64 mm)	3,68	2,27	4,32	3,42
Entrada forçada com marreta (5 kg)	4,17	2,30	3,79	3,42
Descensão vertical de vítima no salvamento em altura	4,60	1,80	3,84	3,41

Arrasto de mangueira despressurizada (38 mm)	3,97	3,15	2,94	3,36
Descensão vertical sem vítima para salvamento em altura	4,49	1,98	3,40	3,29
Subida de escada prolongável (8 m) com EPI + EPR	4,12	2,75	2,97	3,28
Posicionamento de escada prolongável (8 m) com dois bombeiros	4,03	2,77	2,95	3,25
Arrasto de mangueira despressurizada (64 mm)	3,71	2,58	3,40	3,23
Aduchar mangueiras (38 and 64 mm)	4,02	3,38	2,25	3,22
lçamento de mangueira (38 mm)	3,77	2,01	3,71	3,16
Ascensão vertical no salvamento em altura	3,72	1,61	4,11	3,15
Elevação de escada prolongável (8 m) 1 pessoa	3,97	2,68	2,76	3,14
Abertura de ventilação no teto com o croque	3,95	1,93	3,46	3,11

*EPI = Equipamento de proteção individual. EPR = Equipamento de proteção respiratória.

A porcentagem de respondentes que concordaram com cada classificação (de 1 a 5) para todas as tarefas em termos de importância, frequência e demanda física está apresentada nas Figuras 2, 3 e 4, respectivamente.

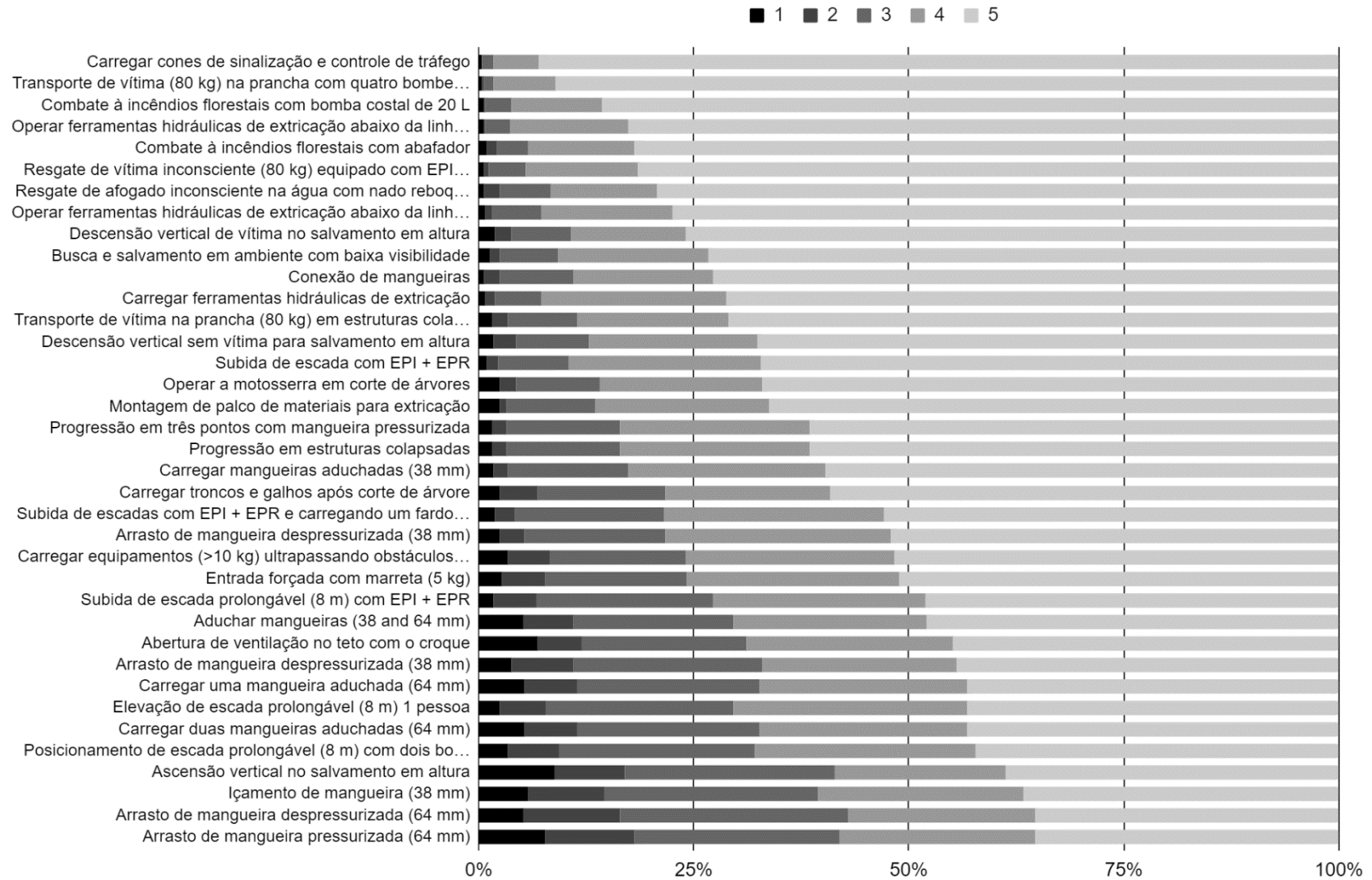


Figura 4. Percentual de resposta pra cada pontuação (1 - 5) na escala de Likert no domínio da importância para todas as tarefas.

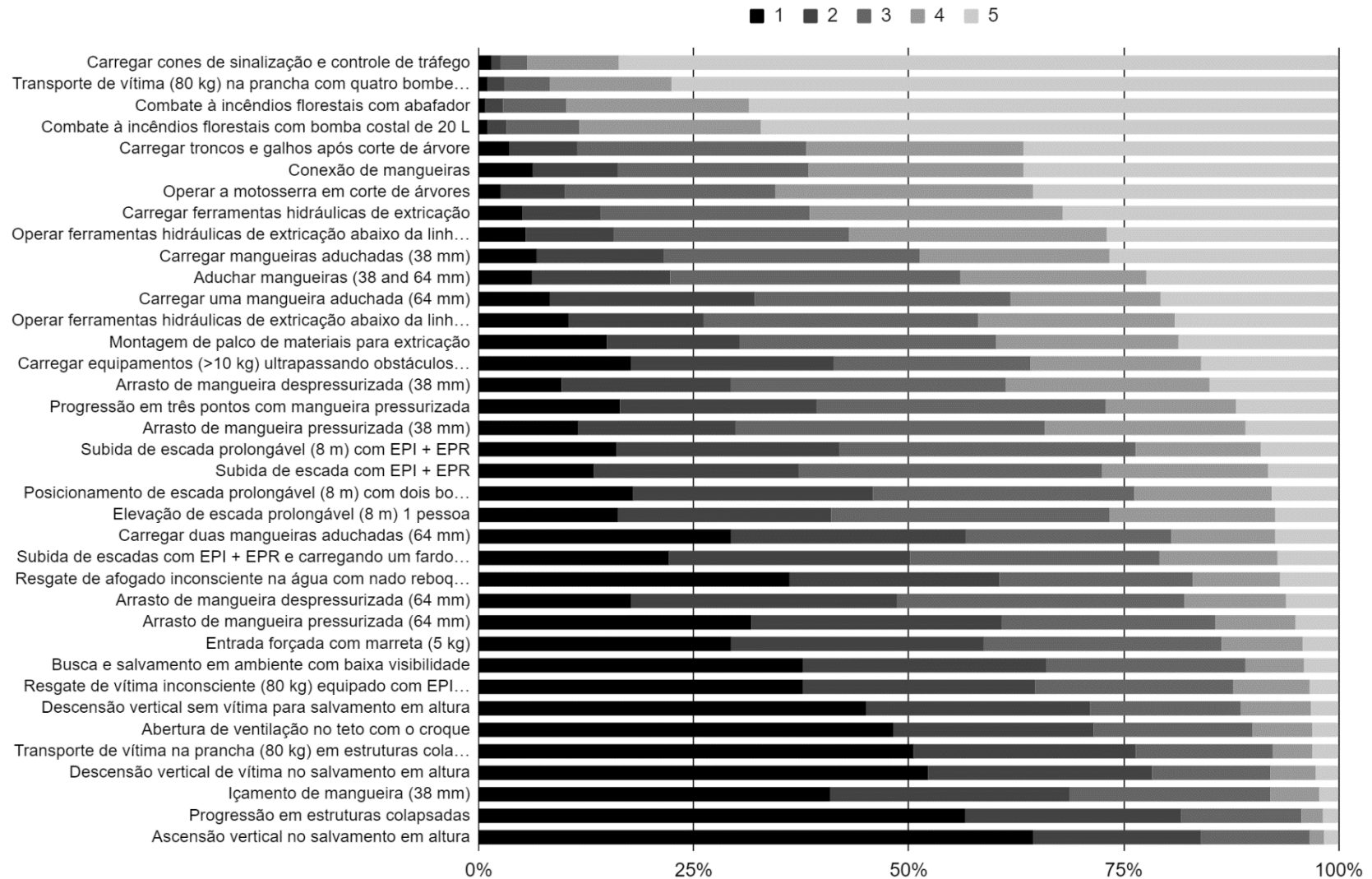


Figura 5. Percentual de resposta pra cada pontuação (1 - 5) na escala de Likert no domínio da frequência para todas as tarefas.

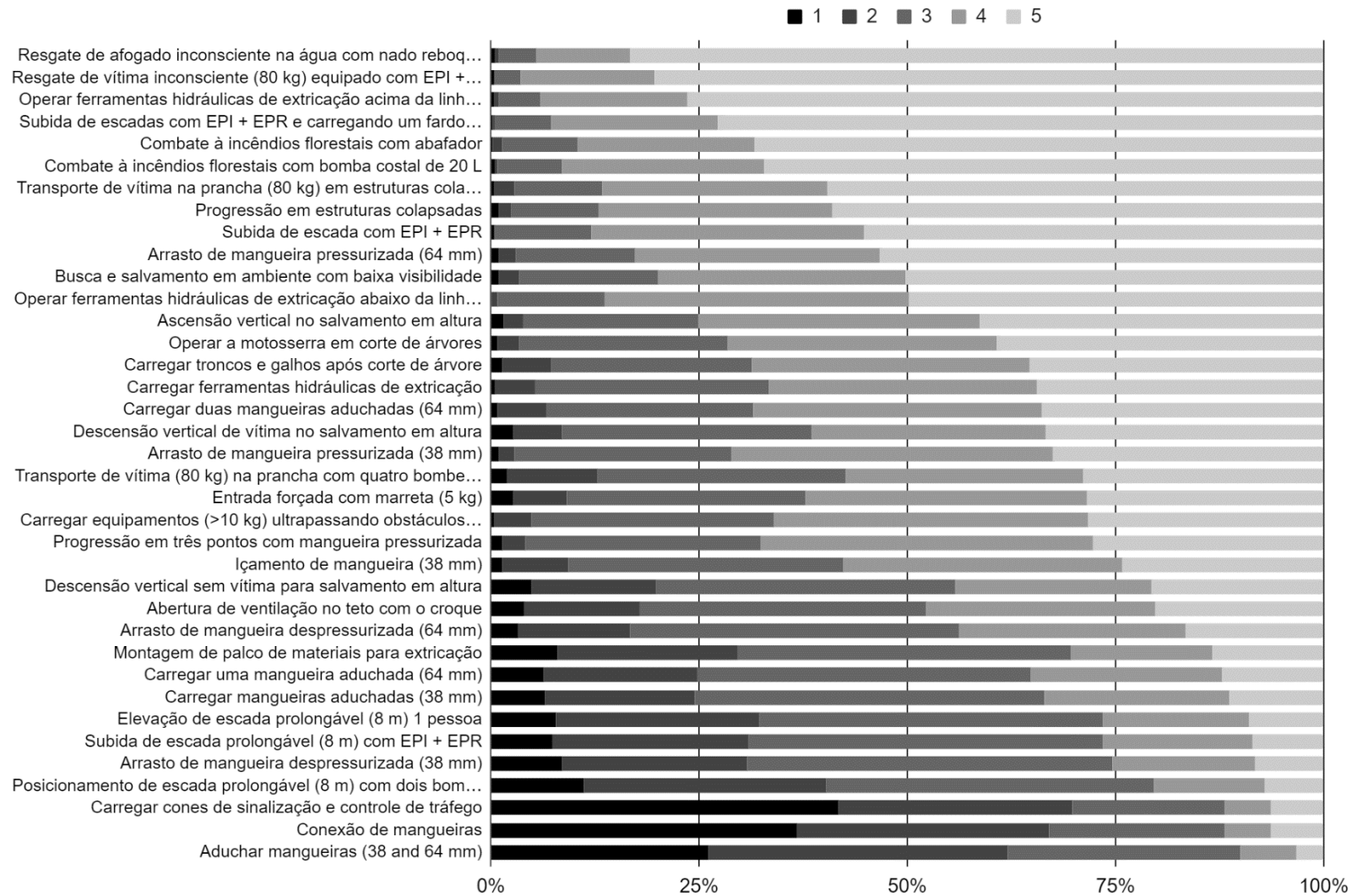


Figura 6. Percentual de resposta pra cada pontuação (1 - 5) na escala de Likert no domínio da demanda física para todas as tarefas.

Todas as 37 tarefas apresentaram uma moda de 5 para importância (Figura 2). As tarefas com maior porcentagem de respondentes que a classificaram como 5 foram: (1) Carregar cones de sinalização e controle de tráfego [93%], (2) Transporte de vítima (80 kg) na prancha com quatro bombeiros [91%], (3) Combate a incêndios florestais com bomba costal de 20 kg [86%], (4) Operação de ferramentas hidráulicas de extricação abaixo da linha do ombro [83%], e (5) Combate de incêndios florestais com abafador [82%].

Oito tarefas apresentaram uma moda de 5 para frequência (Figura 3). As tarefas com maior porcentagem de respondentes que a classificaram como 5 foram: (1) Carregar cones de sinalização e controle de tráfego [84%], (2) Transporte de vítima (80 kg) na prancha com quatro bombeiros [78%], (3) Combate a incêndios florestais com abafador [69%], (4) Combate a incêndios florestais com bomba costal de 20 L [67%], e (5) Transporte de troncos e galhos após o corte de árvores [37%].

Dezesseis tarefas apresentaram uma moda de 5 para demanda física (Figura 6). As tarefas com maior porcentagem de respondentes que a classificaram como 5 foram: (1) Resgate de afogado inconsciente na água com nado reboque (~40 m) [83%], seguido por (2) Resgate de vítima inconsciente (80 kg) com EPI + EPR [80%], (3) Operar ferramentas hidráulicas de extricação acima da linha do ombro [76%], (4) Subida de escadas com EPI + EPR e fardo com duas mangueiras [73%], e (5) Combate a incêndios florestais com abafador [68%].

Cento e sessenta e dois bombeiros (31% da amostra) forneceram informações adicionais na seção de comentários. As respostas mais frequentes (22 comentários: 13,6%) sugeriram que a manobra de ressuscitação cardiopulmonar (RCP) também poderia ser incluída como um requisito de tarefa. Quatorze comentários (8,6%) ofereceram feedback positivo em relação à pesquisa.

A análise de decisão dicotômica (Figura 1) gerou os seguintes resultados. No primeiro passo do modelo, 15 tarefas foram identificadas como abaixo da média (< 3,8) em esforço físico. Essas tarefas foram: (1) Transporte de vítima

(80 kg) na prancha com quatro bombeiros; (2) Lçamento de mangueira (38 mm); (3) Abertura de ventilação no teto com o croque; (4) Descensão vertical sem vítima para salvamento em altura; (5) Arrasto de mangueira despressurizada (64 mm); (6) Carregamento de uma mangueira aduchada (64 mm); (7) Carregamento de duas mangueiras aduchadas (38 mm); (8) Montagem de palco de materiais para extricação; (9) Subida de escada prolongável (8 m) com EPI + EPR; (10) Posicionamento de escada prolongável (8 m) com dois bombeiros; (11) Arrasto de mangueira despressurizada (38 mm); (12) Elevação de escada prolongável (1 pessoa); (13) Aduchar mangueiras (38 e 64 mm); (14) Conexão de mangueiras; e (15) Carregar cones de sinalização e controle de tráfego.

O limiar de 3,8 (média para o domínio de demanda física) foi escolhido porque as tarefas que pontuaram abaixo da média em esforço físico teriam menor relevância em um TAF. No entanto, conforme descrito no passo 2, tarefas foram reincluídas na análise se pontuaram acima da média em importância (> 4,3) ou frequência (> 2,9), mesmo que tivessem sido excluídas no passo 1. Assim, as seguintes seis tarefas foram reincluídas: (1) Transporte de vítima (80 kg) na prancha com quatro bombeiros; (2) Descensão vertical sem vítima para salvamento em altura; (3) Carregar mangueiras aduchadas (38 mm); (4) Montagem de palco de materiais para extricação; (5) Conexão de mangueiras; e (6) Carregar cones de sinalização e controle de tráfego.

No terceiro passo foram excluídas tarefas com padrões de movimento similares, mas com menor demanda física. Após esse passo, cinco tarefas foram excluídas: (1) Subida de escada prolongável com EPI + EPR; (2) Arrasto de mangueira pressurizada (38 mm); (3) Progressão em três pontos com linha de mangueira pressurizada; (4) Descensão vertical sem vítima para salvamento em altura; e (5) Carregar mangueiras aduchadas (38 mm).

No quarto passo, foram excluídas as tarefas que exigiam mais de uma pessoa para serem executadas. Esses tipos de tarefas seriam provavelmente inadequados para um TAF que avalia a aptidão individual, considerando que o desempenho de um bombeiro poderia afetar o desempenho de outro. As tarefas excluídas foram: (1) Transporte de vítima na prancha (80 kg) em estruturas colapsadas; e (2) Transporte de vítima (80 kg) na prancha com quatro

bombeiros. Após discussão, uma decisão unânime do grupo de especialistas concluiu que, apesar da tarefa de transporte de vítima de 80 kg em prancha ser um evento de quatro pessoas, o transporte de vítimas teve a terceira maior média geral em todos os três domínios (4,4) e recebeu uma pontuação de 5 por 91% dos participantes. Além disso, essa tarefa pode ser facilmente simulada com o bombeiro carregando uma carga de aproximadamente 20 kg. Por esses motivos, essa tarefa foi reincluída.

Finalmente, o passo 5 exclui tarefas consideradas "muito variáveis" em termos de duração e dificuldade e o passo 6 aquelas muito difíceis de definir e simular. Esses passos foram incluídos porque tarefas que atendiam a esses critérios seriam impraticáveis de replicar. Por exemplo, o resgate de uma vítima de afogamento ou atividades de combate a incêndios florestais podem ser extremamente variáveis e desafiadoras de simular, além de requerer a utilização de EPIs diferentes do usualmente utilizados no socorro urbano.

A análise de decisão dicotômica resultou em uma lista de 14 tarefas consideradas validadas e dignas de avaliação em um TAF. As decisões foram unânimes entre todos os membros da comissão de SME. As tarefas descritas na Tabela 6 estão em ordem decrescente da média geral.

Tabela 6. Lista final de tarefas identificadas.

Tarefa	Importância	Demanda física	Frequência	Média geral
Transporte de vítima (80 kg) na prancha	4,88 – 5 (91%)	3,72 – 3 (30%)	4,65 – 5 (77%)	4,42
Operar ferramentas hidráulicas de extricação acima da linha dos ombros	4,78 – 5 (77%)	4,35 – 5 (76%)	3,62 – 3 (32%)	4,25
Operar ferramentas hidráulicas de extricação abaixo da linha dos ombros	4,68 – 5 (83%)	4,69 – 5 (50%)	3,24 – 4 (30%)	4,20
Carregar ferramentas hidráulicas de extricação	4,61 – 5 (71%)	3,95 – 5 (34%)	3,74 – 5 (32%)	4,10
Subida de escadas com EPI + EPR e carregando um fardo com duas mangueiras	4,53 – 5 (67%)	4,42 – 5 (55%)	2,85 – 3 (35%)	3,93
Carregar cones de sinalização e controle de tráfego	4,90 – 5 (93%)	2,06 – 1 (42%)	4,74 – 5 (84%)	3,90
Resgate de vítima inconsciente (80 kg) equipado com EPI + EPR	4,74 – 5 (82%)	4,76 – 5 (80%)	2,13 – 1 (38%)	3,88
Arrasto de mangueira pressurizada (38 mm)	4,23 – 5 (52%)	4,00 – 4 (39%)	3,03 – 3 (36%)	3,76
Busca e salvamento em ambiente com baixa visibilidade	4,60 – 5 (73%)	4,26 – 5 (50%)	2,11 – 1 (38%)	3,66
Carregar equipamentos (>10 kg) ultrapassando obstáculos (<i>guard rail</i>)	4,16 – 5 (52%)	3,89 – 4 (38%)	2,93 – 2 (23%)	3,66
Montagem de palco de materiais para extricação	4,47 – 5 (66%)	3,06 – 3 (40%)	3,13 – 3 (30%)	3,55
Conexão de mangueiras	4,59 – 5 (73%)	2,14 – 1 (37%)	3,76 – 5 (37%)	3,50
Carregar duas mangueiras aduchadas (64 mm)	3,94 – 5 (43%)	3,95 – 4 (35%)	2,41 – 1 (29%)	3,43
Entrada forçada com marreta (5 kg)	4,17 – 5 (51%)	3,79 – 4 (34%)	2,30 – 2 (29%)	3,42

As tarefas estão apresentadas como média - moda e a frequência (%) dos participantes que as avaliaram como 5 na escala de Likert. Os dados são apresentados em ordem decrescente da média geral.

Na lista final de tarefas, as comparações entre os sexos revelaram que as mulheres classificaram a operação de ferramentas hidráulicas de extração acima da linha do ombro ($\chi^2(2) = 10,768$, $p = 0,005$) e abaixo da linha dos ombros ($\chi^2(2) = 12,348$, $p = 0,002$) como mais exigente fisicamente do que os homens.

4. Discussão

O objetivo principal desse estudo foi identificar as tarefas mais importantes, frequentes e fisicamente exigentes realizadas pelos bombeiros do Corpo de Bombeiros de Brasília, Brasil. O objetivo secundário foi identificar um subconjunto de tarefas validadas que pudessem ser avaliadas em um TAF para os Corpos de Bombeiros brasileiros. Os métodos aplicados resultaram em uma lista de 14 tarefas com validade de conteúdo (Tabela 3).

Das 37 tarefas, 19 possuem um componente de sobrecarga de equipamentos > 10 kg. Isso é bastante considerando que a sobrecarga de equipamentos está associada ao envolvimento em lesões (253), e diminuição no desempenho ocupacional (111). Sete das 14 tarefas finais estão relacionadas a acidentes automobilísticos e sete a atividades de combate a incêndios estruturais. Com base nos relatórios mais recentes (2017-2019), (254), acidentes automobilísticos foram o tipo de atendimento mais frequente, contabilizando cerca de 25% das chamadas. Em contraste, o combate a incêndios estruturais representou apenas cerca de 5% das chamadas. Embora os incêndios estruturais sejam muito menos frequentes, eles representam a essência do Corpo de Bombeiros e são considerados uma das atividades mais perigosa, além de impor demandas físicas e fisiológicas intensas aos bombeiros (19,22,100,255). Os resultados do presente estudo também indicam que, para a maioria dos participantes, das sete tarefas relacionadas ao combate a incêndios estruturais, três foram consideradas como “muito alta” para a demanda física (moda= 5), três como “altas” (moda= 4) e apenas uma como “muito baixa” (moda= 1). Para as tarefas relacionadas a acidentes automobilísticos, três foram consideradas com demanda física “muito alta” (moda= 5), uma como “alta” (moda= 4), duas como “média” (moda= 3) e uma como “muito baixa” (moda= 1).

A maior média de esforço físico entre as 14 tarefas da lista final foi para o “Resgate de vítima inconsciente (80 kg) equipado com EPI + EPR)” (média= 4,76; moda= 5, com 80% dos participantes avaliando como 5). Esse resultado corrobora pesquisas anteriores que demonstraram que essa tarefa está entre as mais exigentes para os bombeiros (22,27,36). Subida de escadas com EPI + EPR e carregando um fardo com duas mangueiras foi considerada a terceira tarefa mais fisicamente exigente (média = 4,65; moda = 5, com 73% dos participantes avaliando como 5), o que também está de acordo com a literatura (22,27,36). Ambas as tarefas são tipicamente realizadas em ambientes de combate a incêndios estruturais e são amplamente utilizadas em TAFs em diversos países. (26,27,55).

A segunda e a quarta tarefa mais fisicamente exigente foram operar ferramentas hidráulicas de extricação acima da linha do ombro (média = 4,69; moda = 5, com 76% dos entrevistados avaliando como 5) e operar ferramentas hidráulicas de extricação abaixo da linha do ombro (média = 4,35; moda = 5, com 50% dos entrevistados avaliando como 5), respectivamente. Esses resultados diferem dos de Taylor *et al.* (28), que reportaram uma pontuação média de 3,75, numa escala de 1 a 5, para a mesma tarefa. Nossa maior proporção de mulheres (16% contra 5%) em comparação com a amostra de Taylor *et al.* (28) pode explicar essa diferença. De fato, nossa comparação entre os sexos mostrou que as mulheres classificaram a tarefa de operar ferramentas hidráulica de extricação acima e abaixo da linha do ombro como mais exigente fisicamente, em comparação com os homens. Nossos resultados mostram que 89% das mulheres classificaram como 5 a tarefa de operação de ferramentas hidráulicas de extricação acima da linha do ombro, enquanto que 74% dos homens fizeram o mesmo. Tarefas como esta exigem um alto nível de força de MMSS e, mulheres, em geral, apresentam níveis de força de MMSS consideravelmente mais baixos que os dos homens (256). Outra possível explicação para essas diferenças entre os estudos pode ser atribuída a frequência distinta com que os bombeiros realizam cada tarefa em cada país.

Convergindo com outros estudos, as demais tarefas da lista final identificaram outras tarefas relacionadas ao combate a incêndios estruturais e a acidentes automobilísticos que também foram consideradas muito importantes,

frequentes ou fisicamente exigentes. Tarefas como transporte de equipamentos, arrasto de mangueiras e entrada forçada são utilizadas em TAFs para bombeiros em outros países (27,29,36,63,219). Por exemplo, Siddall *et al.* (36) mostraram que as atividades de combate a incêndios florestais exigem alta capacidade de oxigênio ($93 \pm 15\%$ do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ estimado), provocando alta sobrecarga cardiovascular ($92 \pm 7\%$ da frequência cardíaca máxima) e uma elevada percepção de esforço de 15 ± 2 (escala de 6-20). Embora as tarefas de conexão de mangueiras e controle de carregamento de cones de sinalização tenham sido consideradas como de muito baixo esforço (2,14 e 2,06, respectivamente), estas foram incluídas na lista final devido a suas altas pontuações em importância (4,59 e 4,9, respectivamente) e frequência (3,76 e 4,74, respectivamente). Vale ressaltar que a tarefa de carregamento de cones de sinalização e controle de tráfego apresentou a maior pontuação em importância e frequência entre todas as tarefas. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que os acidentes automobilísticos são as emergências mais frequentes, o que torna crucial a prevenção de outro acidente enquanto os bombeiros estão no local.

É importante destacar que duas tarefas de combate a incêndios florestais (*i.e.*, combate a incêndios florestais com bomba costal de 20 L e combate a incêndios florestais com abafador) apresentaram a maior média geral entre todas as tarefas. Esse resultado está em linha com estudos anteriores (146,163) que mostram que as tarefas de combate a incêndios florestais exigem altos níveis de resistência e gasto de energia. Embora essas tarefas apresentem pontuação muito alta nos três domínios, elas são complexas de simular, requerem EPI específico e são muito variáveis em frequência e demanda física. Por exemplo, já foi demonstrado que o tipo de terreno percorrido influencia significativamente as demandas físicas relacionadas a essas atividades (163). No entanto, os resultados do presente estudo indicam que as tarefas de combate a incêndios florestais devem ser consideradas. Além disso, os relatórios do CBMDF mostram que os incêndios florestais representaram 8,9% de todas as chamadas. Assim, o combate a incêndios florestais pode exigir um TAF específico que avalie a aptidão dos bombeiros para realizar essas atividades, especialmente nos meses que antecedem a temporada de incêndios florestais. Portanto, mais pesquisas são necessárias para avaliar as demandas relacionadas a essa atividade.

Outro aspecto importante do presente estudo é o nosso objetivo de identificar tarefas que possam ser usadas para desenvolver um TAF baseado em conteúdo para os bombeiros brasileiros. Nossa abordagem indicou 14 tarefas que poderiam compor um TAF com validade de conteúdo para bombeiros brasileiros. Em comparação com os testes de CGA, esse tipo de TAF é considerado mais válido (validade de face e conteúdo) e legalmente defensável para a seleção de recrutas e monitoramento de bombeiros da ativa. No entanto, estudos futuros que comparem testes de CGA a testes baseados em conteúdo são necessários para demonstrar os benefícios desse tipo de TAF para os bombeiros a curto ou longo prazo.

4.1. Força e limitações do estudo

Embora o presente estudo tenha aplicado as melhores práticas em análise subjetiva de tarefas ocupacionais, ele não está livre de limitações. Atingimos o tamanho mínimo da amostra necessário, mas o método de amostragem não foi completamente aleatório. Apesar disso, sugerimos que mesmo uma amostra não aleatória pode ser representativa da população quando as características da amostra são notavelmente semelhantes às características da população (257). Nossos resultados indicaram que a proporção entre homens e mulheres, a idade e a experiência em combate a incêndios são semelhantes às da população de origem. Esperávamos alcançar 20% da população, porém a amostra atingiu apenas 10% da população. A participação abaixo do esperado pode ser explicada pelo período relativamente curto em que a pesquisa esteve disponível (40 dias consecutivos). Embora as pesquisas *online* possam alcançar mais participantes, hipotetizamos que essa abordagem poderia estar associada a um adiamento ou ao pensamento de “vou fazer isso depois”. Pesquisas futuras poderiam se beneficiar ao aumentar o período permitido para a pesquisa e usar uma abordagem híbrida, *online* e presencial. Apesar da análise subjetiva de tarefas ser amplamente utilizada, uma das principais limitações desse método está relacionada à capacidade dos respondentes de avaliar a frequência e a demanda física de cada tarefa de forma subjetiva. É plausível que as classificações dos bombeiros difiram entre sua percepção subjetiva e a frequência ou demanda física real das tarefas. No entanto, a imprevisibilidade, a variabilidade e os perigos potenciais do combate

a incêndios tornam essa abordagem a mais viável. Mais estudos devem investigar a viabilidade de métodos objetivos para medir a frequência e as demandas físicas das tarefas de bombeiros durante chamadas de emergência conferindo assim validade de constructo.

5. Conclusões

Considerando que o uso de testes de CGA para determinar a aptidão física voltada para o desempenho operacional de bombeiros carece de validação de face e conteúdo, esse estudo apresenta uma lista de tarefas essenciais com validade de conteúdo que pode ser utilizada para avaliar a aptidão física dos bombeiros em cenários mais exigentes, funcionais e realistas. Assim, as 14 tarefas identificadas podem ser usadas para desenvolver um TAF com validade para os Corpos de Bombeiros do Brasil. Os resultados apresentados também podem servir como referência para que os profissionais desenvolvam programas de treinamento físico voltados para as tarefas essenciais desempenhadas pelos bombeiros. Por exemplo, a maioria das tarefas classificadas como 'muito altas' em demanda física apresentava um componente significativo de sobrecarga de equipamentos, destacando a necessidade de treinar e avaliar os bombeiros na realização dessas tarefas.

Embora haja etapas adicionais para estabelecer os critérios de seleção em TAFs, este é o primeiro estudo conhecido a investigar e identificar tarefas essenciais para desenvolver um TAF para bombeiros brasileiros. Pesquisas futuras devem analisar objetivamente os bombeiros realizando essas tarefas em cenários de simulação realistas, quantificando suas demandas físicas e fisiológicas, e em seguida estabelecer os critérios de desempenho aceitável. Esse estudo fornece dados importantes que podem ser utilizados para desenvolver um TAF válido e legalmente defensável para a seleção de recrutas e monitoramento de bombeiros da ativa.

Capítulo III

CAPÍTULO III - CONFIABILIDADE TESTE-RETESTE E *USEFULNESS* DE UM NOVO PROTOCOLO DE TESTES DE TAREFAS SIMULADAS DE BOMBEIROS

Ferreira, D.V., Canetti, E. F.D., Orr, R. e Vieira, A., em elaboração.

A partir das tarefas validadas no estudo apresentado no Capítulo II, juntamente com a análise de protocolos operacionais padrão do CBMDF, foi desenvolvido um novo teste de simulação de tarefas. Esse teste foi desenvolvido para avaliar bombeiros da ativa em simulações de tarefas de resgate veicular (RV) e de combate a incêndio urbano (CIU). O estudo apresentado nesse capítulo avaliou a confiabilidade e a *usefulness* teste-reteste dos testes de simulação de tarefas.

Resumo

Esse estudo investigou a confiabilidade teste-reteste e a *usefulness* de um novo teste de tarefas simuladas de RV e CIU em bombeiros. Vinte e um bombeiros do sexo masculino (35 ± 5 anos, 178 ± 7 cm, 81 ± 11 kg, 10 ± 7 anos de serviço ativo) realizaram dois circuitos de tarefas simuladas o mais rápido possível, em dois dias com 72 h – 96 h de intervalo. A confiabilidade foi avaliada calculando a mudança média da duração do teste, o coeficiente de correlação intraclassa (ICC), o erro típico de medida e o coeficiente de variação (CV). A *usefulness* foi determinada comparando o erro típico com a *smallest and moderate worthwhile change* (SWC e MWC). O tempo no RV, CIU e o tempo total (soma dos testes) diminuíram entre as sessões 1 e 2, superando o erro típico. Os valores de ICC no CIU e no tempo total variaram de bom a excelente, enquanto RV variou de ruim a bom. Os CVs de todos os testes de tarefas simuladas foram inferiores a 5%. Em relação à *usefulness*, o CIU e o tempo total mostraram detectar MWC no desempenho das tarefas simuladas dos bombeiros, mas não SWC. O tempo de RV não foi capaz de detectar SWC ou MWC. Este estudo mostrou que um novo teste simulado de bombeiros é altamente confiável (ICC > 0,9, CV < 5%) para medir o desempenho das tarefas simuladas de bombeiros. No entanto, a *usefulness* do teste é questionável para o monitoramento do desempenho. Nossos resultados sugerem incluir uma sessão de familiarização e uma rotina de aquecimento antes dos testes.

1. Introdução

A profissão de bombeiro é fisicamente exigente e demanda altos níveis de aptidão física para superar situações de risco de vida e patrimônio. Para garantir que os bombeiros estão fisicamente aptos a desempenhar as tarefas mais críticas de sua profissão de forma segura e eficaz, eles são periodicamente avaliados por meio de testes de aptidão física. (171,216). No Brasil, a maioria dos Corpos de Bombeiros utiliza testes de aptidão física genéricos que avaliam componentes gerais da aptidão física, incluindo corrida, flexões de braço, abdominais e barras. No entanto, esses testes genéricos têm baixa validade de face e conteúdo e têm sido legalmente questionados nos tribunais (26,38,39). Conseqüentemente, Corpos de Bombeiros ao redor do mundo desenvolveram e adotaram testes simulados adaptados às demandas operacionais para avaliar a aptidão física voltada para o desempenho operacional dos bombeiros (26,27,32,33,55,58,63,219).

A implementação de novos testes requer a realização de várias etapas (39). Para criar um teste simulado para bombeiros, primeiro identificamos e validamos as tarefas operacionais mais importantes, frequentes e fisicamente exigentes em uma amostra de bombeiros brasileiros (258). As tarefas foram logicamente organizadas em duas baterias de testes em forma de circuito, incluindo tarefas relacionadas a cenários de RV e tarefas de CIU. No entanto, antes da implementação dos testes, é necessário saber se os resultados desses novos testes são confiáveis para classificar e monitorar bombeiros com diferentes níveis de desempenho.

O nível de confiabilidade das medidas de um teste também tem implicações para a *usefulness* do teste e quantificação dos erros sistemáticos. Além disso, determinar o grau de confiabilidade de um teste é crucial, pois eles servem como critérios para retenção, promoção e seleção de candidatos para cursos especiais (171). A *usefulness* dos resultados de um teste infere se as mudanças no desempenho são “reais” ou simplesmente o resultado de um erro ou variação biológica, o que é determinado comparando o erro típico com a mínima mudança válida importante. Já a presença de erros sistemáticos informa se é necessária a familiarização com o protocolo de teste. Estudos anteriores

(239–241) sugerem que a familiarização com um teste pode ser necessária. No entanto, esses estudos foram realizados com estudantes universitários. Considerando que o teste de simulação de tarefas de bombeiros é representativo das tarefas reais realizadas por bombeiros, é razoável especular que bombeiros não precisariam de familiarização. Portanto, esse estudo investigou a confiabilidade teste-reteste e a *usefulness* de um novo teste simulado de bombeiros, em bombeiros da ativa.

2. Materiais e métodos

2.1. Desenho experimental

Foi realizado um estudo transversal para investigar a confiabilidade teste-reteste e a *usefulness* de um novo protocolo de testes simulados de bombeiros. O teste é composto por dois circuitos envolvendo múltiplas tarefas de bombeiro realizadas com 10 minutos de intervalo. Os testes foram realizados em quartéis de bombeiros com o mesmo desenho arquitetônico e instalações padronizadas. Os participantes foram testados em dois dias não consecutivos (72-96 h de intervalo) durante horários similares (± 1 hora).

2.2. Participantes

Vinte e cinco bombeiros homens (idade de 35 ± 5 anos, altura de 178 ± 7 cm, peso de 81 ± 11 kg, 10 ± 7 anos de serviço) participaram do estudo. O recrutamento foi realizado por meio de mídias sociais e visitas presenciais a quatro quartéis de bombeiros, onde os testes foram administrados. Os participantes eram todos do sexo masculino, com pelo menos um ano de serviço, com idade inferior a 45 anos, aprovados no TAF anual (anexo 1) e no exame médico bienal (anexo 2). Os participantes que estavam usando substâncias consideradas *doping*, que tinham lesões ou doenças degenerativas crônicas, ou que não completaram os testes não foram incluídos na amostra. Entretanto, nenhum participante foi excluído. Eles foram instruídos a evitar exercícios de alto volume, alta intensidade ou não habituais nos três dias anteriores aos testes e entre as sessões experimentais. Todos os participantes foram informados sobre os procedimentos e deram consentimento antes dos testes (apêndice 1). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local (CAAE: 38585220.1.0000.0030).

2.3. Teste de Simulação de Tarefas

O teste de tarefas simuladas consiste em dois circuitos envolvendo múltiplas tarefas com um intervalo de 10 minutos entre eles. O primeiro circuito simula tarefas de RV e o segundo simula tarefas de CIU. O estudo de Ferreira et al. (258) identificou as tarefas que compõem os testes como essenciais para os bombeiros brasileiros. As distâncias e critérios de execução foram determinados de acordo com manuais operacionais e procedimentos operacionais padrão. Os participantes foram orientados e verbalmente encorajados durante a execução dos testes. Os vídeos demonstrativos dos testes de simulação de tarefas, gravados com a autorização do participante, podem ser acessados clicando nos *links* a seguir: [Resgate Veicular](#) e [Combate a Incêndio Urbano](#).

2.4. Teste de simulação de resgate veicular

No teste de RV, os participantes usaram os seguintes EPI: capacete Gallet F2 (MSA, Chatillon-sur-Chalaronne, França), jaqueta e calça Fire Twin (Texport, Salzburgo, Áustria) e botas de bombeiro (FAL, La Rioja, Espanha), com um peso total de aproximadamente 9 kg. Os participantes foram instruídos a realizar o circuito o mais rápido possível de forma segura. Caminhar e correr eram permitidos, exceto quando estivessem carregando ferramentas hidráulicas e o halter da tarefa nº 6. As tarefas do teste de RV foram executadas na seguinte ordem:

- (1) Controle de tráfego com cones de sinalização de trânsito. Transportar 8 cones (~3,5 kg cada) por 60 m e, após colocar os cones no chão, retornar a mesma distância.
- (2) Montagem de palco de materiais. Carregar 2 calços de madeira tipo *step* para estabilização de veículos (~6 kg cada) por 20 m, posicioná-los no chão, retornar e repetir a tarefa com mais 2 calços (~9 kg cada). Retornar à posição inicial onde os blocos estavam.
- (3) Transporte de equipamento com obstáculos. Transportar um cilindro de expansão hidráulica (18 kg) por 20 m, ultrapassando um obstáculo de 0,75 m de altura no meio do caminho. Colocar o equipamento no chão e retornar à posição inicial.

- (4) Transporte de ferramentas hidráulicas de resgate. Transportar um expansor hidráulico (25 kg) e 1 ferramenta de corte hidráulica (19 kg) simultaneamente por 20 m e colocá-las no chão.
- (5) Operação de ferramentas hidráulicas de resgate abaixo e acima da linha dos ombros. Segurar a ferramenta de corte hidráulica com os cotovelos estendidos abaixo do ombro por 10 segundos. Somente o tempo em que o participante manteve a posição correta, segurando o equipamento com ambas as mãos, foi registrado. Elevar a ferramenta acima do nível do ombro, suportando-a apenas com as mãos, e permanecer nessa posição por 10 segundos. Somente o tempo em que o participante mantém a posição correta foi registrado. Essas duas tarefas foram repetidas 3 vezes em sequência.
- (6) Transporte de vítima na prancha. Carregar um halter de 20 kg com apenas uma mão e o braço estendido ao longo do corpo por 20 m até a linha de chegada. Essa tarefa simula o transporte de um paciente (~80 kg) em uma prancha com quatro socorristas.

2.5. Teste de simulação de combate a incêndio urbano (CIU)

No teste de CIU, os participantes usaram os seguintes EPI: capacete Gallet F1 (MSA, Chatillon-sur-Chalaronne, França), jaqueta e calça Fire Twin (Texport, Salzburgo, Áustria), botas de bombeiro (FAL, La Rioja, Espanha) e equipamento de respiração autônoma Scott Air-Pak NXG7 com cilindro de 9 L (3M Scott, Monroe, NC, EUA), com um peso total de aproximadamente 25 kg. Os participantes foram instruídos a realizar o circuito o mais rápido possível de forma segura. Caminhar e correr eram permitidos para todas as tarefas. As tarefas do teste de CIU foram as seguintes:

- (1) Transporte de duas mangueiras. Transportar duas mangueiras tipo IV de 64 mm de largura, com 15 m de comprimento (13 kg), enroladas em espiral, por 20 m e colocá-las no chão.
- (2) Conexão de mangueiras. Conectar as duas extremidades das mangueiras (conexão tipo Storz). Desconectar as duas conexões. Retornar 20 m e repetir as tarefas 1 e 2 mais duas vezes.

- (3) Arrasto de mangueira. Arrastar uma mangueira de 38 mm de largura presa a um pneu de carro (~50 kgf de tração) por 20 m, simulando o arrasto de uma mangueira pressurizada. Deslocar 27,5 metros para a próxima tarefa.
- (4) Subir escadas. Colocar um fardo com duas mangueiras de 38 mm (18 kg) sobre os ombros e subir um lance de escadas com 9 degraus, percorrer 5 metros e subir e descer um lance de escadas com 18 degraus por cinco vezes. Não foi permitido pular degraus durante a descida. Retornar a posição que se encontrava o fardo colocá-lo no chão e percorrer 12 metros até a próxima tarefa.
- (5) Entrada forçada. Usando uma marreta (5,5 kg), golpear a lateral de um pneu de caminhão (62 kg) posicionado horizontalmente no solo até ele se mover 40 cm. Percorrer 12 m até a próxima estação.
- (6) Busca de vítimas em espaços confinados com visibilidade reduzida. Rastejar sob um obstáculo de altura de 0,75 m, assumir uma posição de quatro apoios (*i.e.*, com ambos os pés, um joelho e uma mão tocando o chão) e deslocar 10 m, contornar um cone e retornar a mesma distância rastejando sob o mesmo obstáculo.
- (7) Resgate de vítima inconsciente. Arrastar um manequim (84 kg) por 20 m até a linha de chegada. Foi permitido arrastar o manequim utilizando uma alça de resgate presa ao manequim ou abraçando o manequim pelas costas passando os braços por baixo das axilas do manequim.

2.6. Análise estatística

Os dados são apresentados como média e intervalos de confiança (IC) de 95%. A confiabilidade teste-reteste foi avaliada calculando a mudança absoluta e percentual na média do desempenho, o *intraclass coefficient correlation* (ICC), o coeficiente de variação ($CV = \text{desvio padrão} / \text{média [sessão 1-2]} \times 100$) e o erro típico. A *usefulness* foi determinada comparando o erro típico com a *smallest* (SWC) e *moderate worthwhile change* (MWC) calculados multiplicando o desvio padrão entre os participantes por 0,2 e 0,6, respectivamente. Valores de ICC inferiores a 0,5, entre 0,5 e 0,74, entre 0,75 e 0,89, e maiores que 0,90 indicam

confiabilidade ruim, moderada, boa e excelente, respectivamente (259). Uma planilha de Excel disponível *online* foi utilizada para realizar os cálculos (260).

3. Resultados

A Tabela 7 e a Figura 7 mostram os dados de confiabilidade das medidas dos testes nas sessões 1 e 2. O tempo no RV, CIU e, conseqüentemente, o tempo Total (tempo no RV + CIU) diminuíram entre as sessões 1 e 2 (Tabela 4). A redução no tempo do CIU e no tempo Total foi maior que o erro típico, mas a redução no tempo do RV foi menor que o erro típico. Em termos de confiabilidade, o tempo no CIU e o tempo Total foram consideradas aceitáveis, com valores de ICC variando de bom a excelente. Por outro lado, o desempenho no RV não apresentou parâmetros aceitáveis do ICC, variando de ruim a bom. Os CVs de todos os testes simulados foram menores que 5%. Quanto à *usefulness*, o tempo no CIU e o Total demonstraram ser capazes de detectar MWC no desempenho, mas não SWC. O teste de RV não demonstrou ser capaz de detectar SWC ou MWC.

Tabela 7. Parâmetros de confiabilidade teste-reteste no teste de simulação de tarefas.

Teste de simulação de tarefas	Teste (seg)	Reteste (seg)	Δ (seg)	Δ (%)	ICC	Erro típico	SWC	MWC
RV (n=21)	227 (219; 235)	218 (207; 230)	-8,6 (-16,3; -0,8)	-3,9% (-0,6;-7,1)	0,71 (0,42; 0,87)	12,0 (9,2; 17,4)	3,6 (1,4; 4,9)	10,8 (4,2; 14,7)
CIU (n=19)	399 (375; 424)	384 (360; 407)	-15,8 (-25,4; -6,2)	-3,8% (-1,5; 6,1)	0,93 (0,83; 0,97)	14,1 (10,7; 20,9)	9,6 (5,2; 12,6)	28,9 (15,6; 37,7)
Total (n=19)	625 (596; 653)	598 (569; 627)	-26,9 (-39,5; -14,3)	-4,3% (-2,3; 6,3)	0,91 (0,78; 0,97)	18,4 (13,9; 27,3)	11,3 (6,0; 14,9)	34,0 (18,0; 44,6)

RV: resgate veicular, CIU: combate a incêndio urbano, Total: soma dos tempos de RV e CIU, ICC: coeficiente de correlação intraclasse, SWC: *smallest worthwhile change*, MWC: *moderate worthwhile change*.

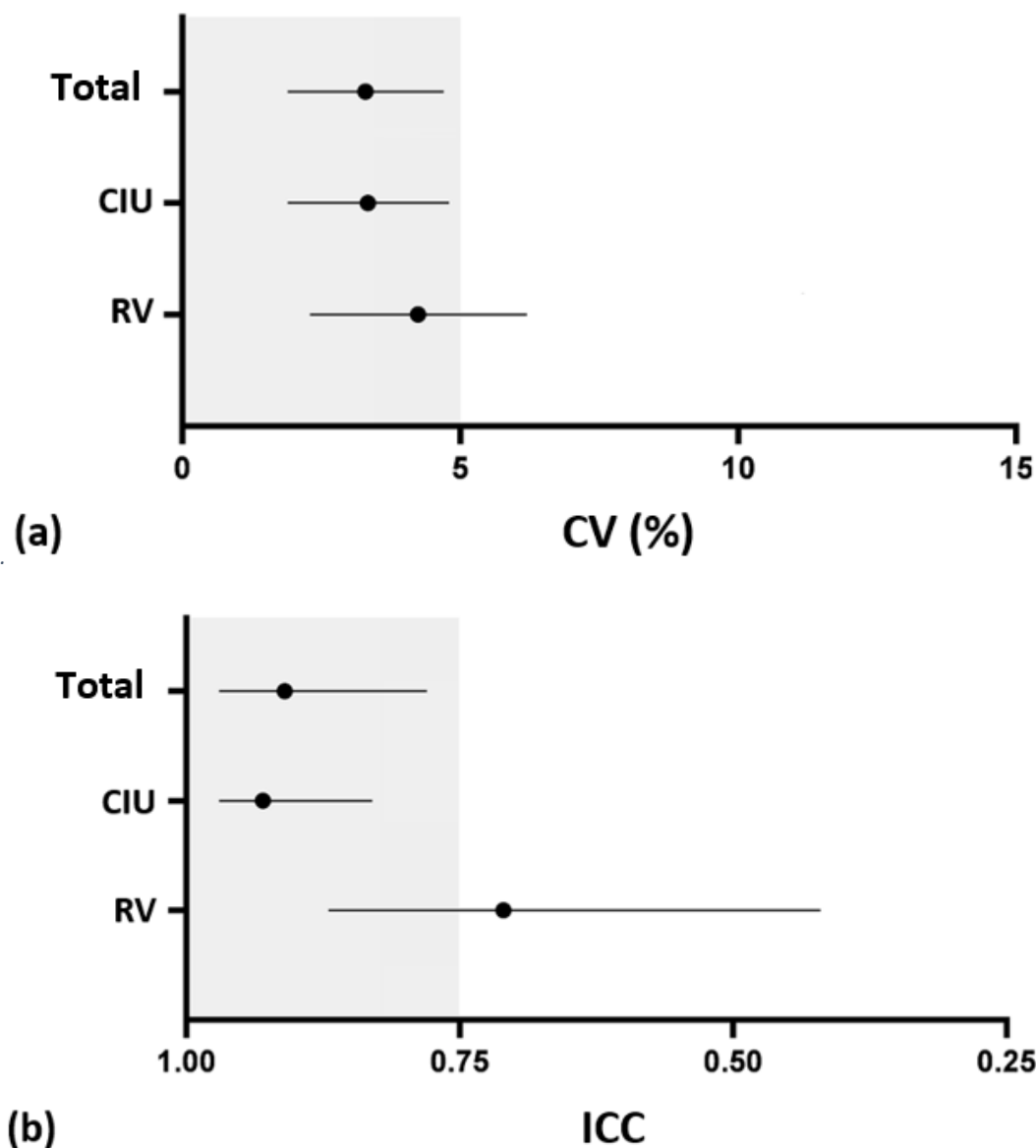


Figura 7. (a) Coeficiente de variação (CV) e (b) intraclass correlation coeficiente (ICC) dos testes de simulação de tarefas. Os dados estão apresentados como média \pm intervalo de confiança de 95%. A área sombreada do CV representa a "zona de baixa variação" e a área sombreada do ICC representa a "zona de boa a excelente confiabilidade".

4. Discussão

O objetivo estudo desse estudo foi investigar a confiabilidade teste-reteste dos novos testes de simulação de tarefas de bombeiros. Os resultados mostram excelente confiabilidade relativa ($ICC > 0,9$) para os tempos no CIU e Total, e baixa variabilidade para todas as medidas ($CV < 5\%$). Por outro lado, o tempo do RV não atendeu aos critérios aceitáveis de ICC, variando de 0,42 a 0,87. Esse é um achado intrigante, sugerindo que os participantes podem ter adotado uma

estratégia de *pacing* principalmente durante a primeira sessão de RV para evitar uma fadiga excessiva que comprometesse seu desempenho no CIU. Isso pode ser explicado pelo tempo relativamente menor para completar o RV e também pela falta de um procedimento de aquecimento antes do teste de RV. Como os participantes não realizaram um aquecimento antes do RV, podemos especular que isso poderia explicar a falta de preparação física ou mental para um teste máximo (261). Adicionalmente, observamos que o desempenho foi mais homogêneo na execução do teste de RV (o desvio padrão entre os participantes foi em média de 10%) em comparação com o teste de CIU (13%). É bem conhecido que os cálculos de ICC são afetados pelas características dos dados, onde uma amostra mais homogênea pode resultar em um valor de ICC mais baixo (262). Essa suposição parece ser respaldada pelos baixos e similares CVs observados no RV e CIU (Figura 3). Outro achado interessante diz respeito a melhora do desempenho observada entre a primeira e a segunda sessão. Nossos resultados mostram reduções $\leq 4,3\%$ (Tabela 4) no tempo para completar os testes, ao passo que, estudos que avaliaram estudantes universitários (239,240) observaram reduções entre 8 e 13%. Apesar de bombeiros apresentarem menor efeito de familiarização, os presentes resultados sugerem que uma sessão de familiarização ainda seria necessária.

Apesar de altos níveis de confiabilidade, a *usefulness* das medidas de desempenho no CIU e no Total deve ser considerada com cautela. O tempo do CIU e Total apresentaram um erro típico de 14 e 18 segundos, respectivamente, maior do que o SWC de 10 e 11 segundos, mas menor do que o MWC de 29 e 34 segundos, respectivamente. Portanto, aqueles interessados em utilizar esses testes de simulação de tarefas para monitorar bombeiros devem estar cientes de que provavelmente apenas diferenças moderadas serão detectadas. Apesar dessa limitação, os resultados apresentados sugerem que o tempo no CIU e Total podem ser úteis para o classificar o desempenho e quantificar mudanças após treinamentos específicos de longo prazo (*i.e.*, mudanças de tamanho moderado). A confiabilidade e *usefulness* de qualquer teste dependem da população estudada, da familiaridade dos participantes com o protocolo de teste e demanda de esforço. Por exemplo, Schram et al. (263) reportaram melhoras significantes após um único dia de treinamento seguido instruções sobre como

melhorar o desempenho em testes físicos para ingressar na polícia. Portanto, pode-se esperar que o erro típico diminua à medida que os participantes se familiarizam com as tarefas e o ritmo adequado de execução do teste proposto. Estudos anteriores (239–241) sugerem que uma ou duas sessões de familiarização são necessárias para que estudantes universitários realizem testes simulados de combate a incêndio. Os presentes achados, juntamente com a literatura sobre o tema, sugerem que sessões de familiarização alteram a estratégia de *pacing* em testes dessa natureza (240). Apesar de nossa amostra incluir bombeiros profissionais, nossos achados mostraram que uma sessão de familiarização seria necessária para obter resultados mais fidedignos. Isso porque, o conhecimento prévio da distância ou duração do teste pode influenciar a estratégia de *pacing* (264–266). Isso pode ter afetado a estratégia de *pacing* dos participantes, apesar dos participantes terem sido instruídos e incentivados verbalmente a realizar o teste o mais rápido possível. Outro fator que pode ter influenciado os resultados é que a corrida foi permitida durante os testes do nosso estudo, ao passo que em outros estudos era proibido (63,240). Esses achados são particularmente importantes no contexto de TAF, pois a melhoria no desempenho decorrente das sessões de familiarização pode aumentar as taxas de aprovação. Além disso, esse estudo fornece aos Corpos de Bombeiros referências de erros típicos para testes de simulação de tarefas projetados para medir o desempenho físico de bombeiros.

5. Conclusão

Esse estudo demonstrou que o novo teste de simulação de tarefas desenvolvido para avaliar bombeiros brasileiros é altamente confiável ($ICC > 0,9$, $CV < 5\%$) para medir o desempenho simulado de bombeiros. No entanto, o presente estudo sugere que os testes não são capazes de detectar mudanças de desempenho pequenas e isso deve ser considerado ao avaliar os bombeiros. Os achados apresentados podem ser utilizados como referência para determinar notas de corte e critérios de avaliação, pois fornecem estimativas de erro objetivas. Além disso, pesquisas futuras podem obter resultados mais fidedignos, ao incluir uma sessão de familiarização e uma rotina de aquecimento

antes dos testes e se beneficiar ao incluir na amostra bombeiros mais velhos e do sexo feminino.

Capítulo IV

CAPÍTULO IV - INVESTIGANDO A CONFIABILIDADE DE UM NOVO TESTE DE RESISTÊNCIA MUSCULAR USANDO A CARGA DE POTÊNCIA ÓTIMA

Ferreira, D.V., Gonçalves, C., Boullosa, D. e Vieira, A., em elaboração.

O estudo descrito no Capítulo III proporcionou uma base para o desenvolvimento de testes de simulação de tarefas que refletem as principais demandas físicas da profissão, especialmente em cenários de RV e CIU. Entretanto, para desenvolver programas de treinamento específicos para bombeiros, é crucial investigar quais componentes da aptidão física estão relacionados com o desempenho operacional de bombeiros. Nesse contexto, a revisão de literatura apresentada no Capítulo I aponta que a RML está associada ao desempenho operacional dos bombeiros. Porém, ainda há lacunas na literatura sobre alguns aspectos metodológicos relacionados aos protocolos testes utilizados para medir as variáveis de RML. Assim, o presente capítulo apresenta um estudo que aborda algumas questões metodológicas e avalia a confiabilidade teste-reteste de um novo teste de RML de membros superiores e inferiores.

Resumo

Esse estudo avalia a confiabilidade teste-reteste das métricas obtidas com um novo teste de resistência muscular usando a carga ótima de potência. Dezesesseis homens com experiência em treinamento de força (27 ± 7 anos, 178 ± 6 cm, 81 ± 12 kg, 8 ± 7 anos de experiência) foram recrutados para participar de um estudo de 2 dias, com intervalo de 72-96 horas. Os participantes realizaram um teste de carga incremental nos exercícios de supino reto e agachamento para identificar a carga ótima de potência seguidos por um teste de resistência muscular com a carga ótima de potência. A carga ótima de potência foi de 35 ± 5 e 61 ± 4 %1-RM para o supino e agachamento, respectivamente. Para o supino, as seguintes métricas apresentaram confiabilidade aceitáveis: o número máximo de repetições (ICC de 0,97 e CV% de 7,9), trabalho total (ICC de 0,91 e CV% de 7,8), e percentual de repetições completadas até 40% e 50% de perda de velocidade (ICC de 0,88 e CV% de 5,3). Para o agachamento, a potência média foi a única métrica que atingiu valores de confiabilidade aceitáveis (ICC de 0,95 e CV% de 5,0). Nossos resultados sugerem que testar a resistência muscular com a carga ótima de potência fornece métricas confiáveis para o supino reto. No entanto, o agachamento apresentou baixa confiabilidade para a maioria das métricas registradas.

1. Introdução

A resistência muscular localizada (RML) é a capacidade de realizar ações musculares por longos períodos de tempo (267). As medidas de testes de RML estão associadas à parâmetros de saúde, desempenho esportivo e desempenho ocupacional (268–270). A RML pode ser medida em diferentes ações musculares, incluindo ações isométricas, isocinéticas e isoinerciais (74). Em testes dinâmicos de campo, o número total de repetições é a métrica utilizada para determinar a RML (271). Com o uso de equipamentos laboratoriais é possível a determinação de diversas métricas que podem representar a RML. As métricas mais utilizadas são o trabalho total (TT) (272), e a taxa de declínio da potência (*i.e.*, índice de fadiga) (273).

Um fator importante acerca da avaliação da função muscular é a confiabilidade das medidas. A confiabilidade refere-se à reprodutibilidade e consistência da medida e pode ser medida intra e inter-avaliador (170,237). Nesse sentido, o erro de uma medida pode ser sistemático (*e.g.*, efeito de aprendizagem ou fadiga) ou aleatório (*e.g.*, variação biológica) e a soma desses é o erro total de medida. (236). Portanto, determinar o nível de confiabilidade das medidas de testes de RML é crucial para pesquisas e para determinar efeitos de intervenções (237,262). Adicionalmente, diversos parâmetros devem ser controlados para realizar um teste confiável de resistência muscular, incluindo a seleção do exercício (*e.g.*, multi ou monoarticular, isotônico, isoinercial) (73), a ação muscular (isométrica, excêntrica, concêntrica) (74), a amplitude de movimento (total ou parcial), o tempo sob tensão e cadência (75,76), e a carga de teste absoluta ou relativa (73,77), entre outros.

Tradicionalmente exercícios dinâmicos e multiarticulares, como agachamentos com peso corporal, flexões de braço ou abdominais, são utilizados para medir a RML (75,274,275). Porém, apesar de serem práticos, o uso de cargas absolutas (*e.g.*, o peso corporal do indivíduo) introduz um fator de confusão nas comparações entre sujeitos, com indivíduos mais pesados movendo uma carga maior exigindo, assim, maior esforço. Alternativamente, a carga de teste pode ser realizada com uma carga relativa à capacidade individual máxima, utilizando um percentual de uma repetição máxima previamente determinada (%1-RM). Cargas leves a moderadas ($\leq 60\%$ 1-RM) têm sido

utilizadas principalmente (73,77) para medir a RML, embora não haja consenso sobre a justificativa para a escolha da carga. Além disso, o teste de 1-RM é demorado e apresenta questões de segurança, especialmente para aqueles não acostumados ao treinamento de força, pois pode aumentar o risco de lesões (276). Adicionalmente, a carga de 1-RM não está relacionada ao desempenho esportivo na maioria dos esportes, com exceção dos esportes de força (e.g., *powerlifting*, levantamento de peso olímpico) (277).

Mais recentemente, foi proposto que o perfil carga-velocidade pode ser método mais preciso para a determinação do nível de esforço em exercícios de resistência do que um percentual fixo de 1-RM (278). Um importante parâmetro relacionado ao desempenho esportivo que pode ser medido na determinação do perfil carga-velocidade é a carga ótima de potência. A carga ótima de potência é a carga que maximiza a produção de potência em um dado exercício (*i.e.*, cargas que simultaneamente otimizam a força e a velocidade) (279). Além disso, avanços tecnológicos, incluindo aplicativos para telefones celulares (280), permitem medir a velocidade de execução de exercícios de forma mais fácil e com baixo custo. Dessa maneira, é possível determinar a carga do teste de forma segura, eliminando assim a necessidade de testes de carga máxima (e.g., teste de 1-RM). Até onde sabemos, nenhum estudo examinou se a carga ótima de potência pode ser usada para determinar a capacidade de resistência muscular. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar a confiabilidade teste-reteste de variáveis de RML do maior número de repetições realizadas com a carga ótima de potência no supino e no agachamento.

2. Materiais e Métodos

2.1. Desenho do Estudo

Esse estudo transversal avaliou a confiabilidade teste-reteste de medidas de RML de MMSS e MMII. Os participantes foram testados em dois dias não consecutivos, com intervalo de 72-96 horas, no mesmo horário do dia (\pm 1h). Eles foram instruídos a evitar exercícios de alto volume e alta intensidade ou exercícios não habituais pelo menos três dias antes dos testes. Em cada sessão de teste, os participantes realizaram um teste de carga incremental seguido pelo teste de RML até a falha concêntrica. Um aquecimento padronizado foi

executado antes de todos os testes de carga incremental. O aquecimento geral incluiu alongamentos dinâmicos dos membros superiores e inferiores, quatro séries de 10 metros de exercícios de *skipping*, e um circuito de 30 polichinelos, 20 afundos alternados e 10 flexões de braço no solo. Após, foi realizado um aquecimento específico que inclui uma série submáxima com 25 kg e uma série com 40-60 kg de supino reto e agachamento. Dois minutos após o aquecimento, os participantes realizaram o teste de carga incremental seguido pelo teste de RML no supino, com intervalo de 10-min. Após 10 minutos de descanso, os participantes realizaram os testes de carga incremental e de RML de agachamento (Figura 4). A ordem dos exercícios foi fixa e escolhida após um estudo piloto que mostrou que realizar agachamento antes do supino prejudicava o desempenho no supino, mas não o contrário. Um pesquisador experiente conduziu todos os testes. Os parâmetros mecânicos foram registrados em ambos os exercícios com um transdutor de velocidade linear acoplado à barra da máquina Smith (T-Force, Dynamic Measurement System; Ergotech Consulting S.L., Murcia, Espanha).

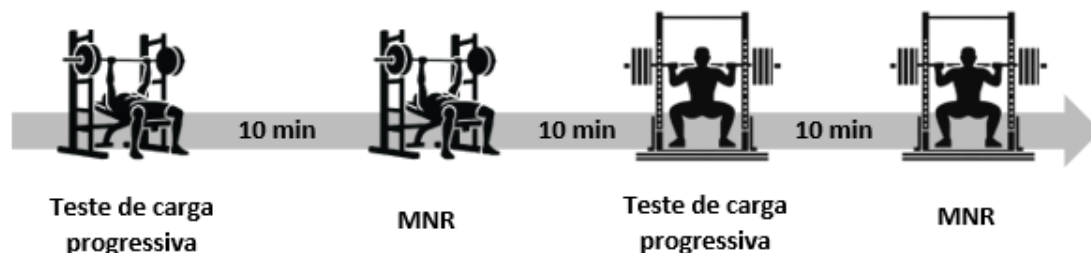


Figura 8. Desenho experimental. MNR = máximo número de repetições.

2.2. Participantes

Dezesseis homens com experiência em treinamento de força (27 ± 7 anos; 178 ± 6 cm; 81 ± 12 kg; 8 ± 7 anos de experiência; $1,2 \pm 0,2$ e $1,8 \pm 0,3$ de supino reto relativo e agachamento paralelo 1 RM, respectivamente) participaram do estudo. Os participantes não apresentavam lesões musculoesqueléticas ou outras condições que pudessem afetar o desempenho nos testes. Os participantes foram informados sobre os procedimentos e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido antes dos testes. Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local (CAAE: 38585220.1.0000.0030).

2.3. Teste de Carga incremental para Determinação da Carga Ótima de Potência

O teste de carga incremental consistiu em executar 5 séries de 2-4 repetições com fase excêntrica controlada (~2 seg) seguida da execução da fase concêntrica com velocidade máxima. Os intervalos de descanso entre as séries foram de 3 minutos. Para minimizar a fadiga, os participantes realizaram quatro repetições nas duas primeiras séries (cargas leves), três com nas duas séries seguintes (cargas moderadas) e duas repetições na última série (cargas pesadas). Solicitamos aos participantes para realizar uma série ou repetição extra quando as variações entre as repetições eram superiores a 10% ou quando uma técnica inadequada era identificada (por exemplo, menor amplitude de movimento) (281). A primeira carga foi de 25 kg (massa da barra), e os incrementos foram ajustados individualmente com base na velocidade média propulsiva (VMP). Para o supino, as VMP associadas a cada carga foram $1,35 \pm 0,14$, $1,07 \pm 0,11$, $0,82 \pm 0,08$, $0,55 \pm 0,09$, $0,34 \pm 0,07$ m·s⁻¹, e para agachamento, foram $1,05 \pm 0,09$, $0,88 \pm 0,07$, $0,74 \pm 0,07$, $0,59 \pm 0,06$, $0,45 \pm 0,06$ m·s⁻¹ (282). As mesmas cargas foram usadas em ambas as sessões de teste.

Para o supino, os participantes deitaram em decúbito dorsal em um banco com os pés apoiados no chão e com a largura da pegada na barra auto selecionada (283). O movimento começou e terminou com os cotovelos totalmente estendidos, e os participantes deveriam tocar a barra no peito na linha intermamária sem “quicar” a barra. Eles foram instruídos a realizar a fase excêntrica em ~2 segundos sem pausa entre as repetições. Para o agachamento, os participantes apoiaram a barra sobre os ombros alinhada verticalmente com o meio do pé, e a largura dos pés foi auto selecionada. Os participantes foram instruídos a realizar a fase excêntrica em ~2 segundos até que as coxas estivessem paralelas ao chão. Uma trava de segurança com precisão de 2,5 cm foi colocada na altura correspondente para limitar a amplitude de movimento. Os participantes mantiveram os calcanhares no chão com a barra tocando os ombros durante todo o movimento. Uma equação polinomial de segunda ordem foi utilizada para determinar a carga ótima de potência ajustando os dados de carga e potência propulsiva média (PPM). A carga de 1-RM foi

estimada usando uma equação linear, onde a VMP associada a 1-RM foi definida em 0,30 e 0,17 m·s⁻¹ para agachamento e supino, respectivamente (284).

2.4. Teste de resistência muscular localizada

Os participantes realizaram o máximo número de repetições (MNR) até a falha muscular concêntrica (285) usando a carga ótima de potência previamente determinada. Eles foram verbalmente incentivados a realizar a máxima velocidade concêntrica durante o teste, enquanto executavam a fase excêntrica em aproximadamente 2 segundos. Posteriormente, o trabalho total (TT), a potência média (PM), a velocidade propulsiva média na última repetição (V_{ult}), a perda de velocidade percentual total (PL%), o percentual de repetições completadas até 20% (R20%), 30% (R30%), 40% (R40%) e 50% (R50%) de perda de velocidade, e o índice de fadiga de potência (IF) calculado por meio da seguinte equação $\left[\frac{(P_{m\acute{a}x} - P_{min})}{P_{m\acute{a}x}} \right] \times 100$ foram determinados com os dados registrados pelo *encoder* linear.

2.5. Análise estatística

Os dados estão apresentados como média e desvios padrão (DP) ou intervalos de confiança (IC) de 95%. A média da velocidade propulsiva média (VPM) das 2-4 repetições foi utilizada para determinar as métricas de carga-velocidade-potência (281). A análise de confiabilidade teste-reteste incluiu o coeficiente de correlação intraclassa (ICC), mudanças absolutas (Δ) e relativas ($\Delta\%$) na média, erro típico (ET), e ET como um coeficiente de variação (CV%). A *smallest worthwhile change* (SWC) e *moderate worthwhile change* (MWC) foram calculadas como 0,2 e 0,6 multiplicadas pelo DP entre os participantes, respectivamente. Valores de CV até 10% foram considerados aceitáveis e < 5% excelentes (238). Valores de ICC inferiores a 0,5, entre 0,5 e 0,75, entre 0,75 e 0,9, e maiores que 0,90 indicam confiabilidade ruim, moderada, boa e excelente, respectivamente (259). Todos os cálculos foram realizados com o auxílio de uma planilha personalizada disponível *online* (237).

3. Resultados

A carga ótima de potência no supino foi de 36 ± 8 kg (de 26 a 49 kg) e a carga ótima de potência no agachamento foi de 90 ± 23 kg (56 a 145 kg), representando $35 \pm 5\%$ (24 a 45%) e $63 \pm 5\%$ (51 a 73%) da 1-RM no supino e agachamento, respectivamente. O ICC da carga ótima de potência no supino foi de 0,87 (IC 95% de 0,67 a 0,95) com um CV de 8,8% (6,4 a 13,9%), enquanto no agachamento foi de 0,96 (0,89 a 0,99) com um CV de 5,2% (3,8 a 8,1%). As Tabelas 8 e 9 apresentam as métricas de confiabilidade teste-reteste para as variáveis do teste de RML de supino e agachamento. Para o supino, o ICC variou de 0,60 a 0,97, enquanto o CV variou de 5 a 32%. Para agachamento, o ICC variou de 0,42 a 0,95, enquanto o CV variou de 5 a 26%. As métricas do supino que apresentaram métricas de confiabilidade aceitáveis foram MNR, TT, PM e R50%. Para o agachamento, a PM foi a única métrica que atingiu os critérios de confiabilidade aceitáveis.

Tabela 8. Confiabilidade das variáveis de RML no supino.

Variável	Dia 1	Dia 2	Δ	$\Delta\%$	ET	CV%	SWC	SWC%	ICC
MNR (reps)	42 ± 16	44 ± 15	2,8 [0,5 – 5]	7,2 [1,4 – 13,5]	3 [2,2 – 4,6]	7,9 [5,8 – 12,6]	3,1 [2,3 – 4,9]	5,7 [4,2 – 8,9]	0,97 [0,91 – 0,99]
TT (kJ)	6,4 ± 1,6	6,5 ± 1,3	0,35 [-0,03 – 0,74]	5,3 [-5 – 11,4]	0,51 [0,38 – 0,79]	7,8 [5,7 – 12,3]	324 [239 – 502]	4,8 [3,5 – 7,5]	0,91 [0,77 – 0,97]
IF (%)	81 ± 9	79 ± 13	-1,4 [-6,1 – 3,4]	-2,6 [-9,5 – 4,8]	6,3 [4,7 – 9,8]	10,2 [7,5 – 16,2]	2,2 [1,6 – 3,4]	3,2 [2,3 – 4,9]	0,70 [0,33 – 0,88]
PM (W)	340 ± 88	327 ± 95	-13 [-28,2 – 2,1]	-4,6 [-9,6 – 0,6]	20,1 [14,9 – 31,1]	7,4 [5,4 – 11,7]	18,3 [13,6 – 28,4]	5,7 [4,2 – 8,9]	0,96 [0,89 – 0,99]
VPM_{últ} (m.s⁻¹)	0,28 ± 0,14	0,29 ± 0,16	0,01 [-0,05 – 0,08]	2,1 [-17,3 – 26,1]	0,08 [0,06 – 0,13]	32,2 [22,9 – 54,1]	0,03 [0,02 – 0,05]	9,7 [7,1 – 15,4]	0,73 [0,38 – 0,9]
PL total (%)	76,8 ± 11,5	74,8 ± 14,7	-2,0 [-7,3 – 3,3]	-3,6 [-11,5 – 5,0]	7,1 [5,2 – 10,9]	12,0 [8,8 – 19,2]	2,7 [2,0 – 4,1]	4,2 [3,1 – 6,5]	0,74 [0,40 – 0,90]
R20%	44,6 ± 12,3	51,2 ± 12,7	6,6 [0,5 – 12,8]	15,1 [1,4 – 30,6]	8,2 [6,0 – 12,6]	18,3 [13,2 – 29,6]	2,5 [1,9 – 3,9]	5,3 [3,9 – 8,3]	0,60 [0,17 – 0,84]
R30%	63,1 ± 9,5	65,2 ± 11,1	2,1 [-2,1 – 6,2]	3,0 [-3,3 – 9,8]	5,5 [4,1 – 8,5]	8,8 [6,4 – 14,0]	2,1 [1,5 – 3,2]	3,5 [2,6 – 5,5]	0,74 [0,41 – 0,90]
R40%	75,8 ± 11,1	75,6 ± 10,9	0,2 [-3,7 – 3,3]	0,0 [-4,6 – 4,8]	4,6 [3,4 – 7,1]	6,4 [4,7 – 10,1]	2,2 [1,6 – 3,4]	3,2 [2,4 – 5,1]	0,85 [0,61 – 0,94]
R50%	86,3 ± 11,1	85,2 ± 11,6	-0,6 [-3,7 – 2,5]	-0,7 [-4,4 – 3,3]	4,1 [3,1 – 6,4]	5,3 [3,9 – 8,3]	2,3 [1,7 – 3,5]	3,1 [2,3 – 4,8]	0,88 [0,70 – 0,96]

Os dados estão apresentados como média \pm DP ou média [IC 95%]. MNR, máximo número de repetições; TT, trabalho total; IF, índice de fadiga; PM, potência média; $VPM_{\text{últ}}$, velocidade média propulsiva da última repetição; PL total; perda de velocidade total; R20%, R30%, R40% e R50%, percentual de repetições completadas em relação ao máximo possível com 20%, 30%, 40% e 50% de perda de velocidade, respectivamente.

Tabela 9. Confiabilidade das variáveis de RML no agachamento.

Variável	Dia 1	Dia 2	Δ	$\Delta\%$	ET	CV%	SWC	SWC%	ICC
MNR (reps)	22 ± 6	24 ± 9	1,7 [-0,3 – 3,7]	4,3 [-4,2 – 13,6]	2,5 [1,9 – 4]	11,5 [8,3 – 18,8]	1,5 [1,1 – 2,4]	7,1 [5,1 – 11,4]	0,91 [0,74 – 0,97]
TT (kJ)	9,0 ± 2,3	9,5 ± 3,0	0,6 [-0,2 – 1,4]	-4,6 [-3,6 – 13,5]	1,0 [0,8 – 1,6]	11,0 [8 – 17,9]	538 [394 – 848]	6,3 [4,6 – 10,1]	0,87 [0,67 – 0,96]
IF (%)	58 ± 13	56 ± 11	-1,8 [-9,5 – 5,8]	-2,6 [-16 – 12,8]	9,4 [6,8 – 15]	19,7 [13,9 – 33,6]	2,4 [1,7 – 3,9]	4,4 [3,2 – 7,2]	0,42 [-0,12 – 0,77]
PM (W)	443 ± 98	452 ± 85	8,9 [-7,7 – 25,6]	2,6 [-1,2 – 6,6]	21,3 [15,6 – 33,5]	5,0 [3,6 – 7,9]	18,4 [13,5 – 29]	4,2 [3 – 6,7]	0,95 [0,87 – 0,98]
VPM_{últ} (m.s⁻¹)	0,31 ± 0,12	0,29 ± 0,09	-0,01 [-0,06 – 0,03]	-1,1 [-16,2 – 16,8]	0,06 [0,05 – 0,1]	23,6 [16,8 – 39,6]	0,02 [0,02 – 0,06]	8,2 [5,9 – 13,2]	0,68 [0,27 – 0,88]
PL total (%)	58,6 ± 14,8	58,0 ± 12,1	-0,57 [-8,2 – 7,0]	0,1 [-13,7 – 16,1]	9,3 [6,8 – 15,0]	20,0 [14,1 – 34,1]	2,7 [2,0 – 4,4]	4,8 [3,5 – 7,9]	0,56 [0,06 – 0,83]
R20%	52,7 ± 19,2	60,1 ± 15,9	7,3 [-3,1 – 17,7]	16,8 [-3,0 – 40,7]	12,8 [9,3 – 20,6]	25,6 [17,9 – 44,3]	3,5 [2,6 – 5,7]	6,4 [4,6 – 10,4]	0,51 [0,00 – 0,81]
R30%	74,7 ± 13,0	76,4 ± 11,2	1,7 [-5,2 – 8,7]	2,7 [-6,5 – 12,7]	8,5 [6,2 – 13,7]	12,1 [8,6 – 20,2]	2,4 [1,8 – 3,9]	3,4 [2,4 – 5,5]	0,54 [0,04 – 0,83]
R40%	82,9 ± 10,8	87,9 ± 6,4	4,9 [0,3 – 9,6]	6,5 [0,6 – 12,9]	5,7 [4,1 – 9,2]	7,3 [5,2 – 12,0]	1,8 [1,3 – 2,9]	2,2 [1,6 – 3,6]	0,62 [0,16 – 0,86]
R50%	89,9 ± 12,0	91,9 ± 6,3	2,0 [-3,2 – 7,3]	3,0 [-3,5 – 9,8]	6,4 [4,7 – 10,4]	8,2 [5,9 – 13,5]	1,9 [1,4 – 3,1]	2,3 [1,7 – 3,7]	0,59 [0,11 – 0,85]

Os dados estão apresentados como média \pm DP ou média [IC 95%]. MNR, máximo número de repetições; TT, trabalho total; IF, índice de fadiga; PM, potência média; $VPM_{\text{últ}}$, velocidade propulsiva média da última repetição; PL total; perda de velocidade total; R20%, R30%, R40% e R50%, percentual de repetições completadas em relação ao máximo possível com 20%, 30%, 40% e 50% de perda de velocidade, respectivamente.

4. Discussão

O objetivo desse estudo foi avaliar a confiabilidade teste-reteste de um teste de resistência muscular no supino e no agachamento utilizando a carga ótima de potência. Até onde sabemos, este é o primeiro estudo a fornecer dados de teste-reteste de testes de RML usando carga ótima de potência. O principal achado foi que essa nova abordagem produz medidas confiáveis de MNR, TT, R40% e R50% para o supino. Por outro lado, apenas a PM foi confiável para o agachamento.

O estudo de Nuzzo et al. (286) corrobora os nossos achados mostrando que as medidas de RML envolvendo os MMII tendem a ser menos confiáveis do que nos membros superiores. Pesquisas anteriores também revelaram alta variabilidade entre sessões para %MNR com diferentes cargas e diferentes limiares de perda de velocidade, no agachamento com peso livre (287). Embora o MNR e o TT no agachamento tenham apresentado ICC bom a excelente, o CV foi considerado inaceitável (11,5% e 11,0%, respectivamente). Os resultados do ICC sugerem que a medida é adequada para o ranqueamento. Os resultados do CV sugerem que a variação elevada pode comprometer o monitoramento individual. No presente estudo, podemos especular que vários aspectos podem explicar essa discrepância entre os exercícios. Por exemplo, o teste com a carga ótima de potência foi realizado com uma carga mais pesada para o agachamento do que para o supino (62% vs. 36% do 1-RM). Isso pode induzir diferentes níveis e percepção de fadiga. Além disso, os resultados de estudos anteriores sugerem que exercícios multiarticulares ou que envolvem maior massa muscular requerem mais sessões de familiarização (288–290). Ademais, o conhecimento dos participantes sobre a faixa de repetições pode ter influenciado o desempenho entre as sessões devido à teleoantecipação (265,291,292). A teleoantecipação é um processo neural onde o controle eferente dos músculos esqueléticos durante o exercício é determinado por mecanismos centrais através de uma complexa integração de sinais periféricos aferentes, percepção de esforço, expectativas e experiência prévia (292,293). Embora os participantes não tenham sido informados explicitamente sobre o número de repetições realizadas na primeira sessão, eles ainda podem ter se lembrado do seu

desempenho anterior. Porém, os procedimentos de coleta, incluindo encorajamento verbal foram padronizados entre as sessões para que os participantes executassem o máximo de esforço durante o teste.

Os nossos achados sugerem a realização de uma sessão de familiarização, especialmente ao medir a RML no agachamento. Embora o uso da carga ótima de potência para avaliar as variáveis de RML tenha proporcionado novos *insights* sobre a função muscular, reconhecemos que os testes com a carga ótima de potência apresentaram variações interindividuais significativas que podem ter afetado os resultados. A carga ótima de potência variou de 24% a 45% e de 51% a 73% do 1-RM para supino e agachamento, respectivamente. Consequentemente, comparações entre os sujeitos podem não ser apropriadas utilizando essa abordagem baseada carga ótima de potência. Por exemplo, um participante do nosso estudo realizou 98 repetições com uma carga ótima de potência correspondente a 31% do 1-RM estimado no supino. Em contraste, outro participante realizou apenas 32 repetições com uma carga ótima de potência correspondente a 41% do 1-RM estimado. Essa discrepância também sugere que o teste de resistência muscular usando a carga ótima de potência pode demandar vias metabólicas distintas entre os indivíduos. Por exemplo, o indivíduo que executou 98 repetições provavelmente demandou maior contribuição de vias anaeróbias lácticas e oxidativas em comparação com indivíduos que executaram apenas 32 repetições.

5. Conclusão

Os resultados do presente estudo mostram que o MNR, as repetições completadas até 40 e 50% de perda de velocidade e o trabalho total apresentaram confiabilidade aceitável para o supino. Porém, apenas a potência média apresentou confiabilidade aceitável no agachamento. Nossos resultados sugerem que uma sessão de familiarização poderia aumentar a confiabilidade das medidas. Estudos futuros devem considerar uma sessão de familiarização, especialmente em testes de resistência muscular no agachamento.

Capítulo V

CAPÍTULO V – CORRELAÇÃO ENTRE MEDIDAS DE APTIDÃO FÍSICA E MODELOS PREDITORES DE DESEMPENHO DE BOMBEIROS EM TESTES SIMULADOS DE RESGATE VEICULAR E COMBATE A INCÊNDIO URBANO

Ferreira, D.V., e Vieira, A., em elaboração.

Os resultados apresentados no Capítulo IV permitiram selecionar as variáveis mais confiáveis relacionadas a uma importante expressão da função muscular, a RML. A seguir, o Capítulo V apresenta o estudo que investigou a correlação entre o desempenho em um novo teste de simulação de tarefas para bombeiros brasileiros e diversas medidas de aptidão física e identificou as medidas de aptidão física preditoras do desempenho em cenários simulados de RV e CIU. Além da RML, também foi investigada a relação entre a capacidade aeróbia, composição corporal, força e potência muscular com o desempenho no teste de simulação de tarefas.

Resumo

O objetivo desse estudo foi (i) correlacionar medidas de aptidão física com o desempenho dos bombeiros e (ii) identificar preditores de desempenho de bombeiros em cenários simulados de resgate veicular (RV) e combate a incêndio urbano (CIU). Vinte e cinco bombeiros do sexo masculino (35 ± 5 anos, 178 ± 7 cm, 81 ± 11 kg, 10 ± 7 anos de serviço) realizaram uma bateria de testes de aptidão física e ocupacional em cinco dias com intervalos de 72-96 horas. Foram realizadas análises de correlação e regressão múltipla para prever o desempenho dos bombeiros em cenários de RV e CIU. Nossos resultados indicam que a capacidade aeróbica, a resistência ao agachamento, a altura do salto vertical, a força relativa de MMII, a massa magra e a gordura corporal apresentam correlação significativa ($p < 0,05$) forte ($r > 0,5$) a moderada ($r = 0,30 - 0,49$) com o desempenho dos bombeiros. Além disso, as análises de regressão múltipla indicaram que o número máximo de repetições no agachamento e a altura do salto explicaram 58% da variância no desempenho do RV. Para o CIU, o modelo que incluiu o $\dot{V}O_2\text{max}$ e massa magra de MMII explicou 63% da variância no desempenho. Para o tempo total dos dois testes, o modelo com maior poder preditor incluiu o $\dot{V}O_2\text{max}$, a massa magra do corpo inferior e o número de flexões de barra, com 67% da variância compartilhada. Embora correlação não implique causalidade nossos achados sugerem que os bombeiros priorizem a capacidade aeróbica, a resistência muscular localizada de MMSS e MMII, o desempenho no salto vertical, a força relativa, e a composição corporal para melhorar o desempenho ocupacional.

1. Introdução

Os bombeiros estão expostos a situações altamente estressantes, e executam tarefas fisicamente exigentes em cenários extremamente variáveis (6,96,140). Os cenários enfrentados pelos bombeiros podem incluir operações de busca e resgate, manuseio de materiais perigosos, prestação de serviços de emergência pré-hospitalar e combate a incêndios estruturais e florestais. Cada um desses cenários demanda diferentes equipamentos, técnicas e duração, gerando diferentes níveis de estresse físico e mental. Consequentemente, a manutenção de níveis adequados de aptidão física é crucial para garantir um desempenho seguro e eficaz desses profissionais (171). Nesse sentido, testes de simulação de tarefas de CIU são frequentemente usados para avaliar o desempenho dos bombeiros, consistindo em circuitos de múltiplas tarefas projetados para refletir as tarefas essenciais da profissão (42). A maioria dos estudos se concentrou em identificar os preditores de aptidão física relacionados com o desempenho em simulações de CIU (25,64). No entanto, é importante destacar que as demandas operacionais podem variar entre diferentes países e regiões.

No Brasil, os acidentes automobilísticos são motivo de preocupação para os bombeiros. Em 2016, houve 38.651 mortos e 615.105 feridos graves decorrentes desse tipo de acidente (156). Os acidentes automobilísticos são a principal causa de morte de pessoas entre 5 e 29 anos de idade e a oitava causa em geral (156). O custo estimado de mortes e ferimentos graves atingiu US\$ 118,799 milhões, equivalente a 6,6% do PIB do país em 2016 (156). No Distrito Federal, os acidentes de trânsito representam 25% do total de atendimentos do CBMDF (254). Estudos anteriores reportam que aproximadamente 12% das vítimas em acidentes rodoviários ficam presos no veículo (157). Nesse cenário, a extricação deve ser realizada de forma rápida e segura para melhorar o prognóstico do paciente (157,294). A extricação é o processo de remover pacientes feridos, ou potencialmente feridos, presos em veículos envolvidos em acidentes automobilísticos. Assim, é importante determinar a relação entre parâmetros de aptidão física e o desempenho em cenários de resgate veicular.

Apesar da falta de estudos sobre RV, há uma vasta literatura sobre a relação entre medidas de aptidão física e o desempenho de bombeiros no CIU.

Apesar de incêndios urbanos corresponderem a apenas ~5% (47) de todos os atendimentos no Distrito Federal, esse tipo de emergência é amplamente reconhecido como uma das atividades de combate a incêndios mais extenuantes (50,82,86,96,97,100), como apontado no Capítulo I.

Diversos estudos encontraram correlações significativas entre o desempenho no CIU e a capacidade aeróbica. (7,22,25,44,50,69,295), força muscular (63,65,67,68), e resistência (55,60,63,65). Contudo, enquanto as pesquisas têm mostrado consistentemente a relação entre a aptidão aeróbia e o desempenho de bombeiros, ainda existem lacunas e divergências acerca da relação entre as medidas de aptidão muscular e o desempenho de bombeiros. Por exemplo, a maioria dos estudos utilizaram testes de campo para avaliar a aptidão muscular dos bombeiros (60,65,68,69). No entanto, os testes laboratoriais garantem maior precisão e fornecem mais variáveis, possibilitando uma avaliação mais abrangente. Adicionalmente, estudos que examinaram a relação entre a aptidão muscular e desempenho no CIU obtiveram resultados divergentes. Por exemplo, Lindberg et al. (68) e Michaelidis et al. (60) relataram que o desempenho no salto horizontal e vertical, respectivamente, eram bons preditores do desempenho profissional dos bombeiros. Entretanto, Windisch et al. (34) não encontraram relação entre o desempenho no salto horizontal e o desempenho no CIU. Essas diferenças podem ser explicadas pelos diferentes protocolos de testes ocupacionais utilizados. Por exemplo, o teste de simulação de tarefas de Windisch et al. (69) durou 801 ± 129 segundos, ao passo que os testes nos estudos de Lindberg et al. (68) e Michaelidis et al. (60) tiveram duração entre 15 e 420 segundos. Assim, o objetivo do presente estudo é investigar a relação entre medidas de aptidão física com o desempenho simulado de RV e CIU e apresentar modelos preditores de desempenho nesses cenários.

2. Materiais e Métodos

2.1. Desenho do estudo

Um estudo observacional transversal foi projetado para avaliar a relação entre medidas de aptidão física e o desempenho simulado de RV e CIU. Os participantes foram testados em cinco dias com intervalos de 72 a 96 horas, preferencialmente durante o serviço operacional. As avaliações foram realizadas

em quartéis de bombeiros, no centro de treinamento físico do CBMDF e nos laboratórios da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília. Eles foram instruídos a evitar exercícios de alto volume, alta intensidade ou não habituais pelo menos 72 h antes de cada sessão de testes. Na primeira visita, os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido (apêndice 1), responderam um questionário sobre seu estado de treinamento (apêndice 2), realizaram a avaliação da composição corporal, o teste de salto vertical e o TAF regularmente empregado no CBMDF (anexo 1). Na segunda visita os participantes foram familiarizados com o teste de carga incremental e de RML. Na terceira visita, os participantes realizaram o teste de carga incremental e de RML, no supino e agachamento. Na quarta visita os participantes se familiarizaram com os testes de simulação de tarefas e na quinta visita realizaram os testes de simulação de tarefas de RV e CIU. A Figura 5 ilustra o desenho do estudo.

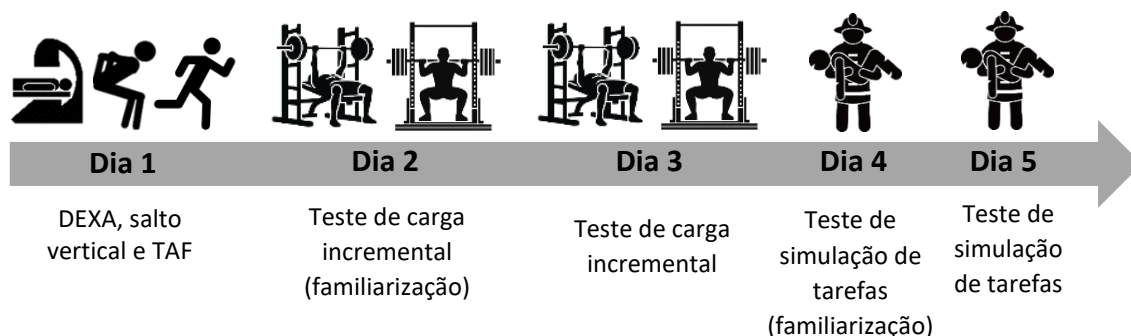


Figura 9. Desenho experimental.

2.2. Participantes

Trinta bombeiros homens da ativa se voluntariaram para participar do estudo. O processo de recrutamento foi realizado por meio de mídias sociais e visitas presenciais a três quartéis de bombeiros, onde os testes foram realizados. Os quartéis de bombeiros foram selecionados por conveniência por possuírem a mesma arquitetura e estrutura, facilitando a execução padronizada dos testes. Os participantes deveriam ser do sexo masculino, da ativa e com pelo menos um ano de serviço, ter menos de 45 anos e terem sido aprovados no TAF do CBMDF realizado anualmente e no exame médico realizado a cada dois anos. Os participantes foram excluídos se estivessem usando qualquer substância

dopante, como esteroides anabólicos, apresentassem alguma lesão, ou não completassem algum dos testes. Dos 30 participantes, dois desistiram devido a lesões não relacionadas ao estudo, e três devido a questões pessoais. Todos os 25 participantes (35 ± 5 anos, 178 ± 7 cm, 81 ± 11 kg, 10 ± 7 anos de serviço ativo) foram informados sobre os procedimentos e forneceram consentimento antes dos testes. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética local (CAAE: 38585220.1.0000.0030).

2.3. Composição corporal

A composição corporal foi avaliada por meio de absorptometria de raio-X de dupla energia (DEXA) (GE Lunar Corporation, Madison, WI, EUA). Os participantes foram orientados a se manterem hidratados e a não realizar nenhum exercício no dia da avaliação. A calibração e a avaliação seguiram os procedimentos descritos pelo fabricante. As medidas de interesse foram a gordura corporal total e massa livre de gordura, total, de MMSS e MMII, em termos absolutos e relativos.

2.4. Teste de salto vertical

Foi realizado um aquecimento geral incluindo alongamentos dinâmicos dos membros superiores e inferiores, quatro séries de 10 metros de exercícios de *skipping*, e um circuito de 30 polichinelos, 20 afundos alternados e 10 flexões de braço no solo. Posteriormente, os participantes realizaram quatro saltos submáximos progressivos com intervalos de 30 segundos. Em seguida, quatro saltos verticais de esforço máximo foram realizados em uma plataforma de força (AccuPower, AMTI, Watertown, MA, EUA), com intervalos de 1 minuto. Eles foram instruídos a saltar "o mais alto possível", mantendo as mãos nos quadris e que mantivessem os joelhos estendidos durante a fase de voo. No contato inicial com a plataforma os participantes foram instruídos a manter os joelhos estendidos e tornozelos em flexão plantar e, em seguida, flexionar as articulações para amortecer o impacto. Eles receberam encorajamento verbal e a profundidade do salto foi auto selecionada. Após cada salto, receberam *feedback* verbal e visual sobre o desempenho e foram informados sobre qualquer técnica de salto inválida. Se um salto fosse considerado inválido, os

participantes realizavam outra tentativa, até o máximo de seis. A média dos quatro melhores saltos foram utilizados nas análises estatísticas.

2.5. Testes de campo de aptidão física

O protocolo foi o mesmo utilizado no TAF anual do CBMDF. Foram executados os testes de número máximo de repetições na barra fixa, flexão abdominal modificado, flexão de braço no solo e o teste de Cooper de 12 minutos. Os testes foram realizados em ordem fixa, com intervalos de 5 a 10 minutos. O teste de abdominal modificado foi realizado em decúbito dorsal, com as plantas dos pés apoiados no chão, as mãos tocando a parte de trás das orelhas e os cotovelos apontando para os joelhos. Os participantes foram instruídos a flexionar os quadris até que seus cotovelos tocassem um suporte com um anteparo de madeira apoiado no solo e segurado pelo avaliador logo acima do umbigo.

O teste de flexão de braço foi executado em decúbito ventral, mãos espalmadas apoiadas no solo, indicadores paralelos voltados para frente, braços estendidos com abertura entre as mãos auto selecionada, pernas estendidas e unidas e pontas dos pés tocando o solo. Os participantes foram instruídos a executar o maior número de flexões de cotovelo levando o tórax a aproximadamente 5 cm do solo, sem nenhum contato do corpo com o solo, exceto as pontas dos pés e as palmas das mãos, e em seguida estender os cotovelos totalmente. O corpo deveria permanecer estendido durante o teste. Não foi permitido o contato dos joelhos, quadris ou tórax com o solo, ou a elevação ou abaixamento dos quadris com o intuito de descansar. O teste foi realizado sem tempo limite e não foi permitida pausa entre as repetições. Caso o participante realizasse uma pausa entre as repetições o teste era interrompido.

No teste de barra os participantes foram instruídos a realizar o maior número de flexões de cotovelo com a pegada em pronação iniciando o movimento com cotovelos e ombros totalmente estendidos. Os participantes foram instruídos a ultrapassar o queixo da barra, sem hiperextensão da cervical do joelho ou quadril. Não foi permitido balançar durante a execução do teste. O teste não tem tempo limite para execução e poderiam ser feitas pausas entre as

repetições. O Cooper de 12 minutos foi executado conforme descrito por Penry et al. (296).

2.6. Teste de carga incremental

Foi conduzido o mesmo aquecimento geral realizado no teste de salto vertical. Em seguida, os participantes realizaram um aquecimento específico no supino reto e no agachamento paralelo com uma série de oito repetições com 17 kg (massa da barra) e uma série de seis repetições com 35-45 kg, com intervalos de 1 minuto. Essas séries foram realizadas com uma velocidade auto selecionada. Após 1 minuto, foram realizadas duas séries de quatro repetições, porém com velocidade excêntrica controlada (~2 seg) e velocidade máxima na fase concêntrica. Não foi permitida pausa entre as transições excêntrica-concêntrica. Em seguida, foi realizado com um teste de carga incremental seguido por um teste de máximo número de repetições (MNR) com a carga ótima de potência no supino e agachamento na máquina Smith. Essa ordem de exercícios foi escolhida após a realização de um estudo piloto que mostrou que realizar o agachamento antes do supino foi prejudicial para o desempenho, mas não o contrário. Durante todos os testes, um transdutor linear de velocidade (T-Force, Dynamic Measurement System; Ergotech Consulting S.L., Murcia, Espanha) foi utilizado preso a barra. O mesmo avaliador experiente conduziu todos os testes. A Figura 6 ilustra os protocolos PCV e MNR.

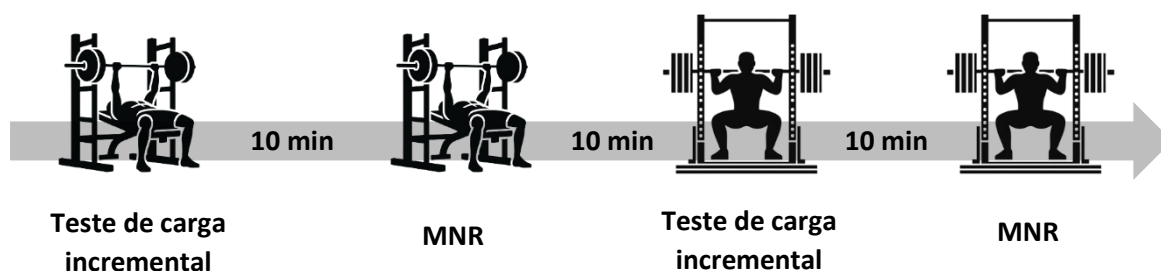


Figura 10. Desenho experimental. MNR: máximo número de repetições.

O teste de carga incremental consistiu em executar 5 séries de 2-4 repetições com fase excêntrica controlada (~2 seg) seguida da execução da fase concêntrica com velocidade máxima. Os intervalos de descanso entre as séries foram de 3 minutos. Para minimizar a fadiga, os participantes realizaram quatro

repetições nas duas primeiras séries (cargas leves), três com nas duas séries seguintes (cargas moderadas) e duas repetições na última série (cargas pesadas). Pedimos aos participantes para realizar uma série ou repetição extra quando as variações entre as repetições eram superiores a 10% ou quando uma técnica inadequada era identificada (por exemplo, menor amplitude de movimento) (281). A primeira carga foi de 17 kg (massa da barra), e os incrementos foram ajustados individualmente com base na velocidade média propulsiva (VMP). Para o supino, as VMP associadas a cada carga foram $1,35 \pm 0,14$, $1,07 \pm 0,11$, $0,82 \pm 0,08$, $0,55 \pm 0,09$, $0,34 \pm 0,07$ m·s⁻¹, e para agachamento, foram $1,05 \pm 0,09$, $0,88 \pm 0,07$, $0,74 \pm 0,07$, $0,59 \pm 0,06$, $0,45 \pm 0,06$ m·s⁻¹ (282). As mesmas cargas foram usadas em ambas as sessões de teste.

Para o supino, os participantes deitaram em decúbito dorsal em um banco com os pés apoiados no chão e com a largura da pegada na barra auto selecionada (283). O movimento começou e terminou com os cotovelos totalmente estendidos, e os participantes deveriam tocar a barra no peito na linha intermamária sem “quicar” a barra. Eles foram instruídos a realizar a fase excêntrica em ~2 segundos sem pausa entre as repetições. Para o agachamento, os participantes adotaram a posição com barra alta com a barra alinhada verticalmente com o meio do pé, e a largura dos pés foi auto selecionada. Os participantes foram instruídos a realizar a fase excêntrica em ~2 segundos até que as coxas estivessem paralelas ao chão. Uma trava de segurança com precisão de 2,5 cm foi colocada na altura correspondente para limitar a amplitude de movimento. Os participantes mantiveram os calcanhares no chão com a barra tocando os ombros durante todo o movimento. Uma equação polinomial de segunda ordem, foi utilizada para determinar a carga ótima de potência ajustando os dados de carga e potência propulsiva média (PPM). A carga de 1-RM foi estimada usando uma equação linear, onde a VMP associada a 1-RM foi definida em 0,30 e 0,17 m·s⁻¹ para agachamento e supino, respectivamente (284).

As variáveis de interesse foram: 1-RM (1-RM), potência máxima (Pmax), velocidade da Pmax (vPmax), carga ótima de potência, força (F0) e velocidade

(v0) máxima teórica, e carga ótima de potência relativa a 1-RM. Todas as variáveis foram analisadas em valores relativos à massa corporal total. Todos esses cálculos foram realizados usando uma planilha personalizada no Google Sheets (Google, California).

2.7. Teste de resistência muscular localizada

Os participantes foram instruídos a realizar o máximo de repetições até a falha momentânea (285), com a carga ótima de potência, com fase excêntrica controlada (~2 seg) seguida da execução da fase concêntrica com velocidade máxima. As variáveis de interesse desse teste foram: o trabalho total na fase concêntrica (TT), e a porcentagem de repetições completadas até 20% e 50% de perda de velocidade (%MNR).

2.8. Testes de simulação de tarefas

O teste de simulação de tarefas consiste em dois circuitos envolvendo múltiplas tarefas com um intervalo de 10 minutos entre eles. O primeiro circuito simula tarefas de resgate veicular (RV) e o segundo simula tarefas de combate a incêndios urbanos (CIU). As tarefas executadas no teste de simulação de tarefas foram identificadas no estudo de Ferreira et al. (258) apresentado no Capítulo II. As distâncias e critérios de execução foram determinados de acordo com manuais operacionais e procedimentos operacionais padrão. O desempenho foi medido pelo tempo para completar cada circuito. Um monitor cardíaco Polar H10, (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) foi utilizado para registrar a frequência cardíaca durante o teste com o aplicativo Polar Flow (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) para *smartphones*. A escala de Borg traduzida e validada para o português (297) foi utilizada para mensurar a PSE dos testes. O tempo para completar os circuitos foi medido com o mesmo aplicativo. Os participantes foram orientados e verbalmente encorajados durante a execução dos testes. Os vídeos demonstrativos dos testes de simulação de tarefas, gravados com a autorização do participante, podem ser acessados clicando nos *links* a seguir: [Resgate Veicular](#) e [Combate a Incêndio Urbano](#).

2.9. Teste de simulação de resgate veicular

No teste de RV, os participantes usaram os seguintes EPI: capacete Gallet F2 (MSA, Chatillon-sur-Chalaronne, França), jaqueta e calça Fire Twin (Texport, Salzburgo, Áustria) e botas de bombeiro (FAL, La Rioja, Espanha), com uma massa total de aproximadamente 9 kg. Os participantes foram instruídos a realizar o circuito o mais rápido possível de forma segura. Caminhar e correr eram permitidos, exceto quando estivessem carregando ferramentas hidráulicas e o halter da tarefa nº 6. As tarefas do teste de RV foram as seguintes:

- (1) Controle de tráfego com cones de sinalização de trânsito. Transportar 8 cones (~3,5 kg cada) por 60 m e, após colocar os cones no chão, retornar a mesma distância.
- (2) Montagem de palco de materiais. Carregar 2 calços de madeira tipo *step* para estabilização de veículos (~6 kg cada) por 20 m, posicioná-los no chão, retornar e repetir a tarefa com mais 2 calços (~9 kg cada). Retornar à posição inicial onde os blocos estavam.
- (3) Transporte de equipamento com obstáculos. Transportar um cilindro de expansão hidráulica (18 kg) por 20 m, ultrapassando um obstáculo de 0,75 m de altura no meio do caminho. Colocar o equipamento no chão e retornar à posição inicial.
- (4) Transporte de ferramentas hidráulicas de resgate. Transportar um expansor hidráulico (25 kg) e 1 ferramenta de corte hidráulica (19 kg) simultaneamente por 20 m e colocá-las no chão.
- (5) Operação de ferramentas hidráulicas de resgate abaixo e acima da linha dos ombros. Segurar a ferramenta de corte hidráulica com os cotovelos estendidos abaixo do ombro por 10 segundos. Somente o tempo em que o participante manteve a posição correta, segurando o equipamento com ambas as mãos, foi registrado. Elevar a ferramenta acima do nível do ombro, suportando-a apenas com as mãos, e permanecer nessa posição por 10 segundos. Somente o tempo em que o participante mantém a posição correta foi registrado. Essas duas tarefas foram repetidas 3 vezes em sequência.
- (6) Transporte de vítima na prancha. Carregar um halter de 20 kg com apenas uma mão e o braço estendido ao longo do corpo por 20 m até a linha de

chegada. Essa tarefa simula o transporte de um paciente (~80 kg) em uma prancha com quatro socorristas.

2.10. Teste de simulação de combate a incêndio urbano (CIU)

No teste de CIU, os participantes usaram os seguintes EPI: capacete Gallet F1 (MSA, Chatillon-sur-Chalaronne, França), jaqueta e calça Fire Twin (Texport, Salzburgo, Áustria), botas de bombeiro (FAL, La Rioja, Espanha) e equipamento de respiração autônoma Scott Air-Pak NXG7 com cilindro de 9 L (3M Scott, Monroe, NC, EUA), com uma massa total de aproximadamente 25 kg. Os participantes foram instruídos a realizar o circuito o mais rápido possível de forma segura. Caminhar e correr eram permitidos para todas as tarefas. As tarefas do teste de CIU foram as seguintes:

- (1) Transporte de duas mangueiras. Transportar duas mangueiras tipo IV de 64 mm de largura, com 15 m de comprimento (13 kg), enroladas em espiral, por 20 m e colocá-las no chão.
- (2) Conexão de mangueiras. Conectar as duas extremidades das mangueiras (conexão tipo Storz). Desconectar as duas conexões. Retornar 20 m e repetir as tarefas 1 e 2 mais duas vezes.
- (3) Arrasto de mangueira. Arrastar uma mangueira de 38 mm de largura presa a um pneu de carro (~50 kgf de tração) por 20 m, simulando o arrasto de uma mangueira pressurizada. Descolar 27,5 metros para a próxima tarefa.
- (4) Subir escadas. Colocar um fardo com duas mangueiras de 38 mm (18 kg) sobre os ombros e subir um lance de escadas com 9 degraus, percorrer 5 metros e subir e descer um lance de escadas com 18 degraus por cinco vezes. Não foi permitido pular degraus durante a descida. Retornar a posição que se encontrava o fardo colocá-lo no chão e percorrer 12 metros até a próxima tarefa.
- (5) Entrada forçada. Usando uma marreta (5,5 kg), golpear a lateral de um pneu de caminhão (62 kg) posicionado horizontalmente no solo até ele se mover 40 cm. Percorrer 12 m até a próxima estação.
- (6) Busca de vítimas em espaços confinados com visibilidade reduzida. Rastejar sob um obstáculo de altura de 0,75 m, assumir uma posição de

quatro apoios (*i.e.*, com ambos os pés, um joelho e uma mão tocando o chão) e deslocar 10 m, contornar um cone e retornar a mesma distância rastejando sob o mesmo obstáculo.

- (7) Resgate de vítima inconsciente. Arrastar um manequim (84 kg) por 20 m até a linha de chegada. Foi permitido arrastar o manequim utilizando uma alça de resgate presa ao manequim ou abraçando o manequim pelas costas passando os braços por baixo das axilas do manequim.

2.11. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o software JASP versão 0.18.3 (Amsterdam, Holanda). Os dados estão apresentados como média \pm desvio padrão (DP). O teste de Shapiro-Wilk e a inspeção visual dos dados foram utilizados para confirmar a distribuição normal das variáveis. Variáveis com distribuição não normal foram transformadas pelo Log_{10} e então testadas novamente. Para quantificar a força e a direção da relação entre variáveis, foi calculado o coeficiente de correlação de Pearson (r). A magnitude dos coeficientes r foi interpretada como: muito fraca ($> 0,10$), fraca ($0,10 - 0,29$), moderada ($0,30 - 0,49$), forte ($0,50 - 0,69$), muito forte ($0,70-0,89$) ou extremamente forte ($> 0,90$) (298). As variáveis correlacionadas com o desempenho nos testes de tarefas simuladas ($p < 0,05$) foram selecionadas para análises de regressão múltipla com métodos *stepwise* e entrada forçada, a fim de gerar equações lineares com maior poder preditor do desempenho nos cenários de RV e CIU. Variáveis altamente correlacionadas entre si não foram incluídas no mesmo modelo para evitar multicolinearidade. Coeficientes de correlação beta não padronizados dos modelos de previsão foram utilizados para construir uma equação de previsão do tempo de conclusão no RV, CIU e desempenho combinado. O valor de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

3. Resultados

Os resultados de todos os testes de aptidão física e composição corporal estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Medidas de aptidão física testadas.

Variável	Média ± DP	mín – máx
<i>Testes de campo</i>		
12-min (m)	2676 ± 254	2200 – 3050
Barra (reps)	14 ± 4	6 – 23
Abdominal (reps)	74 ± 11	55 – 96
Flexão (reps)	45 ± 7	29 – 60
<i>Desempenho no supino</i>		
Pmax (W·kg ⁻¹)	6,7 ± 1,6	3,5 – 9,8
vPmax (m·s ⁻¹)	1,1 ± 0,1	0,9 – 1,3
v0 (m·s ⁻¹)	2,2 ± 0,2	1,7 – 2,6
F0 (N·kg ⁻¹)	12 ± 2	8 – 15
1-RM (kg)	1,2 ± 0,2	0,8 – 1,4
Carga ótima de potência (kg·kg ⁻¹)	0,5 ± 0,1	0,3 – 0,6
MNR (reps)	36 ± 7	25 – 51
TT relativo (J·kg ⁻¹)	75 ± 17	35 – 105
<i>Desempenho no agachamento</i>		
Pmax (W·kg ⁻¹)	6,4 ± 1,6	4,1 – 9,5
vPmax (m·s ⁻¹)	0,7 ± 0,1	0,6 – 0,9
v0 (m·s ⁻¹)	1,4 ± 0,2	1,1 – 1,7
F0 (N·kg ⁻¹)	18 ± 3	14 – 24
1-RM (kg·kg ⁻¹)	1,4 ± 0,2	1,1 – 1,8
Carga ótima de potência (kg·kg ⁻¹)	0,8 ± 0,1	0,7 – 1,1
MNR (reps)	25 ± 9	12 – 44
TT (J·kg ⁻¹)	110 ± 51	41 – 220
<i>Composição corporal</i>		
Massa corporal (kg)	81 ± 11	66 – 115
IMC (kg·m ⁻²)	25 ± 2	22 – 32
Massa gorda (%)	19 ± 7	7 – 32
Massa magra MMSS (kg)	9 ± 1	7 – 11
Massa magra MMII (kg)	21 ± 3	17 – 28
<i>Salto vertical</i>		
Altura (cm)	36 ± 5	28 – 47

Pmax: potência máxima, vPmax: velocidade da potência máxima, v0: velocidade máxima teórica, F0: força máxima teórica, 1-RM: carga de uma repetição máxima, MNR: máximo número de repetições com a carga ótima de potência, TT: trabalho total, IMC: índice de massa corporal.

O tempo para realizar o RV foi menor que o CIU e apresentou menores valores de FC e PSE. Todas as variáveis medidas durante o RV e CIU estão descritas na Tabela 11.

Tabela 11. Medidas de desempenho e psicofisiológicas nos testes de simulação de tarefas.

Variável	RV (média ± DP)	CIU (média ± DP)
Tempo (seg ± seg)	218 ± 23	386 ± 49
FC média (bpm)	159 ± 12	175 ± 8
FC pico (bpm)	171 ± 11	188 ± 7
PSE Borg	15 ± 2	19 ± 1

FC: frequência cardíaca, PSE: percepção subjetiva de esforço.

O desempenho no RV apresentou forte correlação com variáveis de aptidão neuromuscular, incluindo MNR e TT no agachamento e repetições na barra. A força e potência relativas no agachamento, flexões de braço, capacidade aeróbica e gordura corporal apresentaram correlação moderada com o desempenho no RV. O desempenho no CIU apresentou correlação forte com a capacidade aeróbica e moderada com a resistência no agachamento, barra e variáveis de composição corporal. O desempenho combinado dos testes apresentou forte correlação com a capacidade aeróbica e a resistência no agachamento, e correlação moderada com a barra, composição corporal, força e potência relativa no agachamento e flexões de braço. A Figura 11 apresenta os coeficientes de correlação de Pearson com nível de significância < 0,05 entre variáveis dos testes físicos e testes simulados.

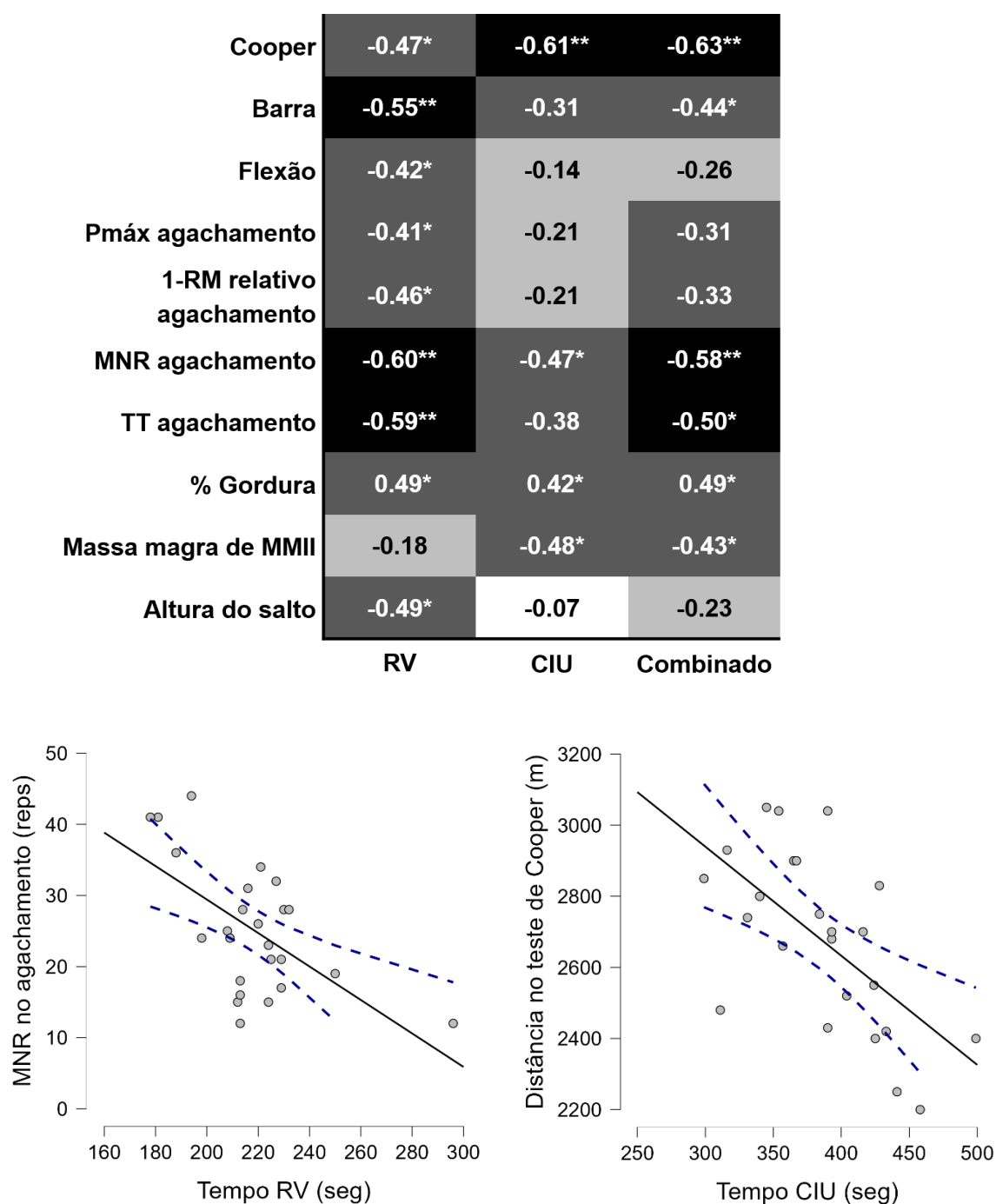


Figura 11. Variáveis correlacionadas com o desempenho no RV, CIU e Total. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$. Pmáx: potência máxima relativa à massa corporal, 1-RM rel.: uma repetição máxima relativa à massa corporal, MNR: máximo número de repetições até a falha, TT.: trabalho total relativo à massa corporal, MMII: membros inferiores, RV: Resgate veicular, CIU: Combate a incêndio urbano.

3.1. Análises de regressão múltipla

O modelo com o maior poder preditivo para o tempo de conclusão do teste de RV foi o MNR no agachamento e o número de repetições na barra. Esse modelo explicou 4% da variância no tempo de conclusão do teste do RV. Os modelos de regressão para o RV estão apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Modelo preditivos para o tempo no RV.

Variável	β	EP	Padronizado	R	R ²	R ² ajustado	p
Intercepto	276,471	14,481		0,69	0,48	0,43	<0,001
MNR agachamento	-1,194	0,441	-0,468				0,01
Barra	-2,111	1,036	-0,352				0,05

MNR no agachamento: máximo número de repetições no agachamento. EP: erro padrão

A seguinte equação foi produzida a partir do modelo 2 para prever o tempo no teste de RV:

$$\text{Tempo no RV} = 276,471 - 1,194(\text{MNR no Agachamento}) - 2,111(\text{Barra})$$

onde o tempo no RV é o tempo para completar o teste, em segundos, MNR no agachamento é o máximo número de repetições até a falha no agachamento paralelo com a carga ótima de potência no Smith, e Barra é número de repetições até a falha na barra.

Os modelos de regressão para o teste de CIU estão apresentados na Tabela 13. O modelo com o maior valor preditivo para o tempo de conclusão do teste de CIU incluiu a distância no teste de Cooper e a massa magra de MMII. Esse modelo explicou 63% da variância no tempo de conclusão do teste de CIU.

Tabela 13. Modelo preditivo para o tempo no CIU.

Variável	β	EP	Padronizado	R	R ²	R ² ajustado	p
Intercepto	949,436	81.466		0,82	0,67	0,63	<0,001
Cooper (m)	-0,133	0,025	-0,666				<0,001
Massa magra MMII (kg)	-10,039	2,366	-0,538				<0,001

MMII: membros inferiores. EP: erro padrão

A seguinte equação foi produzida a partir do modelo 3 para prever o tempo no teste CIU:

$$\text{Tempo no CIU} = 949,436 - 0,133(\text{Cooper}) - 10,039(\text{Massa magra MMII})$$

onde o Tempo no CIU é o tempo para completar o teste, em segundos, Cooper é a distância percorrida no teste de Cooper, em metros, e a Massa magra de MMII é a massa magra de membros inferiores, em kg.

O modelo de regressão para o desempenho nos testes combinados está apresentado na Tabela 14. O modelo com o maior poder preditivo para o tempo de conclusão dos testes combinados incluiu o $\dot{V}O_2$ máx, MMI e número de barra. Este modelo explicou 63% da variância no tempo de conclusão dos testes combinados.

Tabela 14. Modelo preditivo para o tempo combinado dos testes de RV e CIU.

Variável	β	EP	Padronizado	R	R ²	R ² ajustado	p
Intercepto	1340,932	108,069		0,85	0,72	0,67	<0,001
Massa magra MMII (kg)	-13,110	2,960	-0,534				<0,001
Barra (reps)	-5,032	2,173	-0,304				0,036
Cooper (m)	-0,149	0,034	-0,564				<0,001

MMII: membros inferiores. EP: erro padrão

A seguinte equação foi produzida a partir do modelo 3 para prever o tempo de conclusão dos testes combinados:

$$\text{Tempo combinado} = 1340,932 - 13,110 (\text{Massa magra MMII}) - 5,032 (\text{Barra}) - 0,149 (\text{Cooper})$$

onde o Tempo combinado é tempo para completar os testes de RV e CIU somados, em segundos, Cooper é a distância percorrida no teste de Cooper, em metros, Massa magra MMII é a massa magra de membros inferiores, em kg, e Barra é número de repetições até a falha no teste de barra.

4. Discussão

O primeiro objetivo deste estudo foi quantificar a correlação entre medidas de aptidão física e o desempenho em simulações de RV e CIU. O segundo objetivo foi identificar os preditores de aptidão física do desempenho dos bombeiros em simulações de RV e CIU. Ao nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo a apresentar dados sobre a relação entre medidas de aptidão física e o desempenho em simulações de RV.

No teste de RV, a forte correlação com as variáveis de resistência aptidão muscular já era esperada considerando a duração relativamente curta do teste de RV (218 ± 23 segundos). No entanto, é importante reconhecer a considerável variabilidade na duração das operações de resgate veicular. Por exemplo, Nutbeam et al. (157) reportou um tempo médio de 33 min (10 a 124 min) de atuação de bombeiros em acidentes automobilísticos que necessitaram de extricação. Além disso, o estudo de Taylor *et al.* (30) relatou uma duração média de 14 minutos para uma simulação de resgate veicular. Durante a simulação, encontraram uma FC média de 127 ± 17 bpm, PSE média de 11, e um consumo de oxigênio de $1,3 \pm 0,2$ L.min⁻¹. Em contraste, encontramos uma FC média de 159 ± 12 bpm e um PSE de Borg de 15 ± 2 . Essas diferenças podem ser explicadas por duas razões principais. Primeiro, os participantes no estudo de Taylor *et al.* (30) executaram uma simulação em duplas e executaram tarefas com alto grau de exigência técnica (i.e., removeram partes do veículo como portas ou o teto). Em segundo lugar, no presente estudo, os participantes foram instruídos a realizar tarefas individuais predeterminadas o mais rápido possível visando apenas medir o desempenho físico para executar as tarefas. Ao contrário do estudo de Taylor et al. (30) e de situações reais, nosso estudo não exigiu a execução de tarefas com alto grau técnico ou tático que envolvem

processos cognitivos de tomada de decisão. Nossos resultados mostraram que o MNR no agachamento e o desempenho na Barra produziram o modelo preditor mais forte, com 43% da variância compartilhada com o tempo no teste de RV. Embora correlação não implique causalidade, nossos resultados mostram a forte relação entre a aptidão muscular e o desempenho no RV, sobretudo os testes de agachamento e barra fixa.

No teste de CIU, a capacidade aeróbica, a resistência muscular no agachamento e a composição corporal apresentaram correlações moderadas a fortes, consistentes com estudos anteriores (9,22,25,25,44,44,56,62,63,69). Uma recente revisão com meta-análise (25) indicou a relação inequívoca entre a capacidade aeróbica e o desempenho em combate a incêndios urbanos. Isso pode ser atribuído aos estressores cardiovasculares inerentes às tarefas de combate a incêndio e à duração dessas atividades. No presente estudo, a duração do teste de CIU foi de 386 ± 49 segundos, com frequências cardíacas médias e máximas de 175 ± 8 bpm e 188 ± 7 bpm, respectivamente, e uma PSE de 19 ± 1 . Esses achados estão de acordo com estudos anteriores que mostraram valores similares de frequência cardíaca e PSE em atividades de combate a incêndios urbano (22,57,96). É importante destacar que cenários envolvendo CIU são complexos e o tempo de atuação dos bombeiros pode variar de alguns minutos podendo levar dias (2). Embora a duração do teste de CIU tenha sido semelhante a alguns estudos (22,299,300), foi menor do que outros (27,55,63). Interessantemente, nos estudos com tempo consideravelmente maior (> 575 segundos), não era permitido correr durante o teste. Isso pode explicar grande parte das diferenças no tempo para completar os testes. Além disso, apesar da maioria dos estudos utilizarem tarefas similares (e.g., subida de escada, arrasto de mangueira e resgate de boneco) os diferentes protocolos de testes utilizados dificultam comparações. Adicionalmente, a utilização de dois testes (RV e CIU) executados em sequência, pode ter favorecido os participantes com maior aptidão aeróbia

Embora correlação não implique causalidade, nossos resultados mostram a importância da capacidade aeróbia, resistência muscular e composição corporal no desempenho em tarefas de CIU. Contrariamente à nossa hipótese, não foram encontradas correlações significativas entre as variáveis de força

muscular e o desempenho no CIU. Isso pode ser explicado pela homogeneidade da amostra composta apenas homens < 45 anos e pela duração do teste (386 ± 49 segundos).

Outro achado importante foi a correlação moderada entre a gordura corporal, a massa magra apendicular com o desempenho no teste de CIU. Este achado corrobora pesquisas anteriores (25,44) que destacam a importância da composição corporal para bombeiros. O tempo combinado dos testes de RV e CIU mostrou uma correlação forte com a capacidade aeróbica e a resistência muscular no agachamento, e moderada com a composição corporal e o número de repetições na barra. Isso reforça a importância desses componentes da aptidão física para bombeiros. Com exceção das medidas de composição corporal que requerem equipamentos específicos, as medidas de aptidão física que apresentaram correlações moderadas a fortes com o desempenho de bombeiros são fáceis de medir e de baixo custo. Compreender as relações entre medidas de aptidão física e o desempenho de bombeiros é fundamental para a avaliação, monitoramento e prescrição de programas de treinamento para essa população. Nossos achados reforçam o poder preditivo da capacidade aeróbia, RML de membros inferiores, barra, e composição corporal na avaliação do desempenho de bombeiros.

4.1. Pontos fortes e limitações do estudo

Esse estudo utilizou uma bateria de testes físicos abrangente e fornece novos *insights* sobre a relação entre medidas de aptidão muscular e o desempenho dos bombeiros. Esse foi o primeiro estudo que investigou a relação entre componentes de aptidão física e o desempenho em simulação de tarefas de RV. Notavelmente, o nosso estudo se beneficia de uma amostra relativamente homogênea composta exclusivamente por participantes do sexo masculino com menos de 45 anos de idade, atenuando potenciais vieses associados à heterogeneidade amostral. Por exemplo, é provável que os coeficientes de correlação aumentem em uma amostra composta por homens e mulheres, devido a reconhecida diferença de aptidão física entre os sexos. Contudo, a utilização de uma amostra exclusivamente masculina e < 45 anos também é uma limitação do estudo, pois não permite a extrapolação dos

resultados para outras populações. Portanto, recomendamos que o mesmo estudo seja replicado com amostras de bombeiros mais velhos e mulheres. Outro ponto forte, diz respeito a implementação de procedimentos de familiarização nos protocolos de teste que aumenta a robustez de nossos achados. No entanto, as limitações incluem o potencial viés introduzido por uma amostra de conveniência, uma vez que indivíduos mais motivados podem ter se auto selecionado para participar. Além disso, nossos achados não podem ser extrapolados para bombeiros mais velhos ou do sexo feminino.

5. Conclusão

Os presentes achados mostram correlação entre a capacidade aeróbica, a resistência muscular localizada de MMSS e MMII, o desempenho no salto vertical, a força relativa, e a composição corporal com o desempenho operacional de bombeiros. Os resultados sugerem que programas de treinamento físico para bombeiros devem buscar melhorar esses componentes da aptidão física para melhorar o desempenho de bombeiros em tarefas de RV e CIU. Contudo, o desempenho operacional de bombeiros é complexo e não é determinado apenas pela aptidão física. Outros fatores técnicos, táticos, mentais, ambientais e o senso de urgência também influenciam o desempenho durante cenários de emergência.

Capítulo VI

CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO, PRINCIPAIS ACHADOS, LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

1. Conclusão e principais achados

Essa tese de doutorado consolida vários achados importantes sobre a avaliação da aptidão física de bombeiros e o desenvolvimento de testes válidos e confiáveis para avaliar bombeiros.

Considerando que o uso de testes de CGA para avaliar a aptidão física dos bombeiros carece de validade, o Capítulo II identificou as tarefas essenciais que podem ser utilizadas para avaliar a aptidão física voltada para o desempenho operacional dos bombeiros brasileiros. Das 37 tarefas elencadas, 14 foram identificadas como essenciais a profissão e foram utilizadas para desenvolver testes validados para o Corpo de Bombeiros do Distrito Federal. Esses resultados também podem servir como um modelo para os profissionais desenvolverem programas de treinamento físico direcionados às tarefas essenciais desempenhadas pelos bombeiros. Esse é o primeiro estudo conhecido que investigou e identificou tarefas as essenciais desempenhadas por bombeiros brasileiros.

O Capítulo III demonstrou que o novo teste de simulação de tarefas desenvolvido para avaliar bombeiros é altamente confiável ($ICC > 0,9$, $CV < 5\%$) para medir o desempenho simulado dos bombeiros. No entanto, a *usefulness* do teste para monitorar o desempenho em curtos períodos de tempo não é recomendada, pois o teste não possui sensibilidade para detectar pequenas mudanças. Por outro lado, o teste se mostra adequado para o ranqueamento. Os presentes achados podem servir como referência para determinar notas de corte e critérios de avaliação, fornecendo estimativas de erro objetivas.

Os resultados apresentados no Capítulo IV mostram que o máximo número de repetições, trabalho total, potência média, percentual de repetições em reserva após 40% e 50% de perda de velocidade, no supino, possuem confiabilidade aceitável a excelente e podem ser utilizadas para o monitoramento e ranqueamento de desempenho. No entanto, no agachamento, apenas a potência média apresentou confiabilidade aceitável. Com base em nossos

resultados, é possível especular que uma sessão de familiarização poderia aumentar a confiabilidade dos dados, especialmente para testes de resistência muscular no agachamento. Contudo, mais estudos devem ser realizados para testar essa hipótese.

Já o Capítulo V oferece uma análise abrangente de diversas variáveis de aptidão física relacionadas ao desempenho dos bombeiros em cenários de RV e CIU, enfatizando a importância dos componentes de aptidão muscular para as operações de resgate veicular. Ao nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo a investigar a relação entre medidas de aptidão física e o desempenho de bombeiros em cenários simulados de RV. Os achados indicam que os bombeiros se beneficiariam de uma maior capacidade aeróbica, resistência muscular localizada dos membros superiores e inferiores, desempenho no salto vertical, força relativa, massa corporal magra e menor percentual de gordura corporal. Isso evidencia a complexidade da preparação física de bombeiros.

No geral, essa tese fornece uma compreensão abrangente do papel fundamental da aptidão física no desempenho dos bombeiros militares em diferentes cenários de emergência. A revisão da literatura e os estudos empíricos demonstram a relação entre a capacidade aeróbica, composição corporal, força relativa, potência e resistência muscular com o desempenho em tarefas simuladas de resgate veicular e combate a incêndios urbanos. Além disso, os estudos de validade e confiabilidade aprimoram a compreensão da importância desses *constructos* ao desenvolver e implementar testes físicos para bombeiros. A tese também destaca a necessidade de adaptar os métodos de avaliação física para refletir melhor as demandas específicas da profissão. Por fim, os achados desta tese fornecem uma base científica para melhorar os processos de seleção e monitoramento da aptidão física dos bombeiros, contribuindo para a otimização do desempenho operacional com potencial de mitigar de riscos relacionados à saúde, lesões e segurança dos bombeiros.

2. Limitações

Apesar do esforço em seguir rigorosamente os métodos apropriados para atingir os objetivos propostos, essa tese possui limitações. Todos os estudos apresentam a limitação de um potencial viés de seleção por recrutarem

participantes por conveniência e de forma não aleatória. Contudo, outras medidas foram tomadas para minimizar esse possível viés de seleção. Por exemplo, no estudo do Capítulo I, foi recrutada uma amostra representativa com tamanho adequado, de acordo com cálculos *a posteriori*. Nos estudos subsequentes, foram recrutadas amostras mais homogêneas (apenas homens < 45 anos de idade) para minimizar outros vieses relacionados a amostra. Por esse motivo, com exceção do estudo do Capítulo II, os achados dos outros estudos não podem ser extrapolados para populações de bombeiros > de 45 e do sexo feminino. Apesar de limitar a extrapolação dos resultados, as inferências podem ser extrapoladas para a maioria da população estudada, considerando que 55% do efetivo atual é composto por homens < 45 anos de idade.

O estudo do Capítulo II empregou o método de análise da tarefa subjetiva para validação de conteúdo e identificar as tarefas essenciais desempenhadas por bombeiros do Distrito Federal. Seria importante realizar estudos que avaliem os bombeiros durante a realização das tarefas identificadas para quantificar objetivamente as demandas fisiológicas durante a execução de tarefas simuladas e até mesmo durante operações reais. Com o avanço tecnológico é possível medir diversas variáveis fisiológicas com dispositivos vestíveis (*e.g.*, monitores de FC e GPS) aumentando assim a compreensão sobre as demandas físicas durante situações reais.

Já os estudos dos Capítulo III e IV provavelmente se beneficiariam com a adição de mais um dia de testes para quantificar o efeito de familiarização nos novos testes desenvolvidos. Mais estudos podem ser feitos para verificar o efeito de programas de treinamento sobre o desempenho no teste de simulação de tarefas. Adicionalmente, no estudo do Capítulo III poderiam ter sido utilizados protocolos de aquecimento padrão antes da realização dos testes.

No estudo do Capítulo V, não foram investigados testes de potência anaeróbia como teste de Wingate. Futuros estudos poderiam se beneficiar ao investigar a relação entre testes de potência anaeróbia e o desempenho nos testes de simulação de tarefas. Além disso, mais estudos devem ser realizados para investigar a relação entre medidas de aptidão física e outras tarefas com

alta demanda física, identificadas no Capítulo II, como algumas tarefas de combate a incêndio florestal e salvamento aquáticos.

3. Recomendações

As discussões acerca da utilização de testes de aptidão física de CGA ou teste de simulação de tarefas não são novas. Enquanto tribunais estrangeiros tendem a preferir o uso de teste de simulação de tarefas devido à validade ecológica de face e de conteúdo destes testes, é importante reconhecer que os testes de CGA também possuem vantagens. Uma opção é usar uma abordagem integrada, onde testes de simulação de tarefas são usados juntamente com testes de CGA. Por exemplo, a *Royal National Lifeboat Institution* do Reino Unido, já utiliza essa abordagem como critério para a tripular os seus barcos (165). Nessa instituição, os indivíduos só podem realizar alguns dos testes de simulação de tarefas se forem aprovados em uma bateria de testes de CGA pois sugerem menor chance de incidência de lesões e que não estarão trabalhando com nível de esforço máximo durante a execução do teste de simulação de tarefas. Em outras instituições, como a Agência Marítima e Guarda Costeira do Reino Unido, o uso de teste de simulação de tarefas é realizado após um uma bateria de testes de CGA ou de forma incremental, começando com uma carga menor, para reduzir o risco de lesão (165). Essa abordagem combina a precaução com a saúde e segurança dos indivíduos que realizam o TAF com a manutenção de um alto nível de validade lógica. Portanto, baseado nos dados dessa tese, recomenda-se uma abordagem integrada que utilize testes de CGA e testes de simulação de tarefas e que considerem o grau de confiabilidade das medidas para determinar os critérios de aprovação em TAFs para bombeiros. Adicionalmente, os achados dessa tese mostram que diversos testes de campo, que medem os componentes relacionados com o desempenho de bombeiros também são boas opções para avaliar bombeiros. Por último, os achados dessa tese sugerem que programas de treinamento físico para bombeiros devem considerar aspectos relacionados ao treinamento concorrente, uma vez que componentes aeróbios e de força estão relacionados ao desempenho profissional de bombeiros.

Referências

1. Fleming K, Millar C. Leadership capacity in an era of change: the new-normal leader. Vol. 32, *Journal of Organizational Change Management*. Emerald Group Holdings Ltd.; 2019. p. 310–9.
2. Alvar BA, Sell K, Deuster PA, National Strength & Conditioning Association (U.S.). NSCA's essentials of tactical strength and conditioning. 677 p.
3. BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988.
4. Myhre et al. (1997) Relationship Between Selected Measures of Physical Fitness and Performance of a Simulated Fire Fighting Emergency Task.
5. Morris C, Chander H. The Impact of Firefighter Physical Fitness on Job Performance: A Review of the Factors That Influence Fire Suppression Safety and Success. *Safety*. 2018;4(4):60.
6. Smith DL, Petruzzello SJ, Kramer JM, Misner JE. The effects of different thermal environments on the physiological and psychological responses of firefighters to a training drill. *Ergonomics*. 1997;40(4):500–10.
7. Nazari G, Lu S, MacDermid JC. Quantifying physiological responses during simulated tasks among Canadian firefighters: A systematic review and meta-analysis. Vol. 7, *Journal of Military, Veteran and Family Health*. University of Toronto Press; 2021. p. 55–75.
8. Perroni F, Guidetti L, Cignitti L, Baldari C. Psychophysiological Responses of Firefighters to Emergencies: A Review. *Open Sports Sci J*. 2014 Feb 11;7(1):8–15.
9. Lindberg AS, Oksa J, Malm C. Laboratory or field tests for evaluating firefighters' work capacity? *PLoS One*. 2014;9(3).
10. Wright HE, Larose J, McLellan TM, Miller S, Boulay P, Kenny GP. Do older firefighters show long-term adaptations to work in the heat? *J Occup Environ Hyg*. 2013;10(12):705–15.
11. Kenny GP, Groeller H, McGinn R, Flouris AD. Age, human performance, and physical employment standards. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2016;41(6):S92–107.
12. Jahnke SA, Carlos Poston WS, Haddock CK, Jitnarin N. Injury among a population based sample of career firefighters in the central USA. *Injury Prevention*. 2013;19(6):393–8.
13. Jahnke SA, Poston WSC, Haddock CK, Jitnarin N. Obesity and incident injury among career firefighters in the central United States. *Obesity*. 2013;21(8):1505–8.
14. Poplin GS, Roe DJ, Peate W, Harris RB, Burgess JL. The association of aerobic fitness with injuries in the fire service. *Am J Epidemiol*. 2014;179(2):149–55.

15. Poplin GS, Harris RB, Pollack KM, Peate WF, Burgess JL. Beyond the fireground: Injuries in the fire service. *Injury Prevention*. 2012;18(4):228–33.
16. Baur DM, Christophi CA, Kales SN. Metabolic syndrome is inversely related to cardiorespiratory fitness in male career firefighters. *J Strength Cond Res*. 2004;26(9):1–6.
17. Durand G, Tsismenakis AJ, Jahnke SA, Baur DM, Christophi CA, Kales SN. Firefighters' physical activity: relation to fitness and cardiovascular disease risk. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(9):1752–9.
18. Soteriades ES, Smith DL, Tsismenakis AJ, Baur DM, Kales SN. Cardiovascular disease in US firefighters: A systematic review. Vol. 19, *Cardiology in Review*. 2011. p. 202–15.
19. Kales SN, Soteriades ES, Christophi CA, Christiani DC. Emergency Duties and Deaths from Heart Disease among Firefighters in the United States. *N Engl J Med*. 2007;335(12):1207–15.
20. Korre M, Porto LGG, Farioli A, Yang J, Christiani DC, Christophi CA, et al. Effect of Body Mass Index on Left Ventricular Mass in Career Male Firefighters. *American Journal of Cardiology*. 2016;118(11):1769–73.
21. Yang J, Teehan D, Farioli A, Baur DM, Smith D, Kales SN. Sudden cardiac death among firefighters ≤ 45 years of age in the United States. *American Journal of Cardiology*. 2013;112(12):1962–7.
22. Heimburg ED Von, Rasmussen AKR, Ingulf J. Physiological responses of firefighters and performance predictors during a simulated rescue of hospital patients. *Ergonomics*. 2006;49(2):37–41.
23. Ras J, Soteriades ES, Smith DL, Kengne AP, Leach L. Evaluation of the relationship between occupational-specific task performance and measures of physical fitness, cardiovascular and musculoskeletal health in firefighters. *BMC Public Health*. 2024 Dec 1;24(1).
24. Ras J, Smith DL, Kengne AP, Soteriades EE, Leach L. Cardiovascular Disease Risk Factors, Musculoskeletal Health, Physical Fitness, and Occupational Performance in Firefighters: A Narrative Review. Vol. 2022, *Journal of Environmental and Public Health*. Hindawi Limited; 2022.
25. Ras J, Kengne AP, Smith DL, Soteriades ES, November R V., Leach L. Effects of Cardiovascular Disease Risk Factors, Musculoskeletal Health, and Physical Fitness on Occupational Performance in Firefighters—A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 19, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI; 2022.
26. Rogers WT, Docherty D, Petersen S. Establishment of performance standards and a cut-score for the Canadian forces firefighter physical fitness maintenance evaluation (FF PFME). *Ergonomics*. 2014;57(11):1750–9.

27. Mamen A, Heimburg ED von, Oseland H, Medbø JI. Examination of a new functional firefighter fitness test. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2019;3548.
28. Taylor NAS, Fullagar HHK, Mott BJ, Sampson JA, Groeller H. Employment standards for Australian Urban firefighters: Part 1: The essential, physically demanding tasks. *J Occup Environ Med*. 2015;57(10):1063–71.
29. Fullagar HHK, Sampson JA, Mott BJ, Burdon CA, Taylor NAS, Groeller H. Employment standards for Australian Urban firefighters part 4: Physical aptitude tests and standards. *J Occup Environ Med*. 2015;57(10):1092–7.
30. Taylor NAS, Fullagar HHK, Sampson JA, Notley SR, Durley SD, Lee DS, et al. Employment standards for Australian Urban firefighters: Part 2: The physiological demands and the criterion tasks. *J Occup Environ Med*. 2015;57(10):1072–82.
31. Groeller H, Fullagar HHK, Sampson JA, Mott BJ, Taylor NAS. Employment standards for Australian Urban firefighters part 3: The transition from criterion task to test. *J Occup Environ Med*. 2015;57(10):1083–91.
32. Jamnik V, Gumienak R, Gledhill N. Developing legally defensible physiological employment standards for prominent physically demanding public safety occupations: A Canadian perspective. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(10):2447–57.
33. Gumieniak RJ, Jamnik VK, Gledhill N. Catalog of Canadian fitness screening protocols for public safety occupations that qualify as bona fide occupational requirements. *J Strength Cond Res*. 2013;27(4):1168–73.
34. Stevenson RDM, Siddall AG, Turner PFJ, Bilzon JIJ. A Task Analysis Methodology for the Development of Minimum Physical Employment Standards. *J Occup Environ Med*. 2016;58(8):846–51.
35. Stevenson RDM, Siddall AG, Turner PFJ, Bilzon JIJ. Physical Employment Standards for UK Firefighters. *J Occup Environ Med*. 2017;59(1):74–9.
36. Siddall AG, Stevenson RDM, Turner PFJ, Stokes KA, Bilzon JIJ. Development of role-related minimum cardiorespiratory fitness standards for firefighters and commanders. *Ergonomics*. 2016;59(10):1335–43.
37. Henderson ND. PREDICTING LONG-TERM FIREFIGHTER PERFORMANCE FROM COGNITIVE AND PHYSICAL ABILITY MEASURES. Vol. 63, PERSONNEL PSYCHOLOGY. 2010.
38. Payne W, Harvey J. A framework for the design and development of physical employment tests and standards. *Ergonomics*. 2010;53(7):858–71.
39. Petersen SR, Anderson GS, Tipton MJ, Docherty D, Graham TE, Sharkey BJ, et al. Towards best practice in physical and physiological employment standards. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* [Internet]. 2016;41(6 (Suppl. 2)):S47–62. Available from: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/apnm-2016-0003>

40. Tipton MJ, Milligan GS, Reilly TJ. Physiological employment standards I. Occupational fitness standards: Objectively subjective? *Eur J Appl Physiol.* 2013;113(10):2435–46.
41. Beck B, Billing DC, Carr AJ. Developing physical and physiological employment standards: Translation of job analysis findings to assessments and performance standards – A systematic review. *Int J Ind Ergon* [Internet]. 2016;56:9–16. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2016.08.006>
42. Larsen B, Aisbett B. Subjective job task analyses for physically demanding occupations: What is best practice? *Ergonomics.* 2012;55(10):1266–77.
43. Ras J, Kengne AP, Smith DL, Soteriades ES, Leach L. Association between Cardiovascular Disease Risk Factors and Cardiorespiratory Fitness in Firefighters: A Systematic Review and Meta-Analysis. Vol. 20, *International journal of environmental research and public health.* NLM (Medline); 2023.
44. Andrew G Siddall, Richard D M Stevenson; Philip J F Turner JLJB. Physical and physiological performance determinants of a firefighting simulation test. *J Occup Environ Med.* 2018;
45. Gendron P, Freiburger E, Laurencelle L, Trudeau F, Lajoie C. Greater physical fitness is associated with better air ventilation efficiency in firefighters. *Appl Ergon.* 2015;47:229–35.
46. Perroni F, Tessitore A, Lupo C, Cortis C, Cignitti L, Capranica L. Do Italian fire fighting recruits have an adequate physical fitness profile for fire fighting? *Sport Sci Health.* 2008;4(1–2):27–32.
47. Comissão de desenvolvimento de painéis de gestão de negócios C. <https://gesint.cbm.df.gov.br/bi-publico/atendimentos-cbmdf/>. 2023. Dashboard com estatística de atendimentos realizados pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (2017 - 2023).
48. Fire Administration U, Fire Data Center N. Fire Department Overall Run Profile as Reported to the National Fire Incident Reporting System (2020).
49. Windisch S, Seiberl W, Schwirtz A, Hahn D. Relationships between strength and endurance parameters and air depletion rates in professional firefighters. *Sci Rep* [Internet]. 2017;7(February):1–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/srep44590>
50. Windisch S, Seiberl W, Hahn D, Schwirtz A. Physiological responses to firefighting in extreme temperatures do not compare to firefighting in temperate conditions. *Front Physiol.* 2017;8(AUG):1–11.
51. Nazari G, MacDermid JC, Sinden KE, Overend TJ. The Relationship between Physical Fitness and Simulated Firefighting Task Performance. *Rehabil Res Pract.* 2018;2018(2007):1–7.
52. Calavalle AR, Sisti D, Mennelli G, Andolina G, Del Sal M, Rocchi M, et al. A simple method to analyze overall individual physical fitness in firefighters. *J Strength Cond Res.* 2013;27(3):769–75.

53. Marcel-Millet P, Cassirame J, Eon P, Williams-Bell FM, Gimenez P, Grosprêtre S. Physiological demands and physical performance determinants of a new firefighting simulation test. *Ergonomics*. 2023;
54. Beitia P, Stamatis A, Amasay T, Papadakis Z. Predicting Firefighters' Physical Ability Test Scores from Anaerobic Fitness Parameters & Mental Toughness Levels. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Nov 1;19(22).
55. Sheaff AK, Bennett A, Hanson E, Kim YS, Hsu J, Shim JK, et al. Physiological determinants of the candidate physical ability test in firefighters. *J Strength Cond Res*. 2010;24(11):3112–22.
56. Rhea M, Alvar B, Gray R. Physical fitness and job performance of firefighters. *Strength And Conditioning*. 2004;18(2):348–52.
57. Harvey DG, Kraemer JL, Sharratt MT, Hughson RL. Respiratory gas exchange and physiological demands during a fire fighter evaluation circuit in men and women. *Eur J Appl Physiol*. 2008;103(1):89–98.
58. Cho EH, Nam JH, Shin SA, Lee JB. A Study on the Preliminary Validity Analysis of Korean Firefighter Job-Related Physical Fitness Test. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Mar 1;19(5).
59. Michaelidis, Parpa K, Thompson J, Brown B. Predicting Performance on a Firefighter's Ability Test From Fitness Parameters.pdf. *Res Q Exerc Sport*. 2008;79(4):468–75.
60. Michaelidis M, Parpa KOM, Henry LJ, Thompson GEB. Assessment of physical fitness aspects and their relationship to firefighters' job abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2011;956–65.
61. Saari AI, Renz G, Davis P, Abel MG. The Influence of Age on Firefighter Combat Challenge Performance and Exercise Training Habits. *J Strength Cond Res*. 2020;34(9):2500–6.
62. Kleinberg CR, Ryan ED, Tweedell AJ, Barnette TJ, Wagoner CW. Influence of Lower Extremity Muscle Size and Quality on Stair-Climb Performance in Career Firefighters. *J Strength Cond Res*. 2016;30(6):1613–8.
63. Williams-Bell FM, Villar R, Sharratt MT, Hughson RL. Physiological demands of the firefighter candidate physical ability test. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(3):653–62.
64. Fyock-Martin MB, Erickson EK, Hautz AH, Sell KM, Turnbaugh BL, Caswell S V, et al. What do Firefighting Ability Tests Tell Us About Firefighter Physical Fitness? A Systematic Review of the Current Evidence [Internet]. 2020. Available from: <https://journals.lww.com/nsca-jscr>
65. Chizewski A, Box A, Kesler R, Petruzzello SJ. Fitness fights fires: Exploring the relationship between physical fitness and firefighter ability. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Nov 1;18(22).
66. Davis, Dotson e Santa Maria (1982) Relationship between simulated fire fighting tasks and physical performance measures.

67. Williford HN, Duey WJ, Olson MS, Howard R, Wang N. Relationship between fire fighting suppression tasks and physical fitness. *Ergonomics*. 1999;42(9):1179–86.
68. Lindberg AS, Oksa J, Antti H, Malm C. Multivariate statistical assessment of predictors of firefighters' muscular and aerobic work capacity. *PLoS One*. 2015;10(3):1–25.
69. Windisch S, Seiberl W, Schwirtz A, Hahn D. Relationships between strength and endurance parameters and air depletion rates in professional firefighters. *Sci Rep [Internet]*. 2017;7(February):1–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/srep44590>
70. von Heimburg E, Medbø JI, Sandsund M, Reinertsen RE. Performance on a work-simulating firefighter test versus approved laboratory tests for firefighters and applicants. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2013;19(2):227–43.
71. Henderson ND, Berry MW. FIELD MEASURES OF STRENGTH AND FITNESS PREDICT FIREFIGHTER PERFORMANCE ON PHYSICALLY DEMANDING TASKS. Vol. 60, *PERSONNEL PSYCHOLOGY*. 2007.
72. Phillips M, Petersen A, Abbiss CR, Netto K, Payne W, Nichols D, et al. Pack Hike Test finishing time for Australian firefighters: Pass rates and correlates of performance. *Appl Ergon*. 2011;42(3):411–8.
73. Shimano T, Kraemer WJ, Spiering BA, Volek JS. Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *J Strength Cond Res*. 2006;20(4):819–23.
74. Abernethy P, Wilson G, Loganl P. Strength and Power Assessment Issues, Controversies and Challenges. Vol. 19, *REVIEW ARTICLE Sports Med*. 1995.
75. LaChance PF, Hortobagyi T. Influence of Cadence on Muscular Performance During Push-up and Pull-up Exercise. Vol. 8, *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 1994. p. 76.
76. Rozenek R, Byrne JJ, Crussemeyer J, Garhammer J. Male-Female Differences in Push-up Test Performance at Various Cadences. *J Strength Cond Res*. 2021;Publish Ah:1–6.
77. Hackett DA, Sabag A. The Influence of Muscular Strength and Local Muscular Endurance on Accuracy of Estimated Repetitions to Failure in Resistance-Trained Males. *Sports*. 2022;10(2).
78. Niewiadomski W, Gąsiorowska A, Cybulski G, Laskowska D, Langfort J. Determination and Prediction of One Repetition Maximum (1RM): Safety Considerations. *J Hum Kinet*. 2008;19:109–20.
79. Loturco I, Suchomel T, Bishop C, Kobal R, Pereira LA, McGuigan M. One-repetition-maximum measures or maximum bar-power output: Which is more related to sport performance? *Int J Sports Physiol Perform*. 2019;14(1):33–7.

80. Loturco I, D'angelo RA, Fernandes V, Gil S, Kobal R, Abad CCC, et al. Relationship between sprint ability and loaded/unloaded jump tests in elite sprinters. Relationship between sprint ability and loaded/unloaded jump tests in elite sprinters [Internet]. 2015;29(3):758–64. Available from: www.nasca.com
81. Requena B, Garcí'a I, Garcí'a G, Requena F, Saéz E, Saéz SS, et al. Relationship between traditional and ballistic squat exercise with vertical jumping and maximal sprinting. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2011;25(8):2193–204. Available from: www.nasca-jscr.org
82. Smith DL, Petruzzello SJ. Selected physiological and psychological responses to live-fire drills in different configurations of firefighting gear. *Ergonomics*. 1998;41(8):1141–54.
83. Horn GP, Blevins S, Fernhall B, Smith DL. Core temperature and heart rate response to repeated bouts of firefighting activities. *Ergonomics*. 2013;56(9):1465–73.
84. Fernhall B, Fahs CA, Horn G, Rowland T, Smith D. Acute effects of firefighting on cardiac performance. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(2):735–41.
85. Petruzzello SJ, Gapin JJ, Snook E, Smith DL. Perceptual and physiological heat strain: Examination in firefighters in laboratory- and field-based studies. *Ergonomics*. 2009;52(6):747–54.
86. Smith DL, Haller JM, Benedict R, Moore-Merrell L. Cardiac strain associated with high-rise firefighting. *J Occup Environ Hyg*. 2015 Apr 3;12(4):213–21.
87. Leischik R, Foshag P, Strauß M, Littwitz H, Garg P, Dworak B, et al. Aerobic capacity, physical activity and metabolic risk factors in firefighters compared with police officers and sedentary clerks. *PLoS One*. 2015;10(7):1–17.
88. Richmond VL, Rayson MP, Wilkinson DM, Carter JM, Blacker SD. Physical demands of firefighter search and rescue in ambient environmental conditions. *Ergonomics*. 2008;51(7):1023–31.
89. Taylor NAS, Lewis MC, Notley SR, Peoples GE. A fractionation of the physiological burden of the personal protective equipment worn by firefighters. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112(8):2913–21.
90. Kesler RM, Ensari I, Bollaert RE, Motl RW, Hsiao-Weckler ET, Rosengren KS, et al. Physiological response to firefighting activities of various work cycles using extended duration and prototype SCBA. *Ergonomics* [Internet]. 2018;61(3):390–403. Available from: <http://doi.org/10.1080/00140139.2017.1360519>
91. Kerber S. Analysis of Changing Residential Fire Dynamics and Its Implications on Firefighter Operational Timeframes. *Fire Technol*. 2012;48(4):865–91.
92. Rosenstock L, Olsen J, Ph D. Firefighting and Death from Cardiovascular Causes. 2007. p. 1261–3.
93. Haller, Smith. Examination of Strenuous Activity Preceding Cardiac Death during Firefighting Duties. *Safety*. 2019;5(3):50.

94. von Heimburg E, Ingulf Medbø J. Energy cost of the trondheim firefighter test for experienced firefighters. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2013;19(2):211–25.
95. James E. Manning, Thomas R G. Heart Rates in Fire Fighters Using Light and Heavy Breathing Equipment Similar Near-Maximal Exertion in Response to Multiple Work Load Conditions. *Journal of Occupational Medicine*. 1983;25(3):215–8.
96. Elsner KL, Kolkhorst FW. Metabolic demands of simulated firefighting tasks. *Ergonomics*. 2008;51(9):1418–25.
97. Smith DL, Manning TS, Petruzzello SJ. Effect of strenuous live-fire drills on cardiovascular and psychological responses of recruit firefighters. *Ergonomics*. 2001;44(3):244–54.
98. Ljubičić A, Varnai VM, Petrincec B, Macan J. Response to thermal and physical strain during flashover training in Croatian firefighters. *Appl Ergon*. 2014;45(3):544–9.
99. Ljubičić Čalušić A, Marin M, Veda Marija V, Branko P, Jelena M, Nevenka K, et al. Biomarkers of mild hyperthermia related to flashover training in firefighters. *J Therm Biol*. 2012;37(8):548–55.
100. Hunter AL, Shah AS V, Langrish JP, Raftis JB, Lucking AJ, Brittan M, et al. Fire Simulation and Cardiovascular Health. *Circulation*. 2017;135:1284–95.
101. Braga GC, Pereira J, Neto L, Salazar HDF. A temperatura e fluxo de calor em uma situação de incêndio e as consequências para os bombeiros. *Revista FLAMMAE*. 2016;02(04):9–28.
102. Bruce-Low SS, Cotterrell D, Jones GE. Effect of wearing personal protective clothing and self-contained breathing apparatus on heart rate, temperature and oxygen consumption during stepping exercise and live fire training exercises. *Ergonomics*. 2007;50(1):80–98.
103. Sothmann, M. S., Saupe, K., Jasenof, D., & Blaney, J. (1992). Heart Rate Response of Firefighters to Actual Emergencies.
104. Horn GP, Kesler RM, Motl RW, Hsiao-Wecksler ET, Klaren RE, Ensari I, et al. Physiological responses to simulated firefighter exercise protocols in varying environments. *Ergonomics*. 2015;58(6):1012–21.
105. Wilkinson AF, Matias AA, Eddy CIK, Soares EM, King JL, Smith DL. Physiologic strain of SCBA confidence course training compared to circuit training and live-fire training. *Appl Ergon* [Internet]. 2020;82:102966. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.102966>
106. Perroni F, Tessitore A, Cortis C, Lupo C, D'ARTIBALE E, Cignitti L, et al. Energy cost and energy source during a simulated firefighting activity. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(12):3457–63.
107. Medbø JI, Mamen A, Oseland H, von Heimburg ED. The steady-state load of five firefighting tasks. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*

- [Internet]. 2019;0(0):1–13. Available from:
<https://doi.org/10.1080/10803548.2019.1573013>
108. Scofield DE, Kardouni JR. The Tactical Athlete: A Product of 21st Century Strength and Conditioning. *Strength Cond J*. 2015;37(4):2–7.
 109. Claudino JG, Gabbett T, Bourgeois F, Souza H de S, Miranda RC, Mezêncio B, et al. CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine*. 2018;4(11):1–14.
 110. Kirk C, Clark DR, Langan-Evans C, Morton JP. The physical demands of mixed martial arts: A narrative review using the ARMSS model to provide a hierarchy of evidence. *J Sports Sci*. 2020;38(24):2819–41.
 111. Drain J, Billing D, Neesham-Smith D, Aisbett B. Predicting physiological capacity of human load carriage - A review. *Appl Ergon* [Internet]. 2016;52:85–94. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2015.07.003>
 112. Dreger RW, Jones RL, Petersen SR. Effects of the self-contained breathing apparatus and fire protective clothing on maximal oxygen uptake. *Ergonomics*. 2006;49(10):911–20.
 113. Lee JY, Bakri I, Kim JH, Son SY, Tochiara Y. The impact of firefighter personal protective equipment and treadmill protocol on maximal oxygen uptake. *J Occup Environ Hyg*. 2013;10(7):397–407.
 114. Perroni F, Guidetti L, Cignitti L, Baldari C. Absolute vs. weight-related maximum oxygen uptake in firefighters: Fitness evaluation with and without protective clothing and self-contained breathing apparatus among age group. *PLoS One*. 2015;10(3):6–13.
 115. Nelson MD, Haykowsky MJ, Mayne JR, Jones RL, Petersen SR. Effects of self-contained breathing apparatus on ventricular function during strenuous exercise. *J Appl Physiol*. 2009;106(2):395–402.
 116. Taylor NAS, Peoples GE, Petersen SR. Load carriage, human performance, and employment standards. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016;41(6 Suppl 2):S131–47.
 117. Havenith G, Heus R. A test battery related to ergonomics of protective clothing. *Appl Ergon*. 2004;35(1):3–20.
 118. McLellan TM, Havenith G. Protective clothing ensembles and physical employment standards. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016;41(6):S121–30.
 119. Lesniak AY, Bergstrom HC, Clasey JL, Stromberg AJ, Abel MG. The Effect of Personal Protective Equipment on Firefighter Occupational Performance. *J Strength Cond Res*. 2020;34(8):2165–72.
 120. Brown MN, Char RMML, Henry SO, Tanigawa J, Yasui S. The effect of firefighter personal protective equipment on static and dynamic balance. *Ergonomics* [Internet]. 2019;0(0):1–9. Available from:
<https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1623422>

121. Games KE, Csiernik AJ, Winkelmann ZK, True JR, Eberman LE. Personal protective ensembles' effect on dynamic balance in firefighters. *Work*. 2019;62(3):507–14.
122. Park K, Rosengren KS, Horn GP, Smith DL, Hsiao-Wecksler ET. Assessing gait changes in firefighters due to fatigue and protective clothing. *Saf Sci*. 2011;49(5):719–26.
123. Park K, Sy JF, Horn GP, Kesler RM, Petrucci MN, Rosengren KS, et al. Assessing gait changes in firefighters after firefighting activities and while carrying asymmetric loads. *Appl Ergon*. 2018;70(January):44–50.
124. Kong PW, Beauchamp G, Suyama J, Hostler D. Effect of fatigue and hypohydration on gait characteristics during treadmill exercise in the heat while wearing firefighter thermal protective clothing. *Gait Posture*. 2010;31(2):284–8.
125. Silk A, Lenton G, Savage R, Aisbett B. Job task characteristics of Australian emergency services volunteers during search and rescue operations. *Ergonomics* [Internet]. 2018;61(2):265–72. Available from: <http://doi.org/10.1080/00140139.2017.1349933>
126. Borghols EAM, Dresen MHW, Hollander AP. Influence of heavy weight carrying on the cardiorespiratory system during exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1978;38(3):161–9.
127. Nelson MD, Haykowsky MJ, Mayne JR, Jones RL, Petersen SR. Effects of self-contained breathing apparatus on ventricular function during strenuous exercise. *J Appl Physiol*. 2009 Feb;106(2):395–402.
128. Dempsey PC, Handcock PJ, Rehrer NJ. Body armour: the effect of load, exercise and distraction on landing forces. *J Sports Sci*. 2014;32(4):301–6.
129. Thomas M, Pohl MB, Shapiro R, Keeler J, Abel MG. Effect of load carriage on tactical performance in special weapons and tactics operators. Vol. 32, *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2018. 554–564 p.
130. Tomes C, Orr RM, Pope R. The impact of body armor on physical performance of law enforcement personnel: A systematic review. *Ann Occup Environ Med*. 2017;29(1):1–15.
131. Joseph A, Wiley A, Orr R, Schram B, Dawes JJ. The impact of load carriage on measures of power and agility in tactical occupations: A critical review. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(1).
132. Marins EF, Cabistany L, Farias C, Dawes JJ, Del Vecchio FB. Effects of personal protective equipment on metabolism and performance during an occupational physical ability test for federal highway police officers. *J Strength Cond Res*. 2020;34(4):1093–102.
133. Holewun M, Lotens WA. The influence of backpack design on physical performance. *Ergonomics*. 1992;35(2):149–57.
134. Birrell SA, Hooper RH, Haslam RA. The effect of military load carriage on ground reaction forces. *Gait Posture*. 2007;26(4):611–4.

135. Winkelmann ZK, Rogers SM, Eberman LE, Games KE. The effect of structural firefighter protective clothing systems on single-legged functional hop test scores. *Work*. 2019;62(3):497–505.
136. Papadakis Z, Stamatis A, Beitia P. Personal protective equipment impacts firefighters' anaerobic fitness. *Occup Med (Chic Ill)* [Internet]. 2024 Jun 25; Available from: <https://academic.oup.com/occmed/advance-article/doi/10.1093/occmed/kqae046/7699080>
137. Horn GP, Deblois J, Shalmyeva I, Smith DL. Quantifying dehydration in the fire service using field methods and novel devices. *Prehospital Emergency Care*. 2012;16(3):347–55.
138. Holsworth RE, Cho YI, Weidman J. Effect of hydration on whole blood viscosity in firefighters. *Altern Ther Health Med*. 2013;19(4):44–9.
139. Thompson C, Ferrie L, Pearson SJ, Highlands B, Matthews MJ. In the heat of the moment: the effects of extreme temperatures on the cognitive functioning of firefighters. *Ergonomics* [Internet]. 2024 Mar 13;1–15. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00140139.2024.2326584>
140. Canetti EFD, Gayton S, Schram B, Pope R, Orr RM. Psychological, Physical, and Heat Stress Indicators Prior to and after a 15-Minute Structural Firefighting Task. *Biology (Basel)*. 2022 Jan 1;11(1).
141. Thompson C, Ferrie L, Pearson SJ, Highlands B, Matthews MJ. Do extreme temperatures affect cognition? A short review of the impact of acute heat stress on cognitive performance of firefighters. *Front Psychol* [Internet]. 2024 Jan 11;14. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2023.1270898/full>
142. Hemmatjo R, Zare S, Hajaghazadeh M, Allahyari T, Kazemi R. Physiological strain and decision making affected by different cooling tactics following live-fire training. *Hum Factors Ergon Manuf*. 2019;29(2):118–25.
143. Smith DL, Horn GP, Fernhall B, Kesler RM, Fent KW, Kerber S, et al. Electrocardiographic Responses Following Live-Fire Firefighting Drills. *J Occup Environ Med*. 2019;61(12):1030–5.
144. Budd GM. How do wildland firefighters cope? Physiological and behavioural temperature regulation in men suppressing Australian summer bushfires with hand tools. *J Therm Biol*. 2001;26(4–5):381–6.
145. Cuddy JS, Sol JA, Hailes WS, Ruby BC. Work Patterns Dictate Energy Demands and Thermal Strain During Wildland Firefighting. *Wilderness Environ Med*. 2015 Jun 1;26(2):221–6.
146. Petersen A, Payne W, Phillips M, Netto K, Nichols D, Aisbett B. Validity and relevance of the pack hike wildland firefighter work capacity test: A review. *Ergonomics*. 2010;53(10):1276–85.
147. Carballo-Leyenda B, Villa-Vicente JG, Delogu GM, Rodríguez-Marroyo JA, Molina-Terrén DM. Perceptions of Heat Stress, Heat Strain and Mitigation Practices in

- Wildfire Suppression across Southern Europe and Latin America. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Oct 1;19(19).
148. Carballo-Leyenda B, Gutiérrez-Arroyo J, García-Heras F, Sánchez-Collado P, Villa-Vicente JG, Rodríguez-Marroyo JA. Influence of personal protective equipment on wildland firefighters' physiological response and performance during the pack test. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 May 2;18(10).
 149. Rodríguez-Marroyo JA, Villa JG, López-Satue J, Pernía R, Carballo B, García-López J, et al. Physical and thermal strain of firefighters according to the firefighting tactics used to suppress wildfires. *Ergonomics*. 2011 Nov;54(11):1101–8.
 150. Ruby BC, Shriver TC, Zderic TW, Sharkey BJ, Burks C, Tysk S. Total energy expenditure during arduous wildfire suppression [Internet]. Vol. 34, *Med. Sci. Sports Exerc*. 2002. Available from: <http://journals.lww.com/acsm-msse>
 151. Martin DRF Saint, Segedi LC, Soares E de MK von K, Nogueira RM, Cruz CJG, Fontana KE, et al. Nível de atividade física e sobrecarga cardiovascular em bombeiros militares durante combate a incêndio florestal: um estudo exploratório. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*. 2020;45.
 152. Salvador AF, Penteado R, Lisbôa FD, Corvino RB, Peduzzi ES, Caputo F. Physiological and metabolic responses to rescue simulation in surf beach lifeguarding. *J Exerc Physiol Online*. 2014;17(3):21–31.
 153. Reilly T, Wooler A, Tipton M. Occupational fitness standards for beach lifeguards. Phase 1: The physiological demands of beach lifeguarding. *Occup Med (Chic Ill)*. 2006;56(1):6–11.
 154. Zare S, Hemmatjo R, Allahyari T, Hajaghazadeh M, Hajivandi A, Aghabeigi M, et al. Comparison of the effect of typical firefighting activities, live fire drills and rescue operations at height on firefighters' physiological responses and cognitive function. *Ergonomics* [Internet]. 2018;61(10):1334–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2018.1484524>
 155. World Health Organization. Road traffic injuries. 2023.
 156. Wanke P, Gil-Alana LA, Tan Y. Trends in road accidents on Brazil's highways: Evidence of persistence using fractional integration. *PLoS One*. 2023 Jul 1;18(7 July).
 157. Nutbeam T, Fenwick R, Hobson C, Holland V, Palmer M. Extrication time prediction tool. *Emergency Medicine Journal*. 2015 May 1;32(5):401–3.
 158. Júnior HS, Giacon-Arruda BCC, Larrosa S, de Andrade AR, Teston EF, Júnior MAF. Extrication techniques of entrapped car crash victims: a scoping review. *Revista da Escola de Enfermagem*. 2021;55.
 159. Davis PO, Dotson CO. Job performance testing: An alternative to age. *Med Sci Sports Exerc*. 1987;19(2):179–85.
 160. Rijn V. Job analysis of entry level firefighting : a comparison of District of Columbia firefighters and a nationwide sample [Internet]. 1977. Available from:

<https://hdl.handle.net/2027/buf.39072023002771>http://www.hathitrust.org/access_use#pd

161. Larsen B, Graham T, Aisbett B. A survey to identify physically demanding tasks performed during storm damage operations by Australian State Emergency Services personnel. *Appl Ergon* [Internet]. 2013;44(1):128–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2012.05.010>
162. Blacker SD, Rayson MP, Wilkinson DM, Carter JM, Nevill AM, Richmond VL. Physical employment standards for UK fire and rescue service personnel. *Occup Med (Chic Ill)*. 2016;66(1):38–45.
163. Gumieniak RJ, Shaw J, Gledhill N, Jamnik VK. Physical employment standard for Canadian wildland fire fighters; identifying and characterising critical initial attack response tasks. *Ergonomics* [Internet]. 2018;61(10):1299–310. Available from: <http://doi.org/10.1080/00140139.2018.1464211>
164. Petersen A, Payne W, Phillips M, Netto K, Nichols D, Aisbett B. Validity and relevance of the pack hike wildland firefighter work capacity test: A review. *Ergonomics*. 2010;53(10):1276–85.
165. Milligan GS, Reilly TJ, Zumbo BD, Tipton MJ. Validity and reliability of physical employment standards. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2016;41(6):S83–91.
166. Lee D chul, Artero EG, Sui X, Blair SN. Mortality trends in the general population: the importance of cardiorespiratory fitness. Vol. 24, *Journal of psychopharmacology* (Oxford, England). 2010. p. 27–35.
167. Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, Morrow JR, Jackson AW, Sjöström M, et al. Association between muscular strength and mortality in men: Prospective cohort study. *BMJ*. 2008 Jul 12;337(7661):92–5.
168. Blair SN, Kampert JB, Kohl Iii HW, Barlow CE, Macera CA, Paffenbarger RS, et al. Influences of Cardiorespiratory Fitness and Other Precursors on Cardiovascular Disease and All-Cause Mortality in Men and Women [Internet]. Available from: <https://jamanetwork.com/>
169. Lentz L, Randall JR, Gross DP, Senthilselvan A, Voaklander D. The relationship between physical fitness and occupational injury in emergency responders: A systematic review. *Am J Ind Med*. 2019;62(1):3–13.
170. Weakley J, Black G, McLaren S, Scantlebury S, Suchomel TJ, McMahon E, et al. Testing and Profiling Athletes: Recommendations for Test Selection, Implementation, and Maximizing Information. *Strength Cond J* [Internet]. 2023; Available from: <https://www.researchgate.net/publication/370444517>
171. Orr RM, Lockie R, Milligan G, Lim C, Dawes J. Use of Physical Fitness Assessments in Tactical Populations. *Strength Cond J*. 2022;44(2):106–13.
172. Noll L, Mallows A, Moran J. Consensus on tasks to be included in a return to work assessment for a UK firefighter following an injury: an online Delphi study. *Int Arch Occup Environ Health*. 2021 Jul 1;94(5):1085–95.

173. Butler RJ, Contreras M, Burton LC, Plisky PJ, Goode A, Kiesel K. Modifiable risk factors predict injuries in firefighters during training academies. *Work*. 2013 Sep 27;46(1):11–7.
174. Carr-Pries NJ, Killip SC, MacDermid JC. Scoping review of the occurrence and characteristics of firefighter exercise and training injuries. Vol. 95, *International Archives of Occupational and Environmental Health*. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2022. p. 909–25.
175. Orr R, Simas V, Canetti E, Schram B. A Profile of Injuries Sustained by Firefighters: A Critical Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(20).
176. Pelozato de Oliveira DI, de Souza Teixeira BM, de Macedo OG, dos Santos V, Grossi Porto LG, Rodrigues Martins W. Prevalence of chronic lower back pain in Brazilian military firefighters. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2022;28(3):1699–704.
177. Jang TW, Ahn YS, Byun J, Lee JI, Kim KH, Kim Y, et al. Lumbar intervertebral disc degeneration and related factors in Korean firefighters. *BMJ Open*. 2016;6(6):3–8.
178. Butler RJ, Contreras M, Burton LC, Plisky PJ, Goode A, Kiesel K. Modifiable risk factors predict injuries in firefighters during training academies. *Work*. 2013;46(1):11–7.
179. Poplin GS, Griffin S, Pollack Porter K, Mallett J, Hu C, Day-Nash V, et al. Efficacy of a proactive health and safety risk management system in the fire service. *Inj Epidemiol*. 2018;5(1).
180. Griffin SC, Regan TL, Harber P, Lutz EA, Hu C, Peate WF, et al. Evaluation of a fitness intervention for new firefighters: Injury reduction and economic benefits. *Injury Prevention*. 2016;22(3):181–8.
181. Pollack KM, Poplin GS, Griffin S, Peate W, Nash V, Nied E, et al. Implementing risk management to reduce injuries in the U.S. Fire Service. *J Safety Res*. 2017;60:21–7.
182. Poston WS, Haddock CK, Jahnke SA, Jitnarin N, Day RS. An examination of the benefits of health promotion programs for the national fire service. *BMC Public Health [Internet]*. 2013;13(1):1. Available from: BMC Public Health
183. Poston WSC, Jitnarin N, Haddock CK, Jahnke SA, Tuley BC. Obesity and injury-related absenteeism in a population-based firefighter cohort. *Obesity [Internet]*. 2011;19(10):2076–81. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/oby.2011.147/nature06264>
184. Kuehl KS, Moe L, Ph D, Defrancesco CA, Mackinnon DP. Body Mass Index is a Predictor of Fire Fighter Injury and Worker Compensation Claims. *J Occup Environ Med*. 2012;54(5):579–82.
185. Kuehl KS, Elliot DL, Goldberg L, Moe EL, Perrier E, Smith J. Economic benefit of the PHLAME wellness programme on firefighter injury. *Occup Med (Chic Ill)*. 2013;63(3):203–9.

186. Butler RJ, Contreras M, Burton LC, Plisky PJ, Goode A, Kiesel K. Modifiable risk factors predict injuries in firefighters during training academies. *Work*. 2013 Sep 27;46(1):11–7.
187. Ramsden R, Smith J, Turcotte K, Garis L, Kunz K, Maxim P, et al. Determinants of Injury and Death in Canadian Firefighters A Case for a National Firefighter Wellness Surveillance System [Internet]. 2018. p. 1–78. Available from: <https://cjr.ufv.ca/determinants-of-injury-and-death-in-canadian-firefighters-a-case-for-a-national-firefighter-wellness-surveillance-system/>
188. De la Motte S, Gribbin T, Lisman P, Murphy K, deuste. Systematic review of the association between physical fitness and musculoskeletal injury risk: Part 2 - Muscular endurance and muscular strength. *J Strength Cond Res*. 2017;31(11):3218–34.
189. Lisman P, De la Motte S, Gribbine T, Jaffin D, Murphy K, Deuster P. A systematic review of the association between physical fitness and musculoskeletal injury risk: Part 1 - Cardiorespiratory endurance. *J Strength Cond Res*. 2017;31(6):1744–57.
190. Gendron P, Lajoie C, Laurencelle L, Lemoyne J, Trudeau F. Physical training in the fire station and firefighters' cardiovascular health. *Occup Med (Lond)*. 2020;70(4):224–30.
191. Lang JJ, Prince SA, Merucci K, Cadenas-Sanchez C, Chaput JP, Fraser BJ, et al. Cardiorespiratory fitness is a strong and consistent predictor of morbidity and mortality among adults: an overview of meta-analyses representing over 20.9 million observations from 199 unique cohort studies. Vol. 58, *British Journal of Sports Medicine*. BMJ Publishing Group; 2024. p. 556–66.
192. Maestroni L, Read P, Bishop C, Papadopoulos K, Suchomel TJ, Comfort P, et al. The Benefits of Strength Training on Musculoskeletal System Health: Practical Applications for Interdisciplinary Care. Vol. 50, *Sports Medicine*. Springer; 2020. p. 1431–50.
193. Kim JA, Song SY, Jeong W, Jun JK. Non-cancer health risks in firefighters: a systematic review. Vol. 44, *Epidemiology and Health*. Korean Society of Epidemiology; 2022.
194. Damacena FC, Batista TJ, Ayres LR, Zandonade E, Sampaio KN. Obesity prevalence in Brazilian firefighters and the association of central obesity with personal, occupational and cardiovascular risk factors: a cross-sectional study. *BMJ Open*. 2020 Mar 12;10(3).
195. Nogueira EC, Porto LGG, Nogueira RM, Martins W, Fonseca R, Lunardi C, et al. Body composition is strongly associated with cardiorespiratory fitness in a large brazilian military cohort: The brazilian firefighters study. *J Strength Cond Res*. 2016;30(1):33–8.
196. Kales SN, Smith DL. Firefighting and the heart. Vol. 135, *Circulation*. 2017. p. 1296–9.

197. Smith LJ, Gallagher MW, Tran JK, Vujanovic AA. Posttraumatic stress, alcohol use, and alcohol use reasons in firefighters: The role of sleep disturbance. *Compr Psychiatry* [Internet]. 2018;87:64–71. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2018.09.001>
198. DeBono NL, Daniels RD, Beane Freeman LE, Graber JM, Hansen J, Teras LR, et al. Firefighting and cancer: A meta-analysis of cohort studies in the context of cancer hazard identification. *Saf Health Work*. 2023 Mar;
199. Crawford J, Winski T, Mcelvenny D, Graveling R, Dixon K. Firefighters and cancer: the epidemiological evidence. 2017;(September).
200. Kawada T. Cancer incidence and mortality among firefighters. *Int J Cancer*. 2019;145(3):869.
201. Guidotti TL, Goldsmith DF. Lung Cancer Risk among Non-Smoking Firefighters. Vol. 59, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2017. p. e70.
202. Glass DC, Del Monaco A, Pircher S, Vander Hoorn S, Sim MR. Mortality and cancer incidence among male volunteer Australian firefighters. *Occup Environ Med*. 2017;74(9):628–38.
203. Kullberg C, Andersson T, Gustavsson P, Selander J, Tornling G, Gustavsson A, et al. Cancer incidence in Stockholm firefighters 1958–2012: an updated cohort study. *Int Arch Occup Environ Health*. 2018;91(3):285–91.
204. Ide CW. Cancer incidence and mortality in serving wholetime Scottish firefighters 1984-2005. *Occup Med (Chic Ill)*. 2014;64(6):421–7.
205. Kirstine Ugelvig Petersen K, Pedersen JE, Bonde JP, Ebbelhoej NE, Hansen J. Long-term follow-up for cancer incidence in a cohort of Danish firefighters. *Occup Environ Med*. 2018;75(4):263–9.
206. Harrison TR, Yang F, Morgan SE, Wendorf Muhamad J, Talavera E, Anderson D. The Invisible Danger of Bunker Gear Transfer: A Theory-Based Intervention to Increase Post- Fire Decontamination to Reduce Cancer Risk in Firefighters. *J Chem Inf Model*. 2013;53(9):1689–99.
207. Marjerrison N, Jakobsen J, Grimsrud TK, Hansen J, Martinsen JI, Nordby K, et al. Cancer incidence in sites potentially related to occupational exposures: 58 years of follow-up of firefighters in the Norwegian Fire Departments Cohort. *Scand J Work Environ Health*. 2022 Apr 1;48(3):210–9.
208. Casjens S, Brüning T, Taeger D. Cancer risks of firefighters: a systematic review and meta-analysis of secular trends and region-specific differences. Vol. 93, *International Archives of Occupational and Environmental Health*. Springer; 2020. p. 839–52.
209. Jalilian H, Ziaei M, Weiderpass E, Rueegg CS, Khosravi Y, Kjaerheim K. Cancer incidence and mortality among firefighters. *Int J Cancer*. 2019 Nov 15;145(10):2639–46.

210. Daniels RD, Kubale TL, Yiin JH, Dahm MM, Hales TR, Baris D, et al. Mortality and cancer incidence in a pooled cohort of US fire fighters from San Francisco, Chicago and Philadelphia (1950-2009). *Occup Environ Med*. 2014;71(6):388–97.
211. Demers PA, DeMarini DM, Fent KW, Glass DC, Hansen J, Adetona O, et al. Carcinogenicity of occupational exposure as a firefighter. *Lancet Oncol*. 2022 Aug 1;23(8):985–6.
212. Choi BK, Schnall PL, Dobson M, Garcia-Rivas J, Kim HR, Zaldivar F, et al. Very long (> 48 hours) shifts and cardiovascular strain in firefighters: A theoretical framework. *Ann Occup Environ Med*. 2014;26(1):1–9.
213. Khoshakhlagh AH, Al Sulaie S, Yazdanirad S, Orr RM, Dehdarirad H, Milajerdi A. Global prevalence and associated factors of sleep disorders and poor sleep quality among firefighters: A systematic review and meta-analysis. Vol. 9, *Heliyon*. Elsevier Ltd; 2023.
214. Hunnicutt LE, Corgan M, Brown SR, Nygaard A, Meares GL, Collier SR. Sleep Differences in Firefighters: Barracks vs. Home. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2024 Aug 30;21(9):1155. Available from: <https://www.mdpi.com/1660-4601/21/9/1155>
215. Huang HH, Stubbs B, Chen LJ, Ku PW, Hsu TY, Lin CW, et al. The effect of physical activity on sleep disturbance in various populations: a scoping review of randomized clinical trials. Vol. 20, *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. BioMed Central Ltd; 2023.
216. Orr R, Sakurai T, Scott J, Movshovich J, Dawes JJ, Lockie R, et al. The use of fitness testing to predict occupational performance in tactical personnel: A critical review. Vol. 18, *International Journal of Environmental Research and Public Health*. MDPI AG; 2021.
217. Hauschild VD, De Groot DW, Hall SM, Grier TL, Deaver KD, Hauret KG, et al. Fitness tests and occupational tasks of military interest: A systematic review of correlations. *Occup Environ Med*. 2017;74(2):144–53.
218. Roberts D, Gebhardt DL, Gaskill SE, Roy TC, Sharp MA. Current considerations related to physiological differences between the sexes and physical employment standards. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016;41(6):S108–20.
219. Mamen A, Oseland H, Medbø JI. A comparison of two physical ability tests for firefighters. *Ergonomics*. 2013;56(10):1558–68.
220. Adams EM. Human rights at work: Physical standards for employment and human rights law. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* [Internet]. 2016;41(6 (Suppl. 2)):S63–73. Available from: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/apnm-2015-0552>
221. Blacklock RE, Reilly TJ, Spivock M, Newton PS, Olinek SM. Standard Establishment Through Scenarios (SETS): A new technique for occupational fitness standards. *Work*. 2015 Aug 3;52(2):375–83.

222. Parpa K, Michaelides M. Age-Related Differences in Physical Fitness and Performance of an “Ability Test” among Firefighters. *Muscles* [Internet]. 2024 Mar 7;3(1):88–99. Available from: <https://www.mdpi.com/2813-0413/3/1/9>
223. Baur DM, Christophi CA, Cook EF, Kales SN. Age-related decline in cardiorespiratory fitness among career firefighters: Modification by physical activity and adiposity. *J Obes*. 2012;2012.
224. Gries KJ, Trappe S. The Aging Athlete: Paradigm of Healthy Aging. *Int J Sports Med*. 2022;
225. Fragala MS, Cadore EL, Dorgo S, Izquierdo M, Kraemer WJ, Peterson MD, et al. Resistance training for older adults: Position statement from the national strength and conditioning association. *J Strength Cond Res*. 2019;33(8):2019–52.
226. Unhjem R, Nygård M, Van Den Hoven LT, Sidhu SK, Hoff J, Wang E. Lifelong strength training mitigates the age-related decline in efferent drive. *J Appl Physiol* [Internet]. 2016;121:415–23. Available from: <http://www.jappp.org>
227. Unhjem R, Lundestad R, Fimland MS, Mosti MP, Wang E. Strength training-induced responses in older adults: attenuation of descending neural drive with age. *Age (Omaha)*. 2015 Jun 1;37(3).
228. Walker A, Driller M, Argus C, Cooke J, Rattray B. The ageing Australian firefighter: An argument for age-based recruitment and fitness standards for urban fire services [Internet]. Vol. 57, *Ergonomics*. Taylor & Francis; 2014. p. 612–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2014.887790>
229. Faiad C, Antonio Coelho Junior F, Fagundes Caetano P, Salazar A. Análise profissiográfica e mapeamento de competências nas instituições de segurança pública. *PSICOLOGIA: CIÊNCIA E PROFISSÃO*. 2012;32(2):388–403.
230. V.A. Lubans, Jon Blum, Laura Springer, David Springer, Linda Chocholka. Final Report on the Job Task Analysis Study of Entry Level Law Enforcement Officers in the Commonwealth of Virginia and the DCJS Basic Course Performance Outcomes. 2018.
231. Neilson NP. Job Analysis Technique Should Be Applied to Physical Education. *J Health Phys Educ*. 1930;1(1):9–45.
232. Nevola VR, Lowe MD, Marston CA. Review of methods to identify the critical job-tasks undertaken by the emergency services. *Work*. 2019;63(4):521–36.
233. Oliver P. Why Conduct a Job Task Analysis? [Internet]. 2020 Jun. Available from: <https://digitalcommons.cedarville.edu/>
234. Impellizzeri FM, Marcora SM. Test validation in sport physiology: Lessons learned from clinimetrics. Vol. 4, *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Human Kinetics Publishers Inc.; 2009. p. 269–77.
235. Vieira A, Blazeovich AJ, DA COSTA AS, Tufano JJ, Bottaro M. Validity and test-retest reliability of the jumbo app for jump performance measurement. *Int J Exerc Sci*. 2021;14(7):677–86.

236. Atkinson G, Nevill AM. Statistical Methods For Assessing Measurement Error (Reliability) in Variables Relevant to Sports Medicine.
237. Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*. 2000;30(1):1–15.
238. Lindberg K, Solberg P, Bjørnsen T, Helland C, Rønnestad B, Frank MT, et al. Strength and Power Testing of Athletes: A Multicenter Study of Test-Retest Reliability. *Int J Sports Physiol Perform*. 2022 Jul 1;17(7):1103–10.
239. Boyd L, Rogers WT, Docherty D, Petersen S. Variability in Performance on a Work Simulation Test of Physical Fitness for Firefighters. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2015;40(4):364–70.
240. Burdon CA, Park J, Kyoko T, Groeller H, Sampson JA. Effect of practice on performance and pacing strategies during an exercise circuit involving load carriage. *J Strength Cond Res*. 2016;8(2):63–75.
241. Gumieniak RJ, Gledhill N, Jamnik VK. Physical employment standard for Canadian wildland firefighters: examining test–retest reliability and the impact of familiarisation and physical fitness training. *Ergonomics* [Internet]. 2018;61(10):1324–33. Available from: <http://doi.org/10.1080/00140139.2018.1464213>
242. Lane CL, Hardwick D, Janus TP, Chen H, Lu Y, Mayer JM. Comparison of the firefighter candidate physical ability test to weight lifting exercises using electromyography. *Work*. 2019;62(3):459–67.
243. Stevenson RDM, Warwick J, Bilzon JLI. Physiological Responses and Performance of Simulated High-Rise Firefighting. *J Occup Environ Med*. 2024 Feb 1;66(2):141–7.
244. Willi JM, Horn GP, Madrzykowski D. Characterizing a Firefighter’s Immediate Thermal Environment in Live-Fire Training Scenarios. *Fire Technol*. 2016 Nov 1;52(6):1667–96.
245. Canetti EFD, Gayton S, Schram B, Pope R, Orr RM. Psychological, Physical, and Heat Stress Indicators Prior to and after a 15-Minute Structural Firefighting Task. *Biology (Basel)*. 2022 Jan 1;11(1).
246. Holmér I, Gavhed D. Classification of metabolic and respiratory demands in fire fighting activity with extreme workloads. *Appl Ergon*. 2007;38(1):45–52.
247. Baur DM, Christophi CA, Tsismenakis AJ, Cook EF, Kales SN. Cardiorespiratory fitness predicts cardiovascular risk profiles in career firefighters. *J Occup Environ Med*. 2011;53(10):1155–60.
248. Payne W, Harvey J. A framework for the design and development of physical employment tests and standards. *Ergonomics*. 2010;53(7):858–71.
249. Taylor NAS, Peoples GE, Petersen SR. Load carriage, human performance, and employment standards 1. 2016;147(June):131–47.

250. Aadahl M, Jørgensen T. Validation of a new self-report instrument for measuring physical activity. *Med Sci Sports Exerc.* 2003;35(7):1196–202.
251. Israel GD. Determining Sample Size 1 The Level Of Precision. 1992.
252. Martinelli V, Raykov M. Evaluation of the Revised Two-Factor Study Process Questionnaire (R-SPQ-2F) for Student Teacher Approaches to Learning. *Journal of Educational and Social Research.* 2017 May 12;7(2):9–13.
253. Orr R. Load carriage for the tactical operator: Impacts and conditioning-A review. *Journal of Australian strength and conditioning [Internet].* 2012;(December). Available from: http://works.bepress.com/rob_orr/32/
254. CBMDF. Anuário estatístico do CBMDF: 2019/ Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal – Brasília. 2020;
255. Smith DL, Haller JM, Korre M, Sampani K, Porto LGG, Fehling PC, et al. The Relation of Emergency Duties to Cardiac Death Among US Firefighters. *American Journal of Cardiology.* 2019;123(5):736–41.
256. Nuzzo JL. Narrative Review of Sex Differences in Muscle [Internet]. 2022. Available from: www.nasca.com
257. Van Hoeven LR, Janssen MP, Roes KCB, Koffijberg H. Aiming for a representative sample: Simulating random versus purposive strategies for hospital selection Study design. *BMC Med Res Methodol.* 2015 Oct 23;15(1).
258. Ferreira DV, Marins E, Cavalcante P, Simas V, Canetti EFD, Orr R, et al. Identifying the most important, frequent, and physically demanding tasks of Brazilian firefighters. *Ergonomics.* 2023;
259. Koo TK, Li MY. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *J Chiropr Med.* 2016 Jun;15(2):155–63.
260. Hopkins W. SPORTSCIENCE · sportsci.org Spreadsheets for Analysis of Validity and Reliability Will G Hopkins.
261. Fradkin AJ, Zazryn TR, Smoliga JM. Effects of warming-up on physical performance a systematic review with meta-analysis. *J Strength Cond Res [Internet].* 2010;24(1):140–8. Available from: www.nasca-jscr.org
262. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res.* 2005;19(1):231–40.
263. Schram B, Kukić F, Janković R, Dimitrijević R, Žigić G, Orr R, et al. Effects of a single-day pre-academy physical test training session on physical fitness scores of police candidates. *Work.* 2024 Apr 9;77(4):1369–75.
264. Sampson JA, Fullagar HHK, Gabbett T. Knowledge of bout duration influences pacing strategies during small-sided games. *J Sports Sci.* 2015 Jan 2;33(1):85–98.
265. Halperin I, Aboodarda SJ, Basset FA, Behm DG. Knowledge of repetitions range affects force production in trained females. *J Sports Sci Med.* 2014;13(4):736–41.

266. St A, Gibson C, Lambert E V, Rauch LHG, Tucker R, Baden DA, et al. The Role of Information Processing Between the Brain and Peripheral Physiological Systems in Pacing and Perception of Effort. Vol. 36, *Sports Med*. 2006.
267. Kell RT, Bell G, Quinney A. Musculoskeletal Fitness, Health Outcomes and Quality of Life. *Sports Medicine*. 2001;31(12):863–73.
268. Roshanravan B, Patel K V., Fried LF, Robinson-Cohen C, De Boer IH, Harris T, et al. Association of muscle endurance, fatigability, and strength with functional limitation and mortality in the health aging and body composition study. *Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences*. 2017 Feb 1;72(2):284–91.
269. Smith JJ, Eather N, Morgan PJ, Plotnikoff RC, Faigenbaum AD, Lubans DR. The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. Vol. 44, *Sports Medicine*. Springer International Publishing; 2014. p. 1209–23.
270. Hackett DA, Sabag A. The Influence of Muscular Strength and Local Muscular Endurance on Accuracy of Estimated Repetitions to Failure in Resistance-Trained Males. *Sports*. 2022 Feb 1;10(2).
271. Lawton TW, Cronin JB, Mcguigan MR. Strength Testing and Training of Rowers A Review. *Sports Medicine*. 2011;41(5):413–32.
272. Schoenfeld BJ, Grgic J, Van Every DW, Plotkin DL. Loading Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum. *Sports*. 2021 Feb 1;9(2).
273. Farrell III JW, Blackwood DJ, D. Larson R. Four Weeks of Muscular Endurance Resistance Training Does Not Alter Fatigue Index. *International Journal of Kinesiology and Sports Science*. 2018;6(3):32.
274. Vaara JP, Kyrolainen H, Niemi J, Ohrankammen O, Hakkinen A, Kocay S, et al. Associations of maximal strength and muscular endurance test scores with cardiorespiratory fitness and body composition. *J Strength Cond Res*. 2012;26(8):2078–86.
275. Baumgartner TA, Oh S, Chung H, Hales D. Objectivity, reliability, and validity for a revised push-up test protocol. *Meas Phys Educ Exerc Sci*. 2002;6(4):225–42.
276. Sayers MGL, Schlaeppi M, Hitz M, Lorenzetti S. The impact of test loads on the accuracy of 1RM prediction using the load-velocity relationship. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2018;10(9):1–8.
277. Loturco I, Suchomel T, Bishop C, Kobal R, Pereira LA, McGuigan M. One-Repetition-Maximum Measures or Maximum Bar-Power Output: Which Is More Related to Sport Performance? *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;14(1):33–7.
278. Sánchez-Moreno M, Rendeiro-Pinho G, Mil-Homens P V., Pareja-Blanco F. Monitoring training volume through maximal number of repetitions or velocity-based approach. *Int J Sports Physiol Perform*. 2021 Apr 1;16(4):527–34.

279. Loturco I, Iacono A Dello, Nakamura FY, Freitas TT, Boulosa D, Valenzuela PL, et al. The Optimum Power Load : A Simple and Powerful Tool for Testing and Training. 2021;1–9.
280. Balsalobre-Fernández C, Xu J, Jarvis P, Thompson S, Tannion K, Bishop C. Validity of a Smartphone App Using Artificial Intelligence for the Real-Time Measurement of Barbell Velocity in the Bench Press Exercise. *J Strength Cond Res.* 2023 Dec;37(12):e640–5.
281. Picerno P. Good practice rules for the assessment of the force-velocity relationship in isoinertial resistance exercises. *Asian J Sports Med.* 2017;8(3).
282. Rodríguez-Rosell D, Yáñez-García JM, Sánchez-Medina L, Mora-Custodio R, González-Badillo JJ. Relationship between velocity loss and repetitions in reserve in the bench press and back squat exercises. *J Strength Cond Res [Internet].* 2020;34(9):2537–47. Available from: <https://journals.lww.com/nsca-jscr>
283. Pérez-Castilla A, Jukic I, Gregory Haff G, García-Ramos A. The bench press grip width does not affect the number of repetitions performed at different velocity loss thresholds. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(3):1–12.
284. Janicijevic D, Jukic I, Weakley J, García-Ramos A. Bench press 1-repetition maximum estimation through the individualized load-velocity relationship: Comparison of different regression models and minimal velocity thresholds. *Int J Sports Physiol Perform.* 2021;16(8):1074–81.
285. Steele J, Fisher J, Giessing J, Gentil P. Clarity in Reporting Terminology and Definitions of Set End Points in Resistance Training RUNNING TITLE: Resistance Training End Points AUTHORS: James Steele Ph.D. *Muscle Nerve.* 2017;56:368–74.
286. Nuzzo JL, Pinto MD, Nosaka K, Steele J. Maximal Number of Repetitions at Percentages of the One Repetition Maximum: A Meta-Regression and Moderator Analysis of Sex, Age, Training Status, and Exercise. Vol. 54, *Sports Medicine.* Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2024. p. 303–21.
287. Jukic I, Prnjak K, King A, McGuigan MR, Helms ER. Velocity loss is a flawed method for monitoring and prescribing resistance training volume with a free-weight back squat exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2023 Jun 1;123(6):1343–57.
288. Zhang J, Iannetta D, Alzeeby M, MacInnis MJ, Aboodarda SJ. Exercising muscle mass influences neuromuscular, cardiorespiratory, and perceptual responses during and following ramp-incremental cycling to task failure. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2021 Aug 1;321(2):R238–49.
289. Emanuel A, Smukas IIR, Halperin I. An analysis of the perceived causes leading to task-failure in resistance-exercises. *PeerJ.* 2020;8.
290. Chan JPY, Krisnan L, Yusof A, Selvanayagam VS. Maximum isokinetic familiarization of the knee: Implication on bilateral assessment. *Hum Mov Sci.* 2020 Jun 1;71.

291. Wittekind AL, Micklewright D, Beneke R. Teleoanticipation in all-out short-duration cycling. *Br J Sports Med*. 2011 Feb;45(2):114–9.
292. Hampson DB, Clair Gibson AS, Lambert MI, Noakes TD. The influence of sensory cues on the perception of exertion during exercise and central regulation of exercise performance. *Sports Medicine*. 2001;31(13):935–52.
293. Wittekind AL, Micklewright D, Beneke R. Teleoanticipation in all-out short-duration cycling. *Br J Sports Med*. 2011 Feb;45(2):114–9.
294. Fattah S, Johnsen AS, Andersen JE, Vigerust T, Olsen T, Rehn M. Rapid extrication of entrapped victims in motor vehicle wreckage using a Norwegian chain method - cross-sectional and feasibility study. *BMC Emerg Med*. 2014 Jul 3;14(1).
295. Cheung SS, Petersen SR, McLellan TM. Physiological strain and countermeasures with firefighting. *Scand J Med Sci Sports*. 2010;20(SUPPL. 3):103–16.
296. Penry J, Wilcox A, Jun J. Validity and reliability analysis of Cooper’s 12-minute run and Multistage Shuttle Run in healthy adults. *J Strength Cond Res*. 2011;25(3):597–605.
297. Cabral LL, Nakamura FY, Stefanello JMF, Pessoa LCV, Smirmaul BPC, Pereira G. Initial Validity and Reliability of the Portuguese Borg Rating of Perceived Exertion 6-20 Scale. *Meas Phys Educ Exerc Sci [Internet]*. 2020;00(00):1–12. Available from: <https://doi.org/10.1080/1091367X.2019.1710709>
298. Hopkins WG, Marshall SW, Batterham AM, Hanin J. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. Vol. 41, *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2009. p. 3–12.
299. Dreger RW, Petersen SR. Oxygen cost of the CF-DND fire fit test in males and females. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*. 2007 Jun;32(3):454–62.
300. Sothmann MS, Gebhardt DL, Baker TA, Kastellos GM, Sheppard VA. Performance requirements of physically strenuous occupations: Validating minimum standards for muscular strength and endurance. *Ergonomics*. 2004;47(8):864–75.

Apêndice 1

Termo de consentimento livre e esclarecido – TCLE

O senhor está sendo convidado a participar como voluntário do projeto de pesquisa de doutorado intitulado: “Determinantes do desempenho profissional de bombeiros: Quais componentes da aptidão física estão relacionados com o desempenho em tarefas simuladas de bombeiros?”

O objetivo desta pesquisa é examinar a relação entre componentes da aptidão física no desempenho profissional e as demandas físicas de tarefas simuladas de bombeiros militares do Distrito Federal.

. O senhor receberá todos os esclarecimentos necessários antes e no decorrer da pesquisa. Nós garantimos que seu nome não aparecerá nos manuscritos resultantes dessa pesquisa sendo mantido o mais rigoroso sigilo através da omissão total de quaisquer informações que permitam identificá-lo.

Nesse estudo será necessário que o senhor realize uma bateria de testes físicos em 4 (quatro) dias, separados por 72 a 120 horas. No primeiro dia serão realizados testes físicos no Laboratório de Força da Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília – FEF/UnB e terá uma duração aproximada de 60 min. Os horários deverão ser agendados com o pesquisador responsável. Nesse dia o senhor deverá preencher um questionário sobre a sua rotina de treinos. Em seguida, serão realizadas medidas de estatura, massa e composição corporal. Para aferir a composição corporal ser-lhe-á solicitado que permaneça em decúbito dorsal, imóvel em um aparelho de *Dual-energy X-ray absorptiometry* (DXA). O DXA irá escanear todo o seu corpo e irá mensurar a quantidade de massa magra, massa gorda e sua densidade mineral óssea. Esse procedimento envolve uma exposição à radiação correspondente a 1/500-600 da exposição em um exame de raio-X comum. Portanto, não oferece riscos à sua saúde. Em seguida, o senhor irá realizar os testes de força máxima (*i.e.* teste de 1-RM). Será executado um teste no exercício supino reto e outro no agachamento, em ordem aleatória. Após um aquecimento padrão o senhor terá até 5 tentativas para determinar a carga máxima levantada em uma única repetição com a técnica correta. Haverá um intervalo de 3 a 5 min entre cada tentativa.

No segundo dia o senhor irá realizar os testes de força rápida e resistência muscular de saltos e no supino balístico, em ordem aleatória. No teste de salto o senhor deverá realizar 4 tentativas, com 1-min de intervalo, de salto com contramovimento sobre uma plataforma de força em duas condições: com e sem EPI + EPR (sem a máscara). O teste de resistência consiste em realizar 30 saltos consecutivos com EPI + EPR, com um intervalo de ~1 seg entre eles, sobre a plataforma de força. Após 15 min realizar o mesmo teste de supino balístico. Esse teste consiste em executar 30 repetições balísticas consecutivas (*i.e.*, lançar a barra o mais alto possível) no exercício supino no aparelho Smith, com ~1 seg de intervalo entre as repetições. Durante cada repetição o senhor deverá arremessar a barra guiada o mais alto que conseguir em todas as repetições.

No terceiro dia o senhor executará o teste de Tarefas Simuladas de Bombeiros (TSB). Os testes serão realizados em quartéis do CBMDF. Esse teste consiste na execução de 2 (dois) circuitos compostos por 15 (quinze) tarefas realizadas por bombeiros no atendimento a emergências de resgate veicular e combate a incêndio urbano. O primeiro circuito é uma Simulação de Resgate Veicular (RESCUE). Após 5 minutos de descanso, será realizado o segundo circuito de Simulação de Combate a Incêndio (FIRE). Os testes serão executados com o uniforme de educação física (4º A) e com o seu EPI completo de combate a incêndio urbano (capacete, balaclava, capa, calça e bota). Para o teste de FIRE será necessário o uso de EPR da Corporação.

No quarto dia o senhor será avaliado novamente nas STB, para garantir a confiabilidade do teste. Durante os testes o senhor(a) deverá utilizar uma cinta para o monitoramento da frequência cardíaca (FC). Será avaliado também dados sobre a Percepção Subjetiva de Esforço (escala de Borg).

O senhor não será exposto a nenhum risco desnecessário. Os riscos presentes nessa pesquisa são aqueles inerentes a prática de atividades físicas de intensidade moderada a vigorosa. Entre os principais riscos estão: quedas, câimbras, entorses, desidratação e exaustão. Para minimizar os riscos e torná-los aceitáveis todos os testes e exercícios serão supervisionados e orientados por pesquisador experiente, será fornecido água potável para hidratação e nas TSB estará presente uma viatura de APH com guarnição completa. Os

resultados dessa tese têm um grande potencial de beneficiar todos os bombeiros e, conseqüentemente, a toda a população do DF. Esses resultados poderão fundamentar a prescrição de exercícios com o objetivo de melhorar o desempenho profissional dos BM. Portanto, os benefícios superam qualquer risco presente no estudo.

Informamos que o senhor pode se recusar a realizar qualquer procedimento, podendo desistir de participar da pesquisa em qualquer momento sem nenhum prejuízo para o senhor. Sua participação é voluntária, isto é, não há pagamento por sua colaboração. Caso o senhor esteja subordinado ao 3º SGT Ferreira, pesquisador responsável pela pesquisa, o senhor não terá sua autonomia limitada quanto à sua participação ou não na pesquisa sem quaisquer represálias caso decida não participar.

As despesas que o senhor tiver relacionadas diretamente ao projeto de pesquisa (por exemplo, exames para realização da pesquisa) serão cobertas pelo pesquisador responsável.

Caso haja algum dano direto ou indireto decorrente de sua participação na pesquisa, o senhor deverá buscar ser indenizado, obedecendo-se as disposições legais vigentes no Brasil.

Os resultados da pesquisa serão divulgados na Faculdade de Educação Física da Universidade de Brasília-FEF/UnB e disponibilizados para o CBMDF podendo ser publicados em periódicos científicos posteriormente. Os dados e materiais utilizados na pesquisa ficarão sob a guarda do pesquisador por um período de no mínimo cinco anos, após isso poderão ser destruídos ou mantidos na instituição.

Se o Senhor tiver qualquer dúvida em relação à pesquisa, por favor, telefone para Sr. Diogo Vilela Ferreira, na Faculdade de Educação Física telefone (61) 3107-2522, no horário comercial das 8h00 às 18h00 ou telefone celular (61) 98541-0575.

Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Saúde (CEP/FS) da Universidade de Brasília (CAE: 38585220.1.0000.0030) e pelo Departamento de Pesquisa Ciência e Tecnologia

(DPCT) do CBMDF. O CEP é composto por profissionais de diferentes áreas cuja função é defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. As dúvidas com relação à assinatura do TCLE ou os direitos do participante da pesquisa podem ser esclarecidas pelo telefone (61) 3107-1947 ou do e-mail cepfs@unb.br ou cepfsunb@gmail.com, horário de atendimento de 10:00hs às 12:00hs e de 13:30hs às 15:30hs, de segunda a sexta-feira. O CEP/FS se localiza na Faculdade de Ciências da Saúde, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Universidade de Brasília, Asa Norte.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador responsável e a outra com o senhor.

Nome / assinatura

Diogo Vilela Ferreira
Pesquisador Responsável

Brasília, ____ de _____ de _____

Apêndice 2

Questionário

(Favor preencher com letra de forma)

Nome: _____ Matr.: _____

Data de nascimento: _____ Posto/Graduação: _____

Data de inclusão: _____ OBM: _____

Você pratica musculação regularmente? Caso, não, pule para pergunta 9.

() Não () Sim.

Caso, sim:

Há quanto tempo de pratica? _____

Onde pratica? _____

Tem acompanhamento de um professor? _____

Pratica com qual objetivo? _____

Com que frequência semanal?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7

Quantas séries, **por grupo muscular**, você normalmente faz **por treino**?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7 () 8 () 9 () 10 () +10

Qual a intensidade dos seus treinos?

() Muito leve () Leve () Moderado () Vigoroso

() Próximo do máximo

Costuma praticar outro tipo de exercício físico?

() Não () Sim.

Caso, sim:

Qual(is)? _____

Com que frequência semanal?

() 1 () 2 () 3 () 4 () 5 () 6 () 7

Qual a intensidade?

() Muito leve () Leve () Moderado () Vigoroso

() Próximo do máximo

Qual a duração de cada treino, em minutos? _____

Anexo 1

TAF I - Militares em geral

Realizado anualmente por toda tropa do serviço ativo do CBMDF. Este TAF será utilizado para fins de inscrição em cursos internos (aperfeiçoamento ou habilitação), inscrição de serviço gratificado (GSV) e/ou promoções. Será composto pelas seguintes avaliações:

Para militares até 34 anos:

1. Teste de flexão de membros superiores em barra fixa (dinâmica - dois apoios para homens e isométrica 2 apoios para mulheres);
2. Abdominal de Paula com os pés livres;
3. Flexão de cotovelos (quatro apoios homens e seis apoios mulheres);
4. Corrida de 12 minutos ou natação 12 minutos (opcional).

Para militares entre 34 a 49 anos: -

1. Flexão de cotovelos;
2. Abdominal com os pés fixos;
3. Corrida de 12 minutos ou natação 12 minutos (opcional);

Militares com 50 anos de idade ou mais:

1. Somente marcha de 3.000 metros.

Anexo 2

Lista de exames médicos requeridos na Inspeção Bienal de Saúde do CBMDF

MENOS DE 40 ANOS		ENTRE 40 e 50 ANOS		ACIMA DE 50 ANOS	
HOMENS	MULHERES	HOMENS	MULHERES	HOMENS	MULHERES
LABORATÓRIO: - Hemograma - Glicemia - Uréia - Creatinina - TGO - TGP - GGT - Perfil lipídico - Ácido úrico - TSH - HbsAg - Anti-Hbs - Anti-HCV - Anticorpo antitreponêmico - HIV (após autorização do militar)	LABORATÓRIO: - Hemograma - Glicemia - Uréia - Creatinina - TGO - TGP - GGT - Perfil lipídico - Ácido úrico - TSH - HbsAg - Anti-Hbs - Anti-HCV - Anticorpo antitreponêmico - HIV (após autorização do militar)	LABORATÓRIO: - Hemograma - Glicemia - Uréia - Creatinina - TGO - TGP - GGT - Perfil lipídico - Ácido úrico - TSH - HbsAg - Anti-Hbs - Anti-HCV - PSA total e livre - Anticorpo antitreponêmico - HIV (após autorização do militar)	LABORATÓRIO: - Hemograma - Glicemia - Uréia - Creatinina - TGO - TGP - GGT - Perfil lipídico - Ácido úrico - TSH - HbsAg - Anti-Hbs - Anti-HCV - Anticorpo antitreponêmico - HIV (após autorização do militar)	LABORATÓRIO: - Hemograma - Glicemia - Uréia - Creatinina - TGO - TGP - GGT - Perfil lipídico - Ácido úrico - TSH - HbsAg - Anti-Hbs - Anti-HCV - PSA total e livre - Pesquisa de sangue oculto nas fezes - Anticorpo antitreponêmico - HIV (após autorização do militar)	LABORATÓRIO: - Hemograma - Glicemia - Uréia - Creatinina - TGO - TGP - GGT - Perfil lipídico - Ácido úrico - TSH - HbsAg - Anti-Hbs - Anti-HCV - Pesquisa de sangue oculto nas fezes - Anticorpo antitreponêmico - HIV (após autorização do militar)
	OUTROS: - Colpocitologia oncológica (Papanicolau)	OUTROS: - Teste ergométrico	OUTROS: - Colpocitologia oncológica (Papanicolau) - Mamografia - Teste ergométrico	OUTROS: - Teste ergométrico	OUTROS: - Colpocitologia oncológica (Papanicolau) - Mamografia - Teste ergométrico
VACINAÇÃO: - Tétano - Hepatite B - Febre Amarela	VACINAÇÃO: - Tétano - Hepatite B - Febre Amarela	VACINAÇÃO: - Tétano - Hepatite B - Febre Amarela	VACINAÇÃO: - Tétano - Hepatite B - Febre Amarela	VACINAÇÃO: - Tétano - Hepatite B - Febre Amarela	VACINAÇÃO: - Tétano - Hepatite B - Febre Amarela
OBS.: OS EXAMES TERÃO VALIDADE DE UM ANO OU A CRITÉRIO MÉDICO. - Febre Amarela: Dose da infância e dose do adulto. - Tétano: Deverá ser administrada a cada 10 (dez) anos. - Hepatite B: deverá ter administrado o esquema completo com 3 (três) doses, ou observar se há positividade do Anti-Hbs.					

Anexo 3

Escala de Esforço Percebido de Borg	
6	Nenhum esforço
7	
8	Extremamente leve
9	Muito leve
10	
11	Leve
12	
13	Um pouco difícil
14	
15	Difícil (pesado)
16	
17	Muito difícil
18	
19	Extremamente difícil
20	Esforço Máximo
<i>Escala de Borg para esforço percebido</i>	

Escala de percepção subjetiva de esforço de 15 pontos. Extraído de Cabral LL, Nakamura FY, Stefanello JMF, Pessoa LCV, Smirmaul BPC, Pereira G. *Initial Validity and Reliability of the Portuguese Borg Rating of Perceived Exertion 6-20 Scale*. Meas Phys Educ Exerc Sci. 2020;00(00):1–12.