



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

LACTATO CAPILAR COMO INDICADOR DE SOBRECARGA FISIOLÓGICA EM BOMBEIROS

Tatiana Teixeira de Sousa

Orientador: Professora Doutora Joana Guedes (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)
Coorientador: Professora Doutora Joana Santos (Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto)
Arguente: Professor Doutor José Rodrigues dos Santos (Faculdade de Desporto da Universidade do Porto)
Presidente do Júri: Professor Doutor Mário Vaz (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

2020



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt ISN: 3599*654



Telefone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Electrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

Começo por agradecer a toda a comunidade da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto por me ter acolhido, apoiado e por toda a dedicação aos alunos, que só demonstra a qualidade de profissionais que pretendem educar.

Um especial agradecimento à professora Joana Guedes. Foi mais que uma professora, foi uma amiga. Sempre disponível para ouvir, para aconselhar. Nunca falhou no acompanhamento de todo o trabalho. Tornou sempre o impossível em algo especial e memorável. Este trabalho foi mais que uma dissertação, foi uma partilha de histórias, risos e, até mesmo nos momentos mais difíceis, houve sempre uma palavra amiga que acalmava e ajudava. Cada pedacinho desta dissertação também é dela, pela paciência que teve sempre que precisei e pelo trabalho árduo que partilhamos entre as duas.

À professora Joana Santos da Escola Superior de Saúde do Instituto Politécnico do Porto, pelo entusiasmo, motivação e disponibilidade que foi sempre demonstrando ao longo de todo o desenvolvimento do trabalho. Esteve sempre disponível para ajudar e aconselhar.

Todo o desenvolvimento da dissertação contou com o apoio de pessoas muito importantes na minha vida, ao qual lhes ficarei para sempre grata, pela dedicação e por acreditarem em mim.

Começo por agradecer à minha mãe que, é e sempre será a mulher da minha vida, um exemplo. Foi quem me acompanhou em todo o percurso, quem me aconchegou quando precisei, quem fez noites ao meu lado para eu não ficar sozinha. Foi o maior pilar.

Um agradecimento com muito carinho e amor ao Miguel Sousa, por toda a compreensão, por todo carinho, pelas palavras de motivação e pela dedicação com que sempre acompanhou todo o percurso caminhado até aqui. Por fazer do complicado algo fácil e possível de realizar. Foi um namorado, um amigo, um companheiro.

Esta foi uma batalha dura de ganhar, mas foi a mais bonita de conquistar.

Obrigada!

DESTAQUES

1. Exposição ocupacional pouco estudada em Portugal
2. Caracterização da atividade dos Bombeiros como sendo alta exposição ocupacional
3. Diferentes tipos de exercício demonstram estar correlacionados com os valores de lactato
4. Lactato capilar como um indicador de sobrecarga fisiológica
5. Estudo desenvolvido como um contributo para o desenvolvimento de mais investigações nesta área

HIGHLIGHTS

1. Occupational Exhibition insufficiently researched in Portugal
2. Characterization of firefighters' activity as high occupational exposure
3. Different types of exercise show to be correlated with lactate values
4. Capillary lactate as an indicator of physiological overload
5. Study developed as a contribution to the development of further research in this area

RESUMO

Introdução – A atividade desenvolvida pelos bombeiros é considerada uma das mais perigosas do mundo. A prestação de socorro por estes indivíduos afigura-se em cenários muito diversificados o que implica, consequentemente, uma multiplicidade de riscos a que estes indivíduos podem estar expostos, tais como riscos biológicos, mecânicos, físicos, entre outros. Desta forma, é de suma importância investigar as alterações produzidas ao nível fisiológico nos indivíduos, decorrentes da exposição à atividade, a curto e a longo prazo. Só assim é possível aplicar medidas preventivas e corretivas com o intuito de melhorar as condições de trabalho na prestação de socorro.

Objetivo – O principal objetivo do presente trabalho é avaliação das concentrações de lactato capilar em intensidades de exercício diferentes como um indicador de sobrecarga fisiológica em bombeiros.

Metodologia – Foram cumpridos os requisitos definidos em *Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analysis Protocols* (PRISMA – P) para estruturar o protocolo de revisão da meta-análises. Através da ferramenta de *Cochrane Risk of Bias Tool* avaliou-se o risco de viés dos estudos selecionados. Por fim, levantou-se hipóteses e analisou-se cientificamente as mesmas.

Resultados / Discussão - Foi encontrada relação entre o tipo de exercício realizado e as concentrações de lactato, bem como as restantes variáveis. Apesar disto, verificou-se que os riscos de viés identificados no presente estudo possam ter influenciado os resultados.

Conclusões – Com este trabalho podemos concluir que existem evidências científicas que permitem afirmar que o lactato se encontra correlacionado às diferentes variáveis do exercício. Contudo, com o presente trabalho não foi possível demonstrá-las através de exercícios experimentais. Apesar disto, pensa-se ser um trabalho capaz de contribuir para determinação de sobrecarga e melhorar a segurança e a qualidade de vida dos bombeiros.

Trabalhos futuros – Com o crescimento do presente trabalho, desenvolveu-se uma metodologia, para aplicação prática, em contexto real de trabalho, nos bombeiros. Nesta metodologia será avaliado parâmetros fisiológicas incluindo níveis de lactato capilar, a frequência cardíaca, a frequência respiratória e a análise subjetiva do esforço. Para a avaliação de parâmetros ambientais será avaliada a quantidade de Monóxido de Carbono (CO) e asfixiantes químicos libertados pelo fumo do incêndio. Para além disto, serão avaliadas a temperatura do ar e a temperatura média radiante. Para a definição de todos os instrumentos de avaliação a serem aplicados, foi realizado um plano de contingência tendo em consideração possíveis dificuldades de aplicação de alguns instrumentos, sendo definidas alternativas para as contornar. Todo o protocolo desenvolvido será aplicado em contexto real de trabalho, não se verificando a existência de nenhum parâmetro avaliado em contexto laboratorial.

Palavras-chave: Bombeiros; Lactato; Cargas de Trabalho; Exposição ocupacional

ABSTRACT

Introduction: The activity developed by firefighters is one of the most dangerous in the world. The relief provided by these individuals to the people are in the diverse work situations and it may differ the risk which they are exposed. Firefighters are exposed to many risks, such as biological, mechanical and physical risk, among others. So is essential to investigate the changes in the cognitive and physiological health that this profession's exposure causes in individuals, in the short and long term. Only then it will be possible to apply preventive and corrective measures to improve the working conditions of these professionals.

Goals: The main objective of this work is to evaluate capillary lactate thresholds at different exercise intensities as an indicator of physiological overload in firefighters.

Materials and methods: The *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analysis Protocols* (PRISMA – P) methodology was used for meta-analyses. With the *Cochrane Risk of Bias Tool*, the risk of bias in the selected studies was assessed. Finally, create hypotheses and analyze scientifically like these.

Results / Discussion: A relationship was found between the type of exercise performed and lactate concentrations, as well as the remaining variables. Despite this, it was found that the risks of bias identified in the present study may have influenced the results.

Conclusion: With this work, we can conclude that there is scientific evidence that allows affirming that the lactate is correlated to the different variables of the exercise. However, the present study was unable to demonstrate them due to the risk of bias. Despite this, it is thought to be exemplary work to improve the safety and quality of life of firefighters.

Future works - With the growth of the present work, a methodology was developed, for practical application, in a real work context, in firefighters. In this methodology, physiological parameters will be evaluated, including capillary lactate levels, heart rate, respiratory rate and subjectivity of effort. For the evaluation of environmental parameters, the amount of CO and chemical asphyxiants released by the smoke from the fire will be evaluated. Also, air temperature and average radiant temperature will be evaluated. For the definition of all the assessment instruments to be applied, a contingency plan was carried out, taking into account possible difficulties in the application of some instruments, and alternatives were defined to circumvent them. The entire protocol developed will be applied in a real work context, without the existence of any parameter evaluated in a laboratory context.

Keywords: Firefighters; Lactate; Workloads; Occupational exposure

ÍNDICE

Parte I: Fundamentação Teórica e Contextualização do Tema	19
1 Introdução Geral	20
1.1. Estrutura da Dissertação	22
2 Fundamentação Teórica	23
2.1. Enquadramento Legal e Normativo.....	23
2.2. Descrição da atividade.....	24
2.3. Equipamentos de Proteção Individual e Equipamentos de Trabalho	27
2.4. Equipas de Trabalho	29
3 Contextualização do Tema	31
3.1. Caracterização da Exposição Ocupacional dos Bombeiros.....	31
3.2. Objetivos da Dissertação	32
Parte II: Análise de Dados.....	33
1 Introdução.....	34
2 Objetivos	34
3 Materiais e Métodos	35
3.1. Protocolo.....	35
3.2. Critérios de Elegibilidade	35
3.2.1. Tipo de Estudos.....	35
3.2.2. Contexto	35
3.2.3. Participantes	35
3.2.4. Métodos de avaliação	35
3.2.5. Língua.....	36
3.3. Fontes de informação.....	36
3.4. Estratégia de Pesquisa	36
3.5. Registo de Estudos.....	37
3.5.1. Gestão de Dados.....	37
3.5.2. Processo de Seleção	37
3.5.3. Processo de Recolha de Dados.....	38

3.5.4.	Registro de Informação	38
3.6.	Risco de viés em estudos individuais	39
3.7.	Síntese de Resultados	40
3.8.	Risco de Viés entre os Estudos.....	41
3.9.	Análises Adicionais	41
4.	Resultados	42
4.1.	Seleção de Estudos	42
4.2.	Características dos Estudos	44
4.3.	Risco de Viés dos Estudos.....	48
4.3.1.	Risco de viés nos Estudos	48
4.3.2.	Risco de Viés entre os Estudos	49
4.4.	Análise da Evidência	50
5.	Discussão	55
5.1.	Limitações	59
6.	Conclusão.....	60
Parte III – Componente Experimental.....		63
1.	Avaliação de Lactato capilar em contextoOcupacional	64
1.1.	Introdução.....	64
1.2.	Objetivos	65
2.	Materiais e Métodos.....	66
2.1.	Amostra	66
2.2.	Contexto de Avaliação	67
2.3.	Instrumentação	67
2.4.	Procedimento.....	68
2.5.	Tratamento de resultados.....	72
2.6.	Resultados Esperados	72
3.	Considerações Finais.....	73
3.1.	Limitações	74
Referências Bibliográficas		77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Diagrama de revisão PRISMA	43
Figura 2- Divisão de variáveis.	68

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Tarefas Rotineiras e Excepcionais	24
Tabela 2- EPI e Equipamentos de Trabalho	27
Tabela 3- Codificação do tipo de exercício.....	40
Tabela 4- Seleção de estudos	42
Tabela 5- Características dos estudos.....	44
Tabela 6- Critérios de Qualidade dos estudos	46
Tabela 7 - Resultados Obtidos	47
Tabela 8 - Análise de Viés	48
Tabela 9- Artigos que não permitiram a conversão das cargas de trabalho	49
Tabela 10- Artigos eliminados pelo risco de viés	49
Tabela 11 - Características da amostra.....	51
Tabela 12 - Concentrações de lactato por cargas de trabalho	53
Tabela 14- Plano de Contingência	67
Tabela 15- Representatividade da Escala de Borg	70
Tabela 16- Definição das Variáveis de Avaliação	71

GLOSSÁRIO

Bombeiro: “o indivíduo que, integrado de forma profissional ou voluntária num corpo de bombeiros, tem por atividade cumprir as missões do corpo de bombeiros, nomeadamente a proteção de vidas humanas e bens em perigo...” (1);

Combustão: reação química exotérmica entre um combustível e um comburente, que através de uma fonte de ignição, com a libertação de calor, permite a combustão dos materiais (2);

Corpos de Bombeiros Profissionais: Bombeiros Sapadores que se podem distinguir em regimentos, batalhões, companhias ou secções, sendo geridos por câmaras municipais (1);

Corpos de Bombeiros Voluntários: Constituído exclusivamente por bombeiros que desempenham estas funções de forma voluntária, sendo regidos por Associações Humanitárias (1);

Corpos de Bombeiros Misto: Constituídas por bombeiros profissionais e bombeiros voluntários, sendo este Corpo de bombeiros regido por uma câmara municipal ou por uma associação humanitária (1);

Corpos de Bombeiros Privativos: constituídos por bombeiros regidos por uma pessoa coletiva privada (1);

Estado Estacionário de Lactato: estado onde se verifica o equilíbrio entre a produção e a eliminação do lactato no sangue no indivíduo (3–5).

Exposição Ocupacional: conjunto de riscos que durante e devido à profissão que a pessoa exerce, podem estar associados ao trabalho diretamente efetuado pela pessoa ou ao local onde mesma efetua o seu trabalho diário (6).

Fadiga: Resposta fisiológica que se traduz na falta de energia e que pode ter consequências físicas e mentais (7);

Fogo: Combustão controlada no tempo e no espaço (8);

Incêndio: Combustão que se encontra fora do controlo no tempo e no espaço (6).

Incêndio Urbano e Industrial: processo de combustão em edifícios urbanos e industriais sem controlo no tempo e no espaço (9);

Incêndio Florestal: processo de combustão numa área florestal, sem controlo no tempo e no espaço (2,10,11).

Lactato: ácido ionizado (ácido láctico), que resulta como um produto final do metabolismo da glicose para a transformação de energia para as células, quando a presença de oxigénio é insuficiente, associado a exercícios de intensidade elevada (4,5).

Limiar de Lactato ou Limiar Anaeróbio: maior nível de esforço físico que o corpo do indivíduo aguenta sem haver a acumulação de íons de lactato (12).

Monóxido de Carbono: Gás tóxico incolor e insípido que resulta de uma combustão incompleta de materiais que contém carbono (13).

Socorro e Salvamento: Englobam-se aqui todas as ações que visam a evacuação de uma ou mais pessoas de uma situação de perigo eminente, tais como: incêndio, viaturas encarceradas, colapso de estruturas, catástrofes, salvamento e resgate em naufrágos e buscas subaquáticas, entre outras (14,15).

Sistema Integrado de Emergência Médica: é o processo que garante à vítima de doença súbita e/ou sinistrados, uma correta prestação de socorro no local da ocorrência, o transporte assistido para o hospital, onde é garantido às vítimas os cuidados de saúde mais especializados e diferenciados (16).

ABREVIATURAS

ACSS- Administração Central do Sistema de Saúde

ANEPC – Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil;

ARICA- Aparelho Respiratório de Isolante de Circuito Aberto

ATP - Adenosina Trifosfato

BP – Butil Parabeno

BPA- Bisfenol A

CO- Monóxido de Carbono;

DPMCL – Desvio-Padrão das Médias de Concentração de Lactato

ENB – Escola Nacional de Bombeiros

EP – Etil Parabeno

EPI- Equipamento de Proteção Individual;

EUA – Estados Unidos da América

FC- Frequência Cardíaca;

GIMAP – Grupo de Intervenção em Matérias Perigosas

INEM – Instituto Nacional de Emergência Médica

MCL – Médias da Concentração de Lactato

MET – Metabolic Equivalent Task

MP – Metil Parabeno

NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health

OMS- Organização Mundial da Saúde;

OSHA – Occupational Safety and Health Administration

OR – Odds Ratio

PCA – Análise de Componentes Principais

PP – n- propil parabeno

Ppm – Partes por Milhão;

PRISMA-P - *Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analysis Protocols*

R – Coeficiente de Correlação *Spearman*

RGPD – Regulamento Geral de Proteção de Dados;

SIEM – Sistema Integrado de Emergência Médica;

TAS – Técnico de Ambulância de Socorro

TAT – Técnico de Ambulância de Transporte

TO – Teatro de Operações

VCI – Vibração Corpo Inteiro

WBGT – Wet-Bulb Globe Temperature

Parte I: Fundamentação Teórica e Contextualização do Tema

1 INTRODUÇÃO GERAL

A atividade desenvolvida pelos bombeiros é considerada uma das mais perigosas do mundo. São indivíduos que no desenrolar das suas tarefas poderão estar expostos a riscos biológicos, químicos, radiológicos, mecânicos, entre outros. São conhecidas algumas doenças profissionais mais comuns, como é o caso das doenças oncológicas, sendo mais incidente, o cancro da próstata, pulmão e cerebral (17,18).

As condições de trabalho dos bombeiros não são favoráveis para o bem-estar físico e psicológico destes profissionais, podendo influenciar a resposta cognitiva dos indivíduos nas diversas emergências. Os equipamentos de trabalho e de proteção individual utilizados são pesados e podem causar desconforto térmico. Um outro aspeto a ter em conta é que os equipamentos podem ser de difícil manuseamento, contribuindo para o aumento da fadiga física, e cognitiva dos bombeiros (19,20).

Portugal é um dos países com maior ranking de risco de incêndio florestal (21). Em virtude disso, uma série de incêndios florestais de grandes proporções provocaram a morte de operacionais e tornaram-se um marco na história dos Bombeiros Nacionais. Um exemplo a elencar é o incêndio que sucedeu no dia 8 de setembro de 1985, em Armamar, onde morreram 14 bombeiros (22). O ano de 1986 foi um ano que se destacou, novamente, de forma negativa, na história dos bombeiros, com a morte de mais 13 operacionais no combate às chamas num incêndio florestal no concelho de Águeda (23). Em 2013, foram registadas 8 mortes de bombeiros na zona do Caramulo (24). Mais recentemente, em 2017, segundo o relatório da comissão técnica que investigou o grande incêndio florestal de Pedrogão Grande: "*registou-se a perda de 165 vidas humanas como um resultado direto de incêndios florestais, das quais 112 civis e 53 operacionais combatentes.*" (25).

Segundo estudos, cerca de 45% das mortes em Bombeiros, no desempenho das suas funções, são causadas por doenças cardíacas (26). Prova disso, é os Estados Unidos da América (EUA), onde 45% a 60% dos bombeiros que morrem em serviço, com causas de natureza cardiovascular (27–31).

Para além disto, sabe-se que existe um grande aumento da taxa metabólica dos indivíduos quando se encontram expostos a situações de *stress* extremo (32). A tarefa de combate a incêndio obriga os indivíduos a gastarem uma energia de cerca de 6.8 a 9.0 equivalentes metabólicos (MET). Esta tarefa é considerada fisicamente exigente, não só a nível metabólico mas também ao nível físico, com exigências musculoesqueléticas significativas, derivadas de movimentos repetitivos e da movimentação manual de cargas (33).

Os EPI utilizados em incêndios, pelos Bombeiros, devem ser um meio de proteção do profissional para fazer face a fatores como o *stress* térmico, partículas ou queimaduras (34). Esta exposição deve ser vista e pensada com a possibilidade de o bombeiro remover o EPI ou este ter sido mal colocado, devido à pressão de dar respostas em períodos curtos ou pela falta de formação. Tal facto, poderá influenciar o nível de risco.

A Universidade de Aveiro orientou um estudo que indica que durante os incêndios são emitidas algumas partículas nocivas para a Saúde Humana, como é o caso do Monóxido de Carbono (CO), um resultante da combustão incompleta (17). Com isto, concluiu-se que estes profissionais se encontram expostos a limites de exposição acima dos recomendados (18). Segundo a *National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), o limite de exposição para CO é de 1200 partes por milhão (ppm) (35). Este gás tem uma afinidade com a hemoglobina 200 vezes superior do que o oxigénio. A exposição ao mesmo depende do tipo de ambiente e dos materiais de combustão envolvidos no incêndio em causa. No entanto, o CO pode causar sintomas como dores de cabeça, náuseas, fadiga, podendo incluir, em situações mais graves, a alteração do estado mental ou mesmo a morte.

Já são conhecidos estudos que correlacionam a intensidade do exercício físico e a influência nos níveis de lactato no sangue (5,36). Apesar disto, a literatura ainda não é explícita na relação entre a exposição a agentes químicos asfixiantes como o CO e os níveis de lactato. Ainda assim, é importante referir que, os bombeiros encontram-se expostos a ambientes extremos que tem influência na sobrecarga fisiológica (37). Os aumentos dos níveis de lactato causados por estas exposições podem levar a alterações neurológicas e cardíacas acentuadas (31,38). Estes fatores propiciam o aumento da fadiga nos indivíduos e que, por sua vez, vão desencadear outros fatores fisiológicos nos mesmos (39,40), que podem ser agravados com a exposição ambiental a que estão sujeitos. Na verdade, o lactato já foi indicado como um parâmetro fisiológico de medição da fadiga dos indivíduos que, pelo facto de ser de fácil medição e de forma não invasiva, pode ser um importante fator para contribuir na avaliação da exposição dos bombeiros (41,42).

Segundo a Diretiva- Quadro da Segurança e Saúde do Trabalho (Diretiva 89/391/CEE), transposta para o Regime Jurídico da Promoção da Segurança e Saúde no Trabalho, Lei 102/2009, de 10 de setembro, alterada pela Lei 3/2014, de 28 de janeiro, vem indicar o direito dos trabalhadores à segurança e saúde nos seus locais de trabalho, assegurada pelo empregador (43). Apesar disto, a Segurança e Saúde do Trabalho, no setor de atividade em questão, ainda se encontra muito embrionária. Sendo uma profissão de alto risco e com ambientes de trabalho diversificados, torna-se difícil de implementar os princípios básicos da segurança. Contudo, deve ser uma área de estudo e dedicação, de forma a encontrar soluções eficazes que minimizem os riscos a que os indivíduos estão expostos. Assim sendo, o presente estudo pretende avaliar a hipótese do lactato capilar como um indicador de sobrecarga fisiológica, em contexto real de trabalho, nos bombeiros. O principal objetivo do presente trabalho é avaliar as concentrações de lactato capilar, relativas a intensidades e tipos de exercício diferentes, de modo a verificar se este pode ser utilizado como um indicador de sobrecarga fisiológica em bombeiros, durante e após a exposição na frente de fogo.

1.1. Estrutura da Dissertação

O presente trabalho é dividido em três partes:

Parte I – Nesta secção pretende-se fundamentar, a nível teórico, toda a informação relevante para a análise da exposição ocupacional dos Bombeiros, bem como todo o enquadramento legal associado a esta atividade;

Parte II- É descrita toda a metodologia adotada para o desenvolvimento da análise de dados. É nesta secção que pode ser encontrado todos os resultados obtidos dos diferentes artigos científicos analisados e as principais conclusões retiradas da análise elaborada. O principal objetivo desta análise consiste em avaliar as oscilações de lactato em diferentes intensidades e diferentes tipos de exercício, de forma a construir uma base de dados para comparar, futuramente, com os resultados obtidos na última parte deste trabalho.

Parte III- Esta secção contém a proposta de metodologia, elaborada para avaliação do nível de sobrecarga fisiológica, em contexto real, numa frente de incêndio florestal, de forma a avaliar o lactato capilar e correlacionar o mesmo com a exposição ocupacional associada a esta tarefa. Essa metodologia teve por base todos os artigos utilizados na secção anterior. Com isto, pretende-se avaliar a intensidade física que a tarefa de combate a incêndios florestais exige dos indivíduos e avaliar as oscilações do lactato capilar, procurando a sua correlação com os químicos asfixiantes presentes no fumo do incêndio.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Enquadramento Legal e Normativo

A Lei Orgânica da Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC), Lei n.º 45/2019 de 1 de Abril, define a estrutura dos organismos pertencentes à ANEPC (44). Com o Decreto-Lei n.º 248/2012, de 21 de novembro, que procede à primeira alteração ao Decreto-Lei n.º 247/2007, de 27 de junho, que define o regime jurídico aplicável à constituição, organização, funcionamento e extinção dos corpos de bombeiros, são distinguidas as diferentes categorias de bombeiros existentes (1).

A carreira de bombeiro exige empenho e formação por parte dos indivíduos, sendo que a mesma é diferenciada entre bombeiros voluntários e bombeiros profissionais. Na Portaria n.º 845/2008, de 12 de Agosto, são descritas todas as classes existentes que um Bombeiro pode assumir enquanto se encontra no Quadro Ativo (45). Por outro lado, o Despacho n.º 9921/2015, de 1 de setembro, faz a Regulamentação das carreiras de Bombeiro Voluntário (46). As carreiras do Bombeiro Sapador e de Bombeiro Municipal, são referenciadas nos Despachos n.º 297/2006 e n.º 298/2006, de 31 de março.

A Escola Nacional de Bombeiros é a entidade responsável pela formação dos bombeiros voluntários, incluindo alguns módulos que, também, são da responsabilidade da mesma, na formação dos bombeiros profissionais. Contudo, nos Bombeiros profissionais os módulos, maioritariamente, são da responsabilidade de formadores internos à instituição. O Despacho n.º 11787/2015, que procede à Declaração de Retificação do despacho n.º 9920/2015, de 1 de setembro, é relativo ao Regulamento dos Cursos de Formação, de Ingresso e de Acesso do Bombeiro Voluntário (47). No que toca aos Bombeiros profissionais, o Despacho n.º 7944/2015, de 20 de julho define as áreas de conhecimento, conteúdos programáticos e carga horária dos cursos de promoção (48).

Os EPI dos Bombeiros, devem cumprir com o especificado no Despacho n.º 3974/2013, de 15 de março (49). No que toca à classificação dos veículos de trabalho e suas características, o Despacho n.º 7316/2016, de 03 de junho refere-se ao Regulamento de Especificações Técnicas de Veículos e Equipamentos Operacionais dos Corpos de Bombeiros (50). A Portaria n.º 260/2014, de 15 de dezembro aprova o Regulamento de transporte de doentes (51).

2.2. Descrição da atividade

Em Portugal, existem cerca de 452 Corpos de Bombeiros, identificados no ano de 2017, de acordo com dados da ANEPC. Destes, identificam-se 6 Corpos de Bombeiros sapadores, 9 Corpos de Bombeiros Privativos, 30 Corpos de Bombeiros Mistos e, por fim, 407 são Corpos de Bombeiros Voluntários. As corporações de Bombeiros desenvolvem atividades de acordo com o CAE 84250 - atividades de proteção civil. Contudo, estas atividades ainda incluem os seguintes CAE: 02400- Vigilância, deteção e proteção contra incêndios florestais; 52230-Proteção contra incêndios nos aeroportos por unidades não especializadas; 09100- Atividades especializadas de combate a incêndios em jazigos e poços de petróleo e de gás.

A missão dos bombeiros é idêntica, independentemente, do tipo de corporação e do posto em que se encontrem inseridos. Ambos rumam para cumprir com as mesmas missões, tendo sempre como principal objetivo a proteção de bens e da saúde humana, executando diferentes tarefas. Estas podem ser diferenciadas como rotineiras e excecionais, tal como se verifica na Tabela 1.

Tabela 1- Tarefas Rotineiras e Excecionais

Tarefas Rotineiras	Tarefas Excecionais
• Transporte de doentes (consultas; tratamentos de hemodiálise, etc.); • Transporte de doentes acidentados.	• Combate a incêndios urbanos e industriais; • Combate a incêndios florestais; • Atuação em acidentes com matérias perigosas; • Desencarceramento; • Salvamento e resgate em grande ângulo; • Salvamento e resgate em espaços confinados; • Salvamento e resgate em meio aquático.

Genericamente podemos descrever as diferentes atividades desenvolvidas pelos bombeiros da seguinte forma:

- **Socorro e Salvamento:** As etapas de atuação em situações de Socorro e Salvamento diferem de situação para situação, dependendo do cenário em questão (14).

- **Urgência Pré-Hospitalar:** Para uma boa prestação de socorro, numa Unidade Pré-Hospitalar é necessário, também, uma correta e eficaz colaboração do cidadão comum, de forma a concretizar mais eficientemente todas as etapas do Sistema Integrado de Emergência Médica (SIEM). Assim, este compreende os seguintes passos (16):

1. **Deteção:** momento de perceção, por parte de alguém, com a existência da necessidade de cuidados médicos para uma ou mais pessoas;
2. **Alerta:** corresponde ao pedido de ajuda, para as entidades competentes, por parte da pessoa que percebe a necessidade de socorro;
3. **Pré-Socorro:** afigura-se como as ações levadas a cabo por pessoas externas aos meios de socorro que visam a manutenção ou a melhoria do estado de saúde da vítima/sinistrado (Ex: Suporte Básico de Vida);

4. **Socorro no Local do Acidente:** fase em que os operacionais de socorro se encontram no local e iniciam procedimentos de avaliação e de cuidados médicos que garantam, no mínimo, a manutenção do estado de saúde da vítima/sinistrado;
5. **Cuidados durante o Transporte:** condiz com as ações, por parte dos operacionais de socorro, na manutenção do estado de saúde da vítima/sinistrado, durante o transporte até à Unidade de Saúde;
6. **Transferência e Tratamento definitivo:** Diz respeito à entrega da vítima no estabelecimento de saúde mais adequado à sua situação e tem como objetivo a diferenciação dos cuidados prestados (Ex: Suporte Avançado de Vida).

- **Ações de Sensibilização:** Esta é mais uma das tarefas importantes dos Bombeiros, embora uma das menos desenvolvidas. Estes desenvolvem atividades para a sensibilização da população sobre questões de prevenção e reação perante incêndios florestais, urbanos e outros riscos coletivos. Por outro lado, muitas das sensibilizações efetuadas pelos bombeiros têm como foco os primeiros socorros, de forma a educar e a sensibilizar a população a atuar de uma forma mais capaz e eficaz em casos de emergência, para que se consiga cumprir da melhor forma as fases do SIEM.

- **Prevenção de Incêndios e Emissão de Pareceres Técnicos:** Os bombeiros emitem pareceres de segurança, por exemplo, em espetáculos de fogo de artifício, festas e romarias religiosas. Os bombeiros podem igualmente emitir pareceres sobre as condições de Segurança contra incêndios em edifícios da sua área de atuação, bem como participar no planeamento da segurança de eventos.

- **Combate a Incêndios:** Os incêndios podem ser distintos por alguns fatores, podendo estes estar relacionados com fatores naturais ou com fatores antropogénicos, ou seja, com causas humanas e pela sua localização. Os Incêndios podem ser distinguidos em duas categorias: Incêndios Urbanos e Industriais ou Incêndios Florestais.

O combate do incêndio envolve um conjunto de etapas designadas como Marcha Geral das Operações de Combate a Incêndio. Estas etapas são descritas como:

1. **Reconhecimento:** é a fase inicial que se inicia com o pedido de socorro e com a recolha de informação no mesmo. Após a chegada ao local, por parte dos operacionais, o reconhecimento prossegue até ao final da ocorrência e é este que permite delinear as estratégias a adotar perante a situação exposta;

2. **Busca e Salvamento:** é a fase que permite realizar um reconhecimento mais detalhado da situação, ou seja, já no interior dos edifícios e que apresenta também como objetivo a retirada, em segurança, de possíveis vítimas existentes;

3. **Estabelecimento de Meios de Ação:** esta corresponde à organização e setorização do Teatro de Operações, reforçando este com os meios humanos e materiais necessários para fazer face à ocorrência;

4. **Ataque e Proteção:** esta será porventura a fase mais longa da Marcha Geral de Operações. Compreende as fases de Circunscrição, Domínio e Extinção dos principais focos de Incêndio. Engloba, também, as ações de proteção de exposições que, potencialmente, poderão ser afetadas;

5. **Rescaldo:** entende-se por esta fase todas as ações de extinção de pequenos focos de incêndio ainda ativos e que visa assegurar a não existência de reacendimentos;

6. **Vigilância:** esta fase tem por objetivo, essencialmente, garantir que não há nenhum perigo de incêndio existente e que não existem fatores que o possam influenciar. Contudo, o conjunto de etapas descritas anteriormente podem ser alteradas de acordo com as características do incêndio e as suas origens, em particular, nos incêndios industriais (2,9,10).

2.3. Equipamentos de Proteção Individual e Equipamentos de Trabalho

No que toca à utilização de EPI e de Equipamentos de Trabalho, estes podem ser generalizados, dado que muitos deles não são utilizados de forma exclusiva para uma atividade, mas sim para um conjunto das mesmas.

Tabela 2- EPI e Equipamentos de Trabalho

Atividade	EPI	Equipamentos de Trabalho
Socorro e Salvamento	Capacete; Farda de trabalho normal; Botas de biqueira de aço; Luvas e Cinto com um mosquetão.	Planos Duro; Cintos e Imobilizador de Cabeça; Macas <i>scoop</i> ; Macas por vácuo; Sistemas de extração; Colares Cervicais; Saco de Trauma; Saco de Primeira Abordagem; Macas de Resgate e Socorro.
Transporte de Doentes	Capacete; Farda de trabalho normal; , Botas de biqueira de aço; Luvas e Cinto com um mosquetão.	Macas para ambulância; Macas de transporte pediátrico e incubadoras; Cadeiras de transporte em escadas e emergência.
Incêndio Urbano/ Industrial	ARICA*; Cogula; Botas de Fogo; Luvas de fogo; Calças e casaco de Nomex; Capacete**.	Agulhetas; Mangueiras***; Storz;
Incêndio Florestal	Capacetes; Cógulas; Fatos; Luvas; Botas.	Agulhetas; Mangueiras***; Storz;
Acidentes com Matérias Perigosas	EPI's de combate a Incêndio Urbano/Industrial; Fatos de proteção química com aparelho respiratório associado (Permite a proteção do profissional de produtos químicos, em particular, de produtos corrosivos e irritantes); Fato de aproximação; Fato de Desinfecção (permite a descontaminação do profissional e a sua proteção de radiação); Fato de proteção Biológica;	Utilização de medidores de gases/explosímetros; Areia; Doseador ligado a um bidão de espuma; Geradores;
Desencarceramento	Botas de Fogo; Luvas de fogo; Calças e casaco de Nomex; Capacete**	Tesouras; Multiusos; Expansor; Extensor; Grupo energético;

Atividade	EPI	Equipamentos de Trabalho
		Almofadas Pneumáticas; Macacos; Guinchos; Ferramentas manuais
Salvamento e resgate em grande ângulo	Capacete; Farda de trabalho normal; Botas de biqueira de aço; Luvas e Cinto com um mosquetão.	Macas de resgate; Cordas; Roldanas; Bloqueadores e descensores
Salvamento e resgate em espaços confinados	ARICA*; Cogula; Botas de Fogo; Luvas de fogo; Calças e casaco de Nomex; Capacete**.	Cordas; mosquetão, Roldanas.
Salvamento e resgate em meio aquático	Fato de mergulho	Barco, Equipamento de mergulho; Lanchas

* *Aparelho Respiratório Isolante de Circuito Aberto (inclui uma peça facial, um manómetro, um avisador sonoro, um arnês, um cilindro (garrafa de ar comprimido));*

** *Inclui lanterna, viseira de aproximação e óculos de proteção;*

*** *As mangueiras podem ser de diferentes calibres (25 mm; 45mm; 70mm).*

Na Tabela 2, apenas os equipamentos considerados de uso normal para cada atividade foram mencionados. Muitos outros equipamentos podem ser utilizados de acordo como as necessidades, em particular, nas situações de salvamento e resgate em espaços confinados, que vai depender da situação em causa.

Todos os equipamentos de trabalho, bem como os EPI a serem utilizados encontram-se devidamente descritos em todos os manuais da Escola Nacional de Bombeiros (ENB) e de outras instituições que, em colaboração com a ENB, fornecem formação aos bombeiros, como é o caso do Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM) (2,9,10,14–16,52–55).

2.4. Equipas de Trabalho

O princípio de segurança de uma equipa de bombeiros é nunca ter um elemento isolado. A segurança da equipa está sempre em primeiro lugar. Só depois de garantida a segurança do conjunto de todos os elementos é que se deve pensar na função e na posição que cada elemento vai tomar. Para além disto, os elementos de uma equipa devem estar sempre em comunicação, entre eles e com o chefe de equipa (56).

As equipas de trabalho e o número de elementos vão diferenciar consoante as tarefas a serem executadas, tal como acontece com os seus EPI e os equipamentos de trabalho. Para a recolha de informação relativa a este ponto, para além da consulta de toda a bibliografia, foi feita a recolha pelo método de entrevista. Assim, tendo por base as tarefas indicadas no ponto anterior:

Socorro e Salvamento / Transporte de doentes: equipas de dois elementos, podendo ser no máximo três. Todos os elementos são socorristas com o curso de Tripulante de Ambulância de Transporte (TAT) (54,57) ou de Técnico de Ambulância de Socorro (TAS) (55). As funções de cada um são divididas da seguinte forma:

- **Nº 1 – Socorrista:** presta os cuidados pré-hospitalares à vítima e acompanha o seu transporte até à unidade de saúde;
- **Nº 2 – Motorista:** presta auxílio ao socorrista e transporta a vítima até à unidade de saúde.

Quando a equipa é constituída por três elementos, são considerados dois socorristas para a assistência à vítima. Importa salientar que, quando a equipa é constituída por três elementos, um dos elementos pode ser bombeiro estagiário, dando este apoio no auxílio à vítima, mas encontrando-se, ainda, em formação.

Incêndio Florestal/ Incêndio Industrial: equipas constituídas por cinco ou seis elementos, dependendo da equipa destacada para a ocorrência, onde os elementos são divididos como:

- **Nº 1- Chefe de Equipa:** responsável por todas as montagens e comunicações;
- **Nº 2 e Nº 4- Função de 1ª agulheta:** responsável pelo ataque;
- **Nº 3 e Nº 5- Busca e Salvamento ou Função de corda:** responsável pelo auxílio à agulheta;
- **Nº 6 - Responsáveis pelo abastecimento:** posição, normalmente, tomada pelo motorista.

Acidentes com Matérias Perigosas: as equipas intervenientes neste tipo de ocorrência, são equipas especializadas designadas de Grupo de Intervenção em Matérias Perigosas (GIMAP). Contudo, até à sua chegada ao Teatro de Operações (TO), a intervenção deve ser assegurada pelos bombeiros presentes no local. Nem todas as corporações tem formação e EPI especializados para a intervenção nestas situações. Apesar disto, os bombeiros necessitam de adequar a intervenção à equipa que se encontra no local e aos recursos que têm disponível. Os acidentes com matérias perigosas podem ser classificados em três níveis (I, II, III), o que pode determinar diferentes funções das equipas em cada um deles. As principais funções das equipas de 1ª intervenção nestas situações passa por:

- **Segurança** – o chefe de equipa deve garantir que são cumpridos todos os procedimentos de segurança;
- **Controlo do local** – devem ser estabelecidas as zonas de controlo (Zona 0 – acesso a equipas especiais; Zona 1 – Descontaminação, equipamentos, Autoridades; Zona 2 – Evacuação)
- **Pesquisa de dados** – recolha de informação relativa ao acidente;
- **Controlo de acessos** – controlo e todas as entradas e saídas do local;
- **Descontaminação** – desenvolvimento de plano de descontaminação;
- **Assistência médica** – assistência a potenciais vítimas (58–60).

Desencarceramento: a equipa de desencarceramento é responsável pela localização, remoção e transferência das vítimas até à equipa de socorro, sendo constituídas por:

- **Nº 1- Chefe de Equipa:** responsável pela distribuição das funções pelos restantes elementos da equipa, após o reconhecimento do incidente e da definição do plano de ação;
- **Nº 2 e Nº 3: Operadores de Ferramentas:** responsáveis pela estabilização do veículo e/ou cargas e criar acessos para a extração de vítimas;
- **Nº 4 – Elemento de Segurança:** elemento responsável pela segurança da vítima e das equipas de socorro, bem como de todos os indivíduos que se encontrem na envolvente do sinistro.
- **Nº 5 – Socorrista:** responsável pelos cuidados pré-hospitalares até à chegada da equipa de socorro.
- **Nº 6 – Assistente Geral:** função desempenhada pelo motorista, por norma, que auxilia a restante equipa (61).

As equipas de Salvamento e resgate em grande ângulo, salvamento e resgate em espaços confinados e Salvamento e resgate em meio aquático são, normalmente, equipas especializadas de atuação em situações críticas. As funções de cada elemento das equipas vão depender das diversas situações que se podem encontrar.

A descrição das funções de cada elemento numa equipa, vai sempre depender dos cenários e do tipo de intervenção no TO. Para além das funções anteriormente descritas, a ENB, disponibiliza fichas de manobras que descrevem detalhadamente a função de cada indivíduo e o procedimento que o mesmo deve adotar em situações específicas, nomeadamente, no que toca a cenários de combate a incêndio e manobras (62–83). Importa salientar, que a consulta destas fichas de manobras não priva a consulta dos manuais anteriormente mencionados, bem como outros que sejam de relevante importância (53).

3. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

3.1. Caracterização da Exposição Ocupacional dos Bombeiros

A exposição ocupacional dos bombeiros ao fumo de incêndios, caracterizado por Baxter, Ross, & Lockey (2014) (84), demonstra que os indivíduos se encontram expostos a limites que não são os recomendados pela NIOSH e Occupational Safety and Health Administration (OSHA). É demonstrado que algumas das partículas a que estes indivíduos se encontram expostos são classificadas como carcinogénicas e que podem desenvolver também doenças cardíacas. Foram encontrados valores de concentração além dos limites recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS), nomeadamente para PM_{2.5}, CO e NO₂, na avaliação da exposição ao fumo (85). Segundo, Witt, Goniewicz, Pawłowski, & Goniewicz (2017) (86) verificaram a influência de agentes tóxicos libertados durante os incêndios, no tecido pulmonar. Neste estudo verificou-se que existe uma relação estatística entre o número de anos de exposição do profissional, idade e tabagismo dos indivíduos e sintomas de doença respiratória. Em média, um bombeiro está exposto a, aproximadamente, 150 ppm de CO durante 45 minutos. Contudo, a quantidade de CO determinado por tubo de difusão foi de 63 ppm por 1,2 horas, indica um estudo realizado Barbara L. Materna, Catherine P. Koshland & Robert J. Harrison, que testou três métodos diferentes de medição do CO (87).

Após 24 horas de exposição, os indivíduos demonstram uma diminuição significativa dos valores espirométricos (88). Por outro lado, Waldman et al. (2016) (89) indica que em análises de sangue de exposição a Bisfenol A (BPA), BP-3, triclosan, metil parabeno (MP), etil parabeno (EP), butil parabeno (BP) e n-propil parabeno (PP), são encontrados alguns metabolitos nos resultados obtidos, demonstrando grandes impactos na saúde dos indivíduos expostos ao fumo dos incêndios. Se avaliarmos estes impactos do combate a incêndios através do glicogénio muscular, verificamos que este apresenta alterações, tal como foi demonstrado num estudo feito por Cuddy, Slivka, Tucker, Hailes, & Ruby (2011) (90), através de biópsias musculares para extração do glicogénio.

Segundo Oliveira et al. (2019) (91) que avaliou os níveis de hidrocarbonetos aromáticos monohidroxil-polícíclicos urinários e biomarcadores genotóxicos de efeito oxidativo (DNA basal e dano do DNA oxidativo) em bombeiros. Apesar de os resultados não serem considerados fora do normal, é demonstrado que podem existir impactos significativos nos indivíduos.

Durante a utilização de ARICA, os bombeiros encontram-se protegidos no que toca ao sistema respiratório. Contudo, quando o retiram, mesmo em locais que podem ser considerados como seguros, podem estar expostos a partículas que provocam doenças cardiovasculares, provocadas por *stress* oxidativo sistémico (92). Em incêndios florestais isto pode suceder com maior frequência, dado que as vias respiratórias se encontram mais desprotegidas. Segundo Shia et al. (2015) (93) testaram biomarcadores de alto esforço físico no laboratório e em campo para descobrir padrões irregulares de respostas fisiológicas ou biológicas nos bombeiros. Estes autores descobriram que os indivíduos apresentam maior *stress* crónico, ansiedade, falta de apetite e digestão, sono e humor alterados, após o exercício.

Na análise da saúde ocupacional dos bombeiros em termos de eventos de *stress*, percepções, sintomas e condições fisiológicas e reações sob condições reais, verificou-se que os indivíduos não têm a percepção do *stress* a que se encontram expostos. Estes factos são visíveis nas alterações fisiológicas (94).

Todos os fatores de *stress* a que os bombeiros se encontram expostos podem ter efeito na fadiga dos mesmos e no seu estado de recuperação. Esta pode ser influenciada pela quantidade e qualidade do sono que, por sua vez, podem interferir na atividade física (95).

Segundo McGillis et al. (2017) (96) avaliaram a qualidade e quantidade do sono e níveis de fadiga dos bombeiros, concluindo que estes parâmetros tendem a desviar-se dos patamares ideais, o que pode ter efeitos imediatos, como a diminuição do alerta, capacidade cognitiva prejudicada e *stress* psicológico dos indivíduos.

A exposição aos diferentes fatores de risco a que os bombeiros se encontram expostos, induzem um aumento da fadiga. A fadiga é a principal causa de erro humano e que pode originar acidentes graves. O lactato já é utilizado como um indicador significativo de parâmetros fisiológicos, nomeadamente, da fadiga (41). Autores como Fasching *et al.* (2014) (42), indicam que o lactato pode ser um forte indicador na avaliação ocupacional de trabalhos considerados pesados. Contudo, ainda são poucos os estudos em bombeiros com a avaliação de lactato capilar e a sua relação com a exposição ambiental (97).

3.2. Objetivos da Dissertação

O principal objetivo do presente trabalho é avaliar as concentrações de lactato capilar, relativas a intensidades e tipos de exercício diferentes, de modo a verificar se este pode ser utilizado como um indicador de sobrecarga fisiológica em bombeiros, durante e após a exposição na frente de fogo.

Para atingir o objetivo principal, foram definidos objetivos específicos:

1. Relacionar intensidades de exercício com concentrações de lactato;
2. Relacionar tipologias de exercício e concentrações de lactato;
3. Identificar a relação entre idades e concentrações de lactato;
4. Estruturar uma proposta metodológica para avaliar o lactato capilar como indicador de sobrecarga fisiológica em atividades de combate a incêndio, para aplicações futuras.

Parte II: Análise de Dados

1. INTRODUÇÃO

A utilização de lactato capilar como um indicador de fadiga, é aplicado a diferentes estudos em atletas (98). A correlação entre o exercício anaeróbio e a concentração de lactato no sangue tem sido cada vez mais demonstrada, bem como a utilização da concentração de lactato como um indicador de desempenho físico (99,100). A acidose provocada por este ácido ionizado, tem impactos significativos nos restantes mecanismos fisiológicos que ocorrem, principalmente, ao nível do fígado, coração e sistema nervoso (99).

Em exposições ocupacionais com grandes exigências físicas e mentais, como é o caso dos bombeiros, com um risco acrescido devido à exposição a agentes químicos e condições de ambientais extremas, a avaliação do desempenho dos indivíduos durante a execução da atividade torna-se de extrema importância. Este pode ser considerado um ponto fulcral para definição de um alerta de segurança sobre a capacidade de resposta individual dos bombeiros nas diferentes situações, podendo ainda ser uma vantagem para a saúde dos mesmos (19).

2. OBJETIVOS

Não me parece que os objetivos devam aparecer aqui novamente (repetição da página 34)

A presente revisão sistemática tem como principal objetivo correlacionar diferentes cargas de trabalho em diferentes modalidades de exercício com as concentrações de lactato. Para isto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Relacionar tipos de exercício a concentrações de lactato no sangue;
- Relacionar intensidades de exercício com concentrações de lactato no sangue;
- Identificar relação entre as idades dos indivíduos com a produção de lactato no sangue;
- Verificar a dispersão relativa às concentrações de lactato no sangue;

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Protocolo

Para a revisão sistemática da literatura foi adotado o protocolo indicado para revisões sistemáticas, *Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analysis Protocols* (PRISMA-P) (101).

3.2. Critérios de Elegibilidade

3.2.1. Tipo de Estudos

Foram incluídos todos os artigos, mesmo os que se encontram em processo de publicação, não sendo considerados os artigos de conferência e os artigos de revisão da literatura. Artigos em atletas e com metodologias aplicadas em adultos saudáveis e sem adição de hormonas ou outras substâncias biológicas ou químicas, foram considerados.

3.2.2. Contexto

Todos os artigos seleccionados tiveram em consideração investigações de campo e em laboratório, com medição de lactato capilar.

3.2.3. Participantes

Toda a pesquisa foi centrada em indivíduos, com prática regular de exercício aeróbio e anaeróbio, em diferentes modalidades. Foram incluídos estudos em militares. Não existiram restrições de género. As faixas etárias admissíveis foram dos 18 aos 60 anos, de forma a não existir interferências das alterações fisiológicas dos indivíduos em fase de crescimento ou em fase de envelhecimento, avaliando as alterações de lactato nos diferentes períodos de vida do indivíduo.

Os participantes foram seleccionados pela sua semelhança aos indivíduos em estudo???, no que toca à preparação física, à sobrecarga e às respostas fisiológicas.

3.2.4. Métodos de avaliação

Foram incluídos estudos com monitorizações fisiológicas de lactato capilar, desde que devidamente indicado o tipo, a duração e a intensidade do exercício executado durante os ensaios.

3.2.5. Língua

Apenas foram selecionados e aceitos estudos escritos em língua inglesa, por a mesma ser considerada uma língua universal.

3.3. Fontes de informação

A pesquisa teve como foco as bases de dados *SCOPUS*, *Web Of Science* e *Pubmed*, e a revista de *Data in Brief*. Foi definido o período temporal de 2015 até 2020. Para além disto, foram verificadas as referências bibliográficas dos artigos selecionados, de forma a acrescentar toda a informação adicional possível. Nesta verificação, foram tidos em conta os artigos publicados no mesmo período temporal e artigos de 2010 até 2015, com o objetivo de alargar a inclusão de artigos considerados importantes para a pesquisa. Não foram considerados períodos de avaliação mais antigos devido aos avanços nos equipamentos e técnicas de monitorização, de forma a tornar a pesquisa objetiva e útil na preparação de uma metodologia futura.

3.4. Estratégia de Pesquisa

As palavras-chave selecionadas foram: lactato sanguíneo (*Blood lactate*), níveis de lactato (*Lactate level*), lactato capilar (*Capillary lactate*), limiar de lactato (*Lactate threshold*), exercício (*exercise*) e fadiga muscular (*Muscle fatigue*). Foram conjugadas entre as palavras-chave selecionadas:

1. *Lactate level + exercise*;
2. *Blood lactate + exercise*;
3. *Lactate threshold + exercise*;
4. *Muscle fatigue + exercise*;
5. *Muscle fatigue + lactate*;
6. *Capillary lactate + exercise*.

Para a realização da pesquisa, foi selecionado o campo “*Article title*”, sendo as combinações de palavras-chave colocadas junto com o conector “*and*”. Esta estratégia de pesquisa foi adotada de forma a tornar a mesma objetiva na relação do teor de lactato e as diferentes intensidades de exercício.

A pesquisa da presente revisão sistemática foi dividida em quatro fases:

- **Fase 1** – Pesquisa pelas bases de dados, utilizando palavras-chave definidas e selecionando os artigos pelo título. Nesta fase foram eliminados todos os duplicados.
- **Fase 2** – Análise do “*abstract*” dos artigos de forma a efetuar uma segunda filtragem, onde foram eliminados todos os artigos que não cumpriam com o requisito de medição de lactato capilar.
- **Fase 3** – Avaliação da metodologia utilizada nos artigos, aplicando critérios de qualidade.
- **Fase 4** – Nesta fase foi aplicado o processo de *snowboling*, onde foi feita a seleção de artigos pelo título, utilizando como base as referências bibliográficas dos artigos

selecionados, na fase anterior. Aqui, foi feita uma segunda eliminação dos artigos repetidos. Após a seleção dos artigos pelo título, os mesmos passaram pelas fases mencionadas anteriormente.

3.5. Registo de Estudos

3.5.1. Gestão de Dados

A gestão de todos os artigos selecionados na primeira fase, foram feitos através de registos diários e por bases de dados, utilizando o *Microsoft Word*. Nestes registos foram listados todos os artigos selecionados, duplicados e excluídos. Para além disto, foram feitos registos no *Microsoft Excel* para a seleção dos artigos pelo “*abstract*” e pelos critérios de qualidade, bem como os motivos para a exclusão dos mesmos. Após os artigos se encontrarem finalmente selecionados e para gerir todas as referências, os mesmos foram exportados para o “*Mendley- Reference Manegement Software & Researcher Network*”.

3.5.2. Processo de Seleção

De forma a excluir os artigos que não cumpriam com os critérios definidos, foram aplicados nas bases de dados os seguintes filtros para cada combinação de palavras-chave:

- **Data:** artigos publicados entre 2015 e 2020;
- **Tipo de artigo:** Artigos, Artigos em fase de publicação e Artigos de Dados;
- **Tipo de fonte:** Revistas com revisão por pares;
- **Língua:** Inglesa;

Todos os artigos selecionados foram analisados criteriosamente, tendo sido eliminados todos os artigos que se enquadrassem nos seguintes grupos:

- Estudos aplicados a animais;
- Estudos aplicados a indivíduos doentes;
- Estudos com aplicação de hormonas ou outras substâncias biológicas ou químicas;
- Estudos em crianças;
- Estudos geriátricos;
- Estudos que impliquem a validação de metodologias.

Para além disto, de forma a garantir a qualidade metodológica dos artigos selecionados, foram definidos critérios de qualidade, a serem cumpridos pelos diferentes artigos incluídos na análise qualitativa:

Amostra:

- Amostra aleatória e com $n \geq 10$;
- Sexo e média de idades da amostra;
- Atividade desportiva habitual;
- Critérios de estado de saúde dos indivíduos;

Materiais e Métodos:

- Identificação das condições de exposição da amostra (condições de temperatura, humidade, etc.);
- Descrição do exercício em avaliação;
- Indicação das cargas de trabalho aplicadas;
- Equipamento e procedimento adotado na medição do lactato capilar;
- Indicação da zona de recolha utilizada na avaliação do lactato capilar;
- Limpeza e desinfeção da zona de amostragem;
- Indicação dos tempos e/ou sequência de amostragem;

Os critérios relativos a uma correta metodologia de recolha e a especificação das condições de exposição, não foram critérios eliminatórios. Apesar de ser informação de extrema importância, verificou-se que alguns autores não o descreviam. Não foram considerados obrigatórios de forma a não tornar a amostra limitada, afetando a análise estatística.

3.5.3. Processo de Recolha de Dados

Com o conjunto de artigos selecionados será elaborada uma tabela com o resumo de toda a informação considerada pertinente para a análise de dados, nomeadamente:

- **Informação do artigo:** Títulos, Autores, Ano de publicação, Objetivo do estudo;
- **Características da amostra:** Tamanho da amostra; Sexo dos indivíduos, Faixas etárias/médias de idades, Experiência dos indivíduos em exercício; Critérios de saúde;
- **Características da avaliação:** Tipo de exercício avaliado; cargas de trabalho; condições de exposição; Equipamentos de medição e tempos de amostragem;
- **Resultados obtidos:** Descrição detalhada de todos os resultados obtidos em cada fase da metodologia utilizada.

3.5.4. Registo de Informação

A informação retirada dos artigos será analisada e registada em tabelas. Para a recolha de toda a informação importante a ser utilizada no protocolo, será avaliado o objetivo dos estudos, a metodologia aplicada, resultados obtidos e as principais conclusões retiradas.

A informação recolhida pretende aglomerar o conjunto de dados necessário para o desenvolvimento da análise de dados, nomeadamente, as concentrações de lactato e respetivos desvios-padrão, intensidades de exercício e tipos de exercício.

3.6. Risco de viés em estudos individuais

Na avaliação do risco de viés dos estudos será utilizada a ferramenta *Cochrane Risk of Bias Tool*, através da elaboração de uma tabela com a avaliação da qualidade metodológica dos artigos. Esta avaliação vai ser apresentada com os resultados classificados em:

- “alto” - referente a um alto risco de viés e com alta capacidade de enviesamento do estudo;
- “baixo” - referente a um baixo risco de viés, onde é considerado um baixo potencial de enviesamento do estudo;
- “pouco claro” - quando o risco de viés é incerto e as informações retiradas do estudo não são claras para a avaliação de enviesamento.

Todos os artigos que apresentarem uma boa avaliação serão incluídos para a elaboração de uma análise quantitativa (102). É considerado uma boa avaliação aqueles que, no geral, não apresentem alto risco de viés de forma a influenciarem os resultados da análise de dados.

Esta metodologia faz uma análise aos estudos, da seguinte forma:

- *Processo de seleção de sequência aleatória*: corresponde ao método utilizado para gerar a sequência de alocação de forma a ser possível a constituição de grupos comparáveis;
- *Alocação oculta*: descreve o método para alocar os participantes aos diferentes grupos pertencentes ao estudo;
- *Análise cega (participantes e investigadores)*: descreveu todas as medidas usadas, e se houve o desconhecimento dos participantes e investigadores relativamente ao grupo em estudo e a intervenção do mesmo;
- *Análise cega (avaliação de resultados)*: corresponde aos avaliadores quando os mesmos não têm qualquer conhecimento do grupo a que o participante faz parte;
- *Resultados incompletos*: indica a exclusão de dados e os motivos para a exclusão dos mesmos;
- *Descrição seletiva*: corresponde à avaliação dos autores relativamente aos diferentes resultados possíveis;
- *Outras fontes de viés*: outros potenciais fontes de viés, não mencionados nos domínios acima descritos (103).

3.7. Síntese de Resultados

No final das quatro fases de seleção dos estudos, os mesmos serão descritos em três tabelas distintas, onde as principais características serão registradas, de forma a tornar mais fácil a interpretação dos dados. Assim, serão apresentados da seguinte forma:

1. **Características dos estudos:** Onde será apresentado todos os dados gerais do artigo que permitem a caracterização da amostra utilizada. Aqui, será apresentado o título do artigo, os autores, o ano publicação, indivíduos avaliados, sexo, idade e critérios de saúde.
2. **Características da metodologia:** Aqui serão apresentados a indicação do cumprimento dos artigos no que toca à metodologia adotada pelos diferentes autores, nomeadamente, o exercício em avaliação e cargas de trabalho, condições de exposição dos indivíduos, equipamento utilizado na medição do lactato capilar, extremidade avaliada e desinfecção da zona de amostragem.
3. **Resultados obtidos:** Nesta terceira tabela serão apresentados os principais resultados obtidos pelos diferentes autores de acordo com os tempos de amostragem e com os protocolos adotados na metodologia.

Esta mesma tabela, será a base de avaliação da qualidade dos estudos a serem utilizados na análise de dados, podendo haver a necessidade de eliminar alguns. Na tabela do ponto 2 apenas será referido se os artigos cumprem ou não com a descrição da informação, de forma a metodologia ser reproduzível e os resultados comparáveis.

Assim, e, após a avaliação da qualidade dos estudos e dos riscos de viés, será feita a extração dos dados simplificados para a análise de dados, onde é necessário transformar todas as cargas de trabalho nas mesmas unidades, nomeadamente, em percentagem (%). Para além disto, os diferentes tipos de exercício devem ser codificados, tal como pode ser verificado na Tabela 3:

Tabela 3- Codificação do tipo de exercício

ID	Tipo de Exercício
1	Corrida
2	Meio agachamento com barra
3	Passadeira ergométrica
4	Agachamento total
5	Passadeira ergométrica e <i>leg press</i>
6	Cicloergómetro
7	Ginástica; Condicionamento metabólico e Levantamento de peso
8	<i>Leg press</i>

O registo dos dados a serem utilizados na análise de dados foram distribuídos, igualmente, em duas tabelas:

1. **Características da amostra:** Nesta tabela será apresentado a referência do artigo, o tipo de exercício em avaliação (ID e descrição correspondente), tamanho da amostra (n), media de idades e desvio padrão.
2. **Concentrações de lactato por cargas de trabalho:** Apresentação da identificação dos exercícios, as suas cargas de trabalho e as concentrações medias de lactato e seus desvio-padrão serão apresentados.

A elaboração destas duas tabelas será feita com o intuito de facilitar a análise estatística a elaborar e a avaliação dos resultados obtidos.

3.8. Risco de Viés entre os Estudos

Os resultados obtidos podem sofrer enviesamento causado por diferentes motivos, relacionados com a estrutura da metodologia dos estudos para alcançar os objetivos definidos pelos autores. Desta forma, são considerados viés entre os estudos:

- Diferentes tempos e métodos aplicados;
- Amostras com características restritas ou não representativas, nomeadamente, restrições nas idades dos indivíduos, indivíduos adaptados ao exercício, amostras que não incluem ambos os sexos;
- Diferentes tratamentos de dados, de acordo com os objetivos definidos pelos autores;
- Distinta apresentação de resultados, nomeadamente, por apresentação direta ou por apresentação após tratamento estatístico;

3.9. Análises Adicionais

Não estão previstas análises adicionais no presente protocolo.

4. RESULTADOS

4.1. Seleção de Estudos

Foram obtidos um total de 34889 artigos, onde 34829 foram excluídos pelos filtros definidos no protocolo. Cada fase de exclusão, pelas bases de dados, encontra-se representada na Tabela 4.

Tabela 4- Seleção de estudos

Base de Dados	Resultado Inicial	Data	Tipo de Documento	Língua	Título do Artigo	Selecionados pelo Título
Scopus	1107	202	180	173	173	39
Pubmed	32497	7005	6963	5093	232	11
Data in Brief	10	10	10	10	10	1
Web of Science	1275	252	168	167	167	10

Após a análise do “*abstract*” dos artigos, foi eliminado 1 artigo pela impossibilidade de acesso ao texto completo. Apesar disto, foram escolhidos 43 artigos que, após a análise dos mesmos pelos critérios de qualidade, foram reduzidos a um total de 11 artigos. Com isto, foram verificadas as referências dos mesmos, tendo sido obtidos 25 artigos, selecionados pelo título. Destes 25, apenas 4 foram selecionados pela avaliação da qualidade, perfazendo um total de 15 artigos. Após a avaliação do risco de viés, foram eliminados 4 artigos finalizando com um total de 11 artigos a serem utilizados na análise de dados.



PRISMA 2009 Flow Diagram

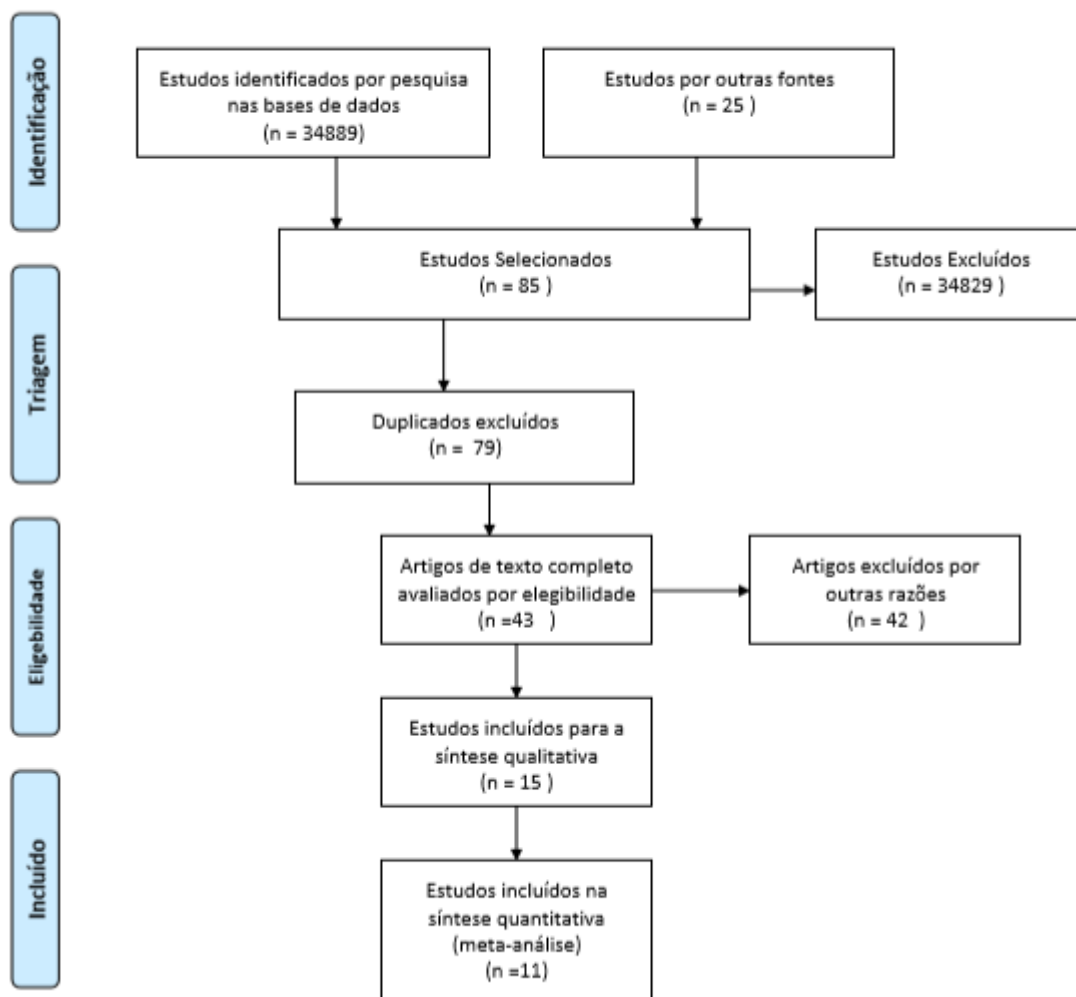


Figura 1- Diagrama de revisão PRISMA

4.2. Características dos Estudos

Na Tabela 5 é feito o resumo das características gerais dos estudos selecionados para a avaliação da qualidade. Em resumo, verifica-se que nenhum dos estudos incluí mulheres na amostra. Para além disto, é notório que apenas um faz referência a uma amostra que não seja atletas, sendo os indivíduos militares. As idades em consideração nos diferentes estudos não são muito largas, sendo que apenas um tem indivíduos até aos 50 anos.

Tabela 5- Características dos estudos

Título	Ano	Objetivo	Indivíduos Avaliados	n	Género	Idade
(104)	2016	Analisar os efeitos agudos dos exercícios realizados com uma intensidade de carga diferente avaliando a relação entre o nível de lactato e a coordenação olho-mão medidos na sequência dos exercícios.	Estudantes desporto	21	M	22,23 ± 1,92
(105)	2015	Determinar a intensidade do exercício correspondente ao Limiar de Lactato de um teste de resistência do meio agachamento.	Estudantes de desporto	24	M	21,5 ± 1,8
(106)	2018	Definir o valor máximo do estado estável de lactato (MLSSmeas) no basquete masculino de alta competição e compará-lo com o ponto de retorno do lactato e o respetivo ponto derivado como forma de um método de previsão	Jogadores de basket	12	M	26 ± 2
(107)	2018	Analisar o efeito agudo dos intervalos de descanso entre repetições sobre os mecanismos resposta metabólica durante quatro protocolos de exercícios resistidos	Estudantes de desporto	30	M	22,8 ± 3,1
(108)	2019	Comparar as variáveis selecionadas utilizadas no controlo do treinamento resultantes das duas intensidades diferentes dos testes incrementais da RAMP.	Estudantes	20	M	22.75 ± 2.88
(98)	2017	Verificar a relação do limiar de lactato identificada através das concentrações de lactato sanguíneo entre os protocolos incrementais realizados em Passadeira e Leg press 45 °	Atletas de corrida	12	M	29,27 ± 3,24
(109)	2018	Relação entre a classificação de esforço percebido, FC e [La] durante exercícios de intensidade constante e alternada com sessões curtas (10 e 20 s) para verificar se o EPR durante testes contínuos poderia ser usado na prescrição de exercícios de treino de intensidade com fases curtas.	Estudantes de desporto	11	M	23.90 ± 1.9
(110)	2018	Comparar a influência da carga no tempo sob tensão (TUT), atividade eletromiográfica e concentração de lactato sanguíneo em 8, 10 e 12RM e na relação entre o TUT e o número de repetições no exercício de agachamento.	Militares	10	M	18.90 ± 0.32
(111)	2018	Investigar a existência de associação entre limiar de lactato e marcadores fisiológicos não invasivos da transição aeróbia-anaeróbia, como limiar ventilatório e espectroscopia de	Ciclistas e triatletas	31	M	29 ± 9

Título	Ano	Objetivo	Indivíduos Avaliados	n	Gênero	Idade
		infravermelho e índice de saturação de tecidos.				
(112)	2017	Avaliar os níveis de fadiga muscular induzidos por as três modalidades do CrossFit; ginástica, condicionamento metabólico e levantamento de peso.	Estudantes de desporto	34	M	22.03 ± 3.1
(113)	2012	Determinar o nível de concordância entre a ponta do dedo e o lóbulo da orelha para a medição da lactato sanguíneo durante ciclo ergométrico incremental	Indivíduos saudáveis	20	M	20.0 ± 1.0
(114)	2011	Identificar o LT por quatro métodos diferentes (inspeção visual, log-log, algoritmo e QLac) durante o exercício resistido e para avaliar quais métodos apresentam mais precisão.	Atletas	12	M	26,0± 2,9
(115)	2012	Comparar três estimativas diferentes com a intensidade máxima no estado estacionário de lactato (MLSSint) real em ciclistas treinados	Ciclistas	14	M	30±6, 1
(116)	2012	Verificar se a velocidade de corrida em Relação de Troca Respiratória $\frac{1}{4}$ 1,00 determinada durante um único teste incremental máximo sem recolha e análise de sangue pode prever estado estacionário máximo de lactato	Atletas de corrida	14	M	33 ± 12 anos
(117)	2012	Este estudo comparou as respostas durante os testes incrementais máximos na esteira de durações de 1 minuto, 2 minutos e 3 minutos, principalmente em termos de frequência cardíaca máxima e pico de concentração de lactato sanguíneo	Atletas de corrida	34	M	40,1 ± 12,8

Na Tabela 6, é representado as características da metodologia dos estudos selecionados, onde se verifica que apenas quatro artigos cumprem com o critério de qualidade referente à desinfecção da zona de amostragem. Por outro lado, oito dos artigos não menciona as condições de exposição.

Tabela 6- Critérios de Qualidade dos estudos

Artigo	Exercício avaliado e carga de trabalho	Condições de Exposição	de Equipamento	Extremidade	Desinfecção
(104)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
(105)	Sim	Não	Sim	Sim	Não
(106)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
(107)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
(108)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
(98)	Sim	Não	Sim	Sim	Não
(109)	Sim	Não	Sim	Sim	Não
(110)	Sim	Não	Sim	Não	Sim
(111)	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
(112)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
(113)	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
(114)	Sim	Não	Sim	Sim	Não
(115)	Sim	Não	Sim	Sim	Não
(116)	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
(117)	Sim	Sim	Sim	Sim	Não

Na Tabela 7, foram registados os tempos de amostragem e os principais resultados. Aqui pode-se verificar que todos os artigos fornecem os resultados obtidos, contudo alguns dos resultados encontram-se associados a tempos de aquecimento, em que os autores não são claros nos momentos de avaliação do lactato capilar.

Tabela 7 - Resultados Obtidos

Tempos de amostragem	Resultados
Antes do exercício e 30 segundos após a finalização do exercício (104)	Lactato em repouso: a 70%: 1.86±.53 mmol/L; a 90%: 2.21±.80 mmol/L Lactato após 30 segundos: 70%: 9.04±3.31 mmol/L; a 90%: 11.30±2.58 mmol/L
Entre cada aumento de carga, durante um período de recuperação de 2 minutos, 30 s após o final de cada etapa. (105)	LT1 - 4.58 ± 1.50 mmol/L. Média registrada no teste de carga constante - 3.26 ± .83. Entre S3 a S21 o lactato estabiliza (3,07 ± 1,0 e 3,37 ± 0,7 mmol/L).
Nas visitas a cada 5 minutos eram recolhidas amostras de sangue para a medição de lactato. (106)	Estado estacionário máximo de lactato medido: 3.73 ± 1.05 mmol/L Ponto de mudança de lactato: 3.82 ± 0.89 mmol/L Máximo: 7.80 ± 0.47 mmol/L
Antes do exercício e após 1 minuto de descanso. (107)	REP 1 (3x6 at 60% 1RM): CR (6.7 ± 2.9 mmol/L); IRR10 (3.4 ± 0.9 mmol/L); IRR20 (2.9 ± 0.8 mmol/L) REP 2 (3x5 at 70% 1RM): CR (6.6 ± 2.7 mmol/L); IRR10 (3.7 ± 0.9 mmol/L); IRR20 (2.9 ± 0.7 mmol/L) REP 3 (3x4 at 75% 1RM): CR (5.5 ± 2.1 mmol/L); IRR10 (3.9 ± 1.2 mmol/L); IRR20 (2.9 ± 0.9 mmol/L) REP 4 (3x3 at 80% 1RM): CR (4.9 ± 1.6 mmol/L); IRR10 (3.6 ± 1.2 mmol/L); IRR20 (2.6 ± 0.5 mmol/L)
Antes do teste e 5 minutos depois do teste (108)	Teste W de potência de 341.31±43.33 W e concentração de lactato de 13.05±2.30 mmol/L Teste 0.556 W/s com tempo de pico de potência de 393.00 ±47.79 W e concentração de lactato de 13.01±2.45 mmol/L
1 minuto após cada final de etapa (98)	Exercício de passadeira: 4.80 ± 1.27 mmol/L LP 45°: 5.30 ± 1.33 mmol/L
Em repouso, no 5º e 10º minutos de cada exercício (109)	160W: 5 minutos: protocolo C (4.6 ± 1.4 mmol/L); protocolo S10 (5.2 ± 1.7 mmol/L) e protocolo S20 (6.5 ± 2.8 mmol/L) 240W: 10 minutos: protocolo C (7.4 ± 3.0 mmol/L); protocolo S10 (8.6 ± 1.9 mmol/L) e protocolo S20 (10.1 ± 2.8 mmol/L)
Antes e após 30 s do agachamento (110)	LACpre - 3,73 mmol/L LAC post 8- 6,89 mmol/L LAC pos 10- 9,69 mmol/L LAC post 12 - 12,78 mmol/L
final do segundo minuto de cada intervalo de 3 minutos. (111)	Para uma carga de trabalho de 308±33 a concentração de lactato é de 2.4±1.0 mmol/L
Antes do início e no final de cada sessão do CrossFit (112)	Ginástica (antes = 1.56 ± 0.61mmol/L-1; depois = 11.79 ± 2.33mmol/L-1); Condicionamento metabólico (antes = 1.30 ± 0.37mmol/L-1; depois = 10.15 ± 3.04mmol/L-1); Levantamento de peso (antes = 1.22 ± 0.31 mmol/L-1; depois = 11.24 ± 2.62 mmol/L-1).
Antes do aquecimento e nos últimos 30 segundos de cada estágio, enquanto o sujeito pedalava continuamente (113)	LT: potência que precedeu um aumento de lactato sanguíneo de 0,4 mMol/L acima do valor anterior - ponta do dedo (90 ±38W) e lobulo da orelha (93 ± 35W) LT1: potência que precede um aumento no lactato sanguíneo em 1 mMol/L acima do valor anterior - ponta do dedo (139 ± 37W) e lobulo da orelha (141 ± 36W) 2 mMol/L: potência que corresponde a uma concentração de lactato no sangue de 2 mMol/L - ponta do dedo (126 ± 41W) e lobulo da orelha (129 ± 36W) 4 mMol/L: potência que corresponde a uma concentração de lactato no sangue de 4 mMol/L - ponta do dedo (167 ± 37W) e lobulo da orelha (169 ± 38W)
Recolha 30 seg entre os intervalos de descanso antes de aumento de intensidade. (114)	Nos diferentes métodos de análise de concentrações de lactato: LTVI - Intensity (%1RM) (26.9 ± 5.2) ; BLC (mmol L)1) (1.91±0.78) LTAA - Intensity (%1RM) (27.8± 3.6) ; BLC (mmol L)1) (1.84± 0.61) LTLL- Intensity (%1RM) (23.3*± 3.5) ; BLC (mmol L)1) (1.58* ±0.63) LTQLac- Intensity (%1RM) (31.6 ±9.8)) ; BLC (mmol L)1) (2.6 ±1.4)
Amostras de sangue recolhidas aos 10, 20 e 30 minutos durante o testes de potência constante. (115)	MLSS - 3.5±0.6 mmol/L AT1 -3.5±0.6 mmol/L AT2 -3.1±0.6 mmol/L AT3 -2,5±0.8 mmol/L
15 segundos em repouso, no 5º, 10º, 15º, 20º, 25º, 30º min e após 3 minutos de recuperação dos testes de velocidade constante (116)	Repouso - RER (1.0±0.6 mmol/L) e MLSS(0.9±0.4 mmol/L) 10 minutos- RER (5.6**±2.6 mmol/L) e MLSS(5.0**±1.9 mmol/L) 15 min - RER (5.8**±3.0 mmol/L) e MLSS(5.1**±1.8 mmol/L) 20 min- RER (5.3**±2.3 mmol/L) e MLSS(5.3**±1.9mmol/L) 25 min - RER (5.3**±2.5 mmol/L) e MLSS(5.2**±1.8 mmol/L) 30 min- RER (5.5**±2.3 mmol/L) e MLSS(5.4**±1.7 mmol/L)
No final de cada teste e no terceiro, quinto e sétimo minutos após os testes (117)	Protocolo SS - LApeak(mmol/L) : 9.4±2.2 ; Time to exhaustion (min): 11.1±1.6 Protocolo IS - LApeak(mmol/L) : 9.2±1.9 ; Time to exhaustion (min): 19.4±3.0 Protocolo LS- LApeak(mmol/L) : 7.9±2.2 ; Time to exhaustion (min): 15.9±1.6

4.3. Risco de Viés dos Estudos

O risco de viés foi avaliado, de forma individual para cada estudo, tal como pode ser verificado na Tabela 8, onde se pode verificar que quatro estudos foram excluídos por não cumprirem com a representação dos critérios de estado de saúde dos indivíduos. Para além disto, cinco estudos foram mencionados por apresentarem risco de viés por não indicarem as limitações dos estudos, mas sendo considerados importantes para incluir na análise de dados.

Tabela 8 - Análise de Viés

Estudo	Processo de seleção de sequência	Alocação aleatória ou randomizada	Análise cega (participantes e investigadores)	Análise cega (avaliação de resultados)	Resultados incompletos	Descrição seletiva	Outras fontes de viés
(104)	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Baixo	Baixo	Baixo
(105)**	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Baixo	Baixo	Alto
(106)**	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Baixo	Baixo	Alto
(107)	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Baixo	Baixo	Baixo
(108)*	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Alto	Baixo	Alto
(98)	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Baixo	Baixo	Baixo
(109)*	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Alto	Baixo	Pouco Claro
(110)**	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Baixo	Baixo	Alto
(111)**	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Baixo	Baixo	Alto
(112)	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Baixo	Baixo	Baixo
(113)*	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Alto	Baixo	Baixo
(114)	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Baixo	Baixo	Baixo
(115)**	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Baixo	Baixo	Alto
(116)*	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Alto	Baixo	Baixo
(117)	Baixo	Baixo	Pouco Claro	Pouco Claro	Baixo	Baixo	Baixo

* Artigos excluídos que não cumprem com os critérios de estado de saúde

**Estudos incluídos, mas sem indicação das limitações do mesmo

4.3.1. Risco de viés nos Estudos

Através da análise do risco de viés, verificou-se que os estudos não são esclarecedores no que toca ao desconhecimento dos participantes e dos avaliadores relativamente ao grupo a que cada indivíduo pertence, podendo representar influência nos resultados obtidos.

Ao associar estes mesmos resultados, com os anteriormente falados, verifica-se que o critério de saúde não é cumprido em quatro dos estudos, tendo sido os mesmos eliminados para a fase estatística. Cinco dos restantes estudos apresentam um possível risco de viés causado por outras fontes que não são consideradas nos restantes pontos nem considerados pelos autores, mesmo assim, considerou-se estes estudos para a análise estatística. Para além disto, dois dos estudos não são esclarecedores nos tempos de amostragem durante o aquecimento do protocolo, o que pode conduzir um enviesamento dos resultados estatísticos, por falta de informação. Mesmo assim, estes estudos foram incluídos na análise de dados de forma a não limitar a mesma, por diminuição da amostra.

Todos os estudos não mencionados anteriormente, também são considerados com risco de viés, mas este foi designado de risco baixo, uma vez que os autores mencionam possíveis limitações dos seus estudos.

Com esta análise é possível retirar todos os riscos de enviesamento causados pelos artigos selecionados e utilizados. Desta forma, é diminuído o erro induzido das conclusões retiradas pela análise de dados.

4.3.2. Risco de Viés entre os Estudos

Na análise dos dados extraídos dos diferentes estudos, verificou-se que as unidades das cargas de exercício não eram apresentadas de forma igual. Para que fosse possível a comparação de dados, foram convertidas as unidades para percentagem (%), representando esta intensidade de exercício do indivíduo relativamente ao máximo suportado. Para além disto, verificou-se que a descrição da metodologia aplicada não foi igualitária entre todos os estudos, dificultando a extração de dados relativos às cargas de trabalho. Tendo sido identificados três estudos que não puderam ser utilizados em todos os dados estatísticos, uma vez que as cargas de trabalho não possibilitaram a sua conversão para percentagem.

Tabela 9- Artigos que não permitiram a conversão das cargas de trabalho

Artigo	Motivo
(98)	Apresentação das cargas em Km/h sem apresentação de informação suficiente para a conversão
(110)	Apresentação das cargas de trabalho em RM
(117)	Apresentação das cargas de trabalho em tempos máximos

No que toca aos resultados, um dos artigos apresentou os resultados com valores brutos e não com média $\pm$ DP. Assim, com a análise de viés entre os estudos foram eliminados quatro estudos, perfazendo um total de 11 a serem utilizados na análise de dados. Na Tabela 10 é apresentado os quatro artigos eliminados e respetivo motivo.

Tabela 10- Artigos eliminados pelo risco de viés

Artigo	Motivo
(108)	Não apresentavam os critérios de saúde, não sendo possível avaliar a hipótese de terem sido incluídos indivíduos com patologias potenciais de influenciar os resultados
(109)	
(113)	
(116)	

4.4. Análise da Evidência

Neste ponto serão discutidos os principais aspectos que realçam a importância da avaliação do lactato capilar em saúde ocupacional. Para a avaliação das características dos estudos, foram extraídos os dados presentes na Tabela 11. Nesta tabela é evidenciado as principais características sociodemográficas dos estudos que foram consideradas importantes para a avaliação dos valores de lactato extraídos nos diferentes artigos.

Tabela 11 - Características da amostra

Exercício	ID	Referência	Idade			
			n	Sexo (m/f)	Média	DP
Corrida	1	(104)	21	m	22,23	1,92
Meio agachamento com barra	2	(105)	24	m	21,5	1,8
Passadeira	3	(106)	12	m	26	2
Agachamento total	4	(107)	30	m	22,8	3,1
Passadeira e leg press	5	(98)	12	m	29,27	3,24
Agachamento	4	(110)	10	m	18,9	0,32
Cicloergômetro	6	(111)	31	m	29	9
Ginástica; condicionamento metabólico e levantamento de peso	7	(112)	34	m	22,03	3,1
Leg press	8	(114)	12	m	26	2,9
Cicloergômetro	6	(115)	14	m	30	6,1
Passadeira	3	(117)	34	m	40,1	12,8

Na Tabela 11, é notório que, a diversidade de exercícios avaliados não foi grande, sendo que apenas 8 tipos de exercício foram incluídos neste estudo. Ainda assim, os exercícios incluídos tiveram sempre uma amostra de indivíduos já com preparação física e com experiência em exercício, nomeadamente, o que seria avaliado. De facto, os estudos encontraram-se focados em influência do exercício no lactato, consoante os diferentes objetivos a serem cumpridos. Para isso, os diferentes autores utilizaram distintos tempos de amostragem, onde foram obtidos valores diretos de lactato, no antes, durante e após o exercício e concentrações de lactato (estado estacionário de lactato e limiar anaeróbio).

Na Tabela 12 foram descritas as principais cargas de trabalho aplicadas nos diferentes protocolos dos autores, tempos de amostragem e os resultados obtidos da medição do lactato. Assim, é verificado que artigos diferentes apresentaram os dados de forma diferente. Estas diferenças encontradas são justificadas com as distintas formas de determinar o lactato no sangue, nomeadamente, através das medições de lactato máximo no sangue (115), medições de lactato para a determinação do estado estacionário e pontos de viragem entre o limiar aeróbio e o limiar anaeróbio (106). Estes diferentes momentos de medição representam significados distintos, consoante o exercício a ser testado.

As cargas de trabalho utilizadas são, maioritariamente, relacionadas com a frequência cardíaca máxima e com o esforço de uma repetição máxima (RM). Desta forma, é verificado que as cargas de trabalho mais aplicadas na avaliação dos diferentes limiares e concentrações de lactato são a 60%, 70% e 90% da frequência cardíaca e 1 RM, 8 RM, 10 RM e 12RM.

Verifica-se que o exercício 7 é o que apresenta maiores valores de lactato (máximo de $11,79 \pm 2,33$ mmol/L). O exercício 1 encontra-se muito aproximado aos valores do exercício 7, apresentando um máximo de $11,30 \pm 2,58$ mmol/L. Contudo, é verificado que o exercício 4 tem um *outlier* com o valor mais elevado de 12,78 mmol/L. O exercício 8 é o que demonstra valores de lactato mais baixos. Contudo, verifica-se que estes valores podem ser influenciados pelos diferentes protocolos aplicados, bem como os tempos de amostragem do lactato.

Tabela 12 - Concentrações de lactato por cargas de trabalho

ID	Referência	Exercício	Carga inicial (média) (%)	Carga inicial (DP)	Lactato (média)	Lactato (DP)
1	(104)	Aquecimento	70	—	1,86	0,53
			90	—	2,21	0,8
		Frequência Cardíaca %	60	—	9,04	3,31
		Frequência Cardíaca %	90	—	11,30	2,58
2	(105)	Lactato	71,20	—	4,58	1,5
					3,26	0,83
		Lactato	24,80	4,8 %1RM	3,07	1
3	(106)				3,3	0,7
		80% da velocidade máxima	80	—	1,4	1,2
		Estado máximo de lactato	74,6	5,1	3,73	1,05
		Ponto de mudança	79,3	1,6	3,82	0,89
4	(107)	3x6 a 60% 1RM	60,00	—	6,7	2,9
				—	3,4	0,9
				—	2,9	0,8
		3x5 a 70% 1RM	70,00	—	6,6	2,7
				—	3,7	0,9
				—	2,9	0,7
		3x4 a 75% 1RM	75,00	—	5,5	2,1
				—	3,9	1,2
				—	2,9	0,9
		3x3 a 80% 1RM	80,00	—	4,9	1,6
				—	3,6	1,2
				—	2,6	0,5
5	(98) *	Passadeira	8,0 km /h	—	4,8	1,27
		Leg Press 45°	—	—	5,3	1,33
4	(110)*	Pre exercício	—	—	3,73	0
		8 RM	8	—	6,89	0
		10 RM	10	—	9,69	0
		12 RM	12	—	12,78	0
6	(111)		88,25	—	2,4	1
7	(112)	Ginástica -	57,30	2,6	1,56	0,61
		Pico de potência	55,07	—	11,79	2,33
		Condicionamento metabólico - *	57,17	—	1,3	0,37
			55,81	—	10,15	3,04
		Levantamento de peso	56,63	—	1,22	0,31
8	(114)		53,98	—	11,24	2,62
		Inspeção Visual (%RM)	26,9	5,2	1,91	0,78
		LTAA	27,8	3,6	1,84	0,61
		Concentração Log Log	23,3	3,5	1,58	0,63
6	(115)	Algoritmo de Ajuste	31,6	9,8	2,6	1,4
		Estado máximo de lactato	73,95	33	3,5	0,6
		Intensidade fixa	77,25	39	3,5	0,6
		Equivalente mínimo da relação produção / potência de lactato no sangue mais 1,5 mmol / L	74,25	35	3,1	0,6
		Potência da fase antecedente ao segundo aumento de lactato de pelo menos 0,5 mmol L 1 acima dos valores anteriores	68,86	36	2,5	0,8
3	(117)*	Protocolo 1 minuto de duração	São definidos tempos máximos	—	7,1	2,3
				—	8,2	1,7
				—	8,9	2,1

ID	Referência	Exercício	Carga inicial (média) (%)	Carga inicial (DP)	Lactato (média)	Lactato (DP)
		Protocolo 2 minutos de duração			8,6	2,4
					6,6	1,6
					8,2	1,8
					8,4	1,9
		Protocolo 3 minutos de duração			8,2	1,8
					6,4	2
					7,2	2,1
					7,3	2,2
					6,6	2,1

5. DISCUSSÃO

Através da pesquisa efetuada, verificou-se que a área da ciência com a maior foco nas medições de lactato capilar é a área do desporto. Na verdade, a ciência do desporto utiliza este parâmetro como um indicador de desempenho físico, com o intuito de melhorar a performance dos atletas. Apesar disto, esta área da fisiologia preocupa-se em investigar as principais alterações existentes a nível metabólico e os impactos das mesmas nos diversos sistemas do corpo humano (37,104,118). Uma outra área com foco no lactato é a área das ciências da saúde que pesquisa as alterações fisiológicas incrementadas por doenças ou tratamentos específicos (119).

O lactato é um subproduto resultante da produção de energia para os músculos desencadearem o exercício. Este subproduto permite avaliar a alteração da execução do exercício aeróbio para o exercício anaeróbio, através dos seus limiares. É indicado por alguns investigadores como um parâmetro de avaliação da fadiga e da sobrecarga fisiológica (4,5,99).

Os impactos fisiológicos causados pela produção de lactato devem-se à sua forma ionizada do ácido monocarboxílico, designado de ácido láctico. Este ácido resulta da metabolização da glicose, de forma a produzir moléculas de Adenosina Trifosfato (ATP), como fonte de energia, de forma rápida e na presença de oxigénio. Quando existe maior necessidade de energia, o piruvato, é convertido a lactato como produto resultante do metabolismo celular na produção de energia, através de uma molécula de glicose. O lactato, durante exercícios anaeróbios, é utilizado como fonte de produção de energia, em substituição da glicose, pelas reservas do fígado (4,5,120).

Na produção de ácido láctico e na sua passagem para a corrente sanguínea, há desequilíbrios ácido-base que, inicialmente, são compensados por mecanismos fisiológicos, mas com a sua acumulação provoca uma acidificação do sangue. Esta acidificação é notada em sintomas como náuseas, vômitos, tonturas, diminuição drástica da pressão arterial, entre outros (4,5). Estas alterações fisiológicas podem causar impactos mais graves, tais como, doenças cardíacas. Em atletas de alta competição, os treinos são incidentes na adaptação fisiológica e psíquica dos indivíduos para a diminuição dos impactos causados (121).

A resposta das concentrações de lactato ao exercício tem demonstrado uma grande relação com o consumo máximo de oxigénio avaliado em diferentes tipos de exercícios. Quanto maior a intensidade do exercício maior será o nível de esforço físico a que o corpo do indivíduo está sujeito sem haver a acumulação de iões de lactato (12). A esta alteração fisiológica é designado de Limiar de Lactato ou Limiar Anaeróbio. Quando é verificado o equilíbrio entre a produção e a eliminação de lactato no sangue, é designado de Estado Estacionário de Lactato.

O lactato capilar demonstrou ser um parâmetro de fácil medição e de fácil obtenção de resultados. É medido de forma não invasiva e capaz de fazer leituras da concentração de lactato através de uma amostra de sangue capilar, utilizando tiras de teste que permitem colocar a amostra e que, por sua vez, são colocadas no equipamento que traduz o resultado em mmol/L (122). Esta facilidade de amostragem tem sido melhorada ao longo dos anos, através dos avanços tecnológicos e de diversas alternativas na escolha dos equipamentos de monitorização. Assim, em contexto

ocupacional, é garantido uma baixa interferência com o trabalho a ser executado pela amostra em avaliação, bem como a baixa exposição dos investigadores.

Nos estudos utilizados verificou-se que o valor mínimo de lactato é de $1,22 \pm 0,30$ mmol/L, sendo que o máximo é de 12,78 mmol/L, correspondente ao exercício de agachamento. Nos valores utilizados, verificou-se que para o mesmo exercício são apresentadas oscilações, apesar da diferença entre estas não ser muito elevada. Estas alterações nas concentrações de lactato foram influenciadas pelos diferentes protocolos utilizados, incluindo os distintos tempos de amostragem aplicados. Contudo, sabe-se que valores mais elevados podem ser encontrados, em particular em indivíduos que não se encontrem adaptados aos exercícios e tenham uma capacidade de atingir o limiar anaeróbio com maior facilidade, tal como a sua recuperação que se torna mais demorada (4,5,99,106).

Foi verificado que os tempos de amostragem que demonstraram ser mais aplicados foram no início e no fim de cada exercício, com o objetivo de comparar valores basais e as suas alterações após a exposição a uma carga em determinadas condições. Outros tempos de amostragem como 30 segundos após o início do exercício e 30 segundos após o fim do mesmo, também demonstraram ser úteis para a avaliação do ponto de mudança entre o limiar aeróbio e o limiar anaeróbio do exercício. Apesar disto, realça-se que é importante avaliar as oscilações de lactato durante a execução completa do exercício, bem como as alterações do mesmo durante o tempo de recuperação dos indivíduos.

A atividade exercida pelos bombeiros é caracterizada por ser esgotante exigindo que os indivíduos tenham uma boa preparação física. A fadiga induzida pelas atividades dos bombeiros pode ter grandes impactos no desempenho dos mesmos. Dennison et al.(2012) (19) indica que o treino físico dos bombeiros pode ser importante para a melhoria do desempenho dos indivíduos durante a execução das suas atividades. Já vários investigadores utilizaram marcadores como a FC, a FR e a avaliação cognitiva para a avaliação da fadiga dos profissionais (19,91,92,123,124).

O limiar de lactato é um biomarcador importante para a avaliação do desempenho dos indivíduos (4,5). Segundo a Administração Central dos Sistema de Saúde (ACSS) o valor laboratorial de referência para adultos da concentração de lactato no sangue é de 0,5 a 1,6 mmol/L, em repouso (125). Com a prática de exercício, é esperado que o lactato no sangue sofra um aumento significativo. Apesar disto, sabe-se que à medida que a taxa de intensidade do exercício aumenta, a concentração de lactato aumenta acima dos valores de referência, para o repouso, até à exaustão (126,127). Segundo Costa et al. (2019) (128), conclui-se que a acidose metabólica não é constante nas intensidades de 60, 70 e 80% da FC máxima corresponde a 36, 48 e 62 % do VO_2 máximo.

A adaptação dos indivíduos ao exercício pode explicar baixas concentrações de lactato no sangue em atletas de competição e acostumados ao exercício (129). Apesar disto, Mcgehee, Tanner, & Houmard (2005) (130) demonstraram que existe um aumento exponencial da concentração de lactato com aumento da carga de trabalho em atletas de corrida.

Num estudo de Mate et al. (112), onde existe a comparação dos níveis de fadiga em três modalidades diferentes, nomeadamente, ginástica, condicionamento metabólico e levantamento de peso, a modalidade de ginástica é a que demonstra maior diferença entre o antes e o depois do

exercício (antes = $1,56 \pm 0,61$ mmol/L; depois = $11,79 \pm 2,33$ mmol/L). Por outro lado, Albesa-Albiol, Serra-Paya, Garnacho-Castaño, Cano, & Castaño (2019) (131) demonstram que entre o cicloergometro e o agachamento existem diferenças entre exercícios na concentração de lactato, 2,6 e 2,8 mmol/L, respetivamente. Importa salientar que, é possível encontrar dispersões das concentrações de lactato nos diferentes tipos de exercício e que podem ser influenciadas pela variabilidade humana e pelos diferentes ambientes de exposição a que os indivíduos são expostos durante a aplicação dos protocolos.

A avaliação da correlação entre as faixas etárias e as alterações nas concentrações de lactato são uma hipótese que deve ser levantada e estudada, tal como já foi verificado em diferentes estudos. Estes dois parâmetros são de importante avaliação, pois o envelhecimento provoca alteração da resposta fisiológicas dos indivíduos, podendo ser um ponto fulcral na caracterização da amostra de bombeiros. Os bombeiros voluntários podem ser recrutados até aos 45 anos, podendo existir a dificuldade de responder fisiologicamente às exigências da atividade (132). De acordo com Reaburn & Mackinnon (1990) (133), num estudo com o objetivo de determinar o efeito da idade em parâmetros de lactato sanguíneo em natação de *sprint*, demonstrou-se que indivíduos mais velhos e treinados apresentam capacidade de eliminar o lactato do sangue na mesma proporção que os indivíduos mais jovens.

Um outro aspeto a ter em conta é a variabilidade humana. Entre géneros pode existir diferenças significativas que devem ser tidas em conta. O tipo de exercício realizado tem impactos significativos nas respostas, tal como foi verificado na presente dissertação. Benito et al. (134) demonstra que numa amostra constituída por homens e mulheres, num protocolo com três tipos de exercício é verificado que, os homens atingem uma concentração máxima de lactato de $12,8 \pm 2,2$ mmol/L, ao contrário das mulheres que atingiram uma concentração máxima de $8,5 \pm 2,5$ mmol/L.

Na avaliação do lactato capilar em contexto ocupacional, em particular, em profissionais com nível de risco elevado, é necessário ter em conta todos os fatores externos que possam influenciar as respostas fisiológicas, nomeadamente, condições de exposição ambientais e fatores de risco relacionados com os equipamentos de trabalho. Num estudo de Rok, Min, Yu, & Kwon (2017) (135), os autores avaliaram a recuperação do nível de lactato, fadiga muscular e recuperação da FC em relação à vibração do corpo inteiro (VCI) durante o estágio de repouso após um exercício de marcha. Este estudo demonstra diferenças significativas entre o grupo exposto a vibração e o grupo de controlo, sendo que o grupo exposto no final do exercício apresenta uma concentração de $7,21 \pm 0,55$ mmol/L e após o repouso apresenta uma concentração de $1,63 \pm 0,21$ mmol/L. É de realce o ponto em análise, uma vez que os equipamentos de trabalho utilizados pelos bombeiros emitem vibrações, que podem interferir com os valores de lactato produzidos pelos indivíduos.

O aumento dos níveis de lactato podem levar a alterações neurológicas e cardíacas acentuadas (31,38). Segundo, Doğan et al. (136) existe uma grande associação entre os níveis de CO e a presença de lactato no sangue, que podem estar associados a diferentes mecanismos fisiológicos resultantes da intoxicação por CO. A caracterização dos ambientes de trabalho a que os bombeiros se encontram expostos, é de difícil avaliação. Contudo, autores como Choi et al (2014) demonstram que os ambientes onde estes indivíduos desenvolvem os seus serviços, tem influência na função pulmonar dos mesmos (137). Exposições como a dos Incêndios Florestais podem

sujeitar os indivíduos a limites de exposição por CO elevadas (13,35). O aumento da taxa respiratória dos indivíduos, aumenta com a inalação de CO que, conseqüentemente vai ter impactos significativos nos órgãos que dependem da circulação de oxigênio no sangue, como é o caso do cérebro e do coração. Acumulando estas situações a mecanismos manifestados pela ansiedade dos indivíduos expostos, a capacidade cognitiva destes poderá constituir-se como um fator que influencia o desempenho dos operacionais durante a sua atividade (37,138).

5.1. Limitações

As limitações do presente estudo começaram com a pesquisa de artigos científicos para a realização da análise de dados. A avaliação de lactato capilar já é conhecida em militares, podendo ser utilizada como uma base para a elaboração de uma metodologia com aplicação em bombeiros. Contudo, estudos práticos em bombeiros com a medição de lactato capilar não foram encontrados, quando utilizadas as palavras-chave selecionadas.

Uma outra dificuldade a ser realçada é a possibilidade de alargar a pesquisa de artigos científicos para mais bases de dados, com conjugações de palavras-chave diferentes e com a aplicação de filtros diferentes que, aumentem a amostra de artigos com a variável lactato capilar. Para a presente análise der dados não foi alargada a pesquisa por questões de tempo, uma vez que houve a necessidade de alterar a metodologia inicialmente desenhada. No presente estudo não foi possível avaliar a exposição a ambientes extremos, quer pela exposição térmica, quer pela exposição a agentes químicos tóxicos, e a sua relação com os níveis de lactato, uma vez que na pesquisa desenvolvida, não foram encontrados estudos que relacionassem estas duas variáveis, de forma a serem incluídos.

No que toca à metodologia aplicada e aos resultados obtidos, considera-se que o presente estudo tem alguns riscos de viés. Nenhum dos estudos incluídos contemplaram indivíduos do sexo feminino, apenas um dos estudos analisou sujeitos com idades até aos 50 anos. Um viés adicional deve considerar-se uma vez que apenas se conseguiu aceder aos resultados (médias e desvios-padrão) ao invés dos dados brutos. Importa salientar que, os valores de lactato não foram comparados entre si, uma vez que não é possível comparar valores de limiares anaeróbios com valores de limiares aeróbios.

6. CONCLUSÃO

Com o progresso do presente trabalho, foi demonstrado a importância do desenvolvimento de estudos para a pesquisa da melhoria das condições de trabalho em bombeiros. Apesar disto, não foi possível cumprir com todos os objetivos definidos para a elaboração da presente dissertação. Contudo, foi possível concluir que diferentes tipos de exercício demonstram estar correlacionados com os valores de lactato.

Existem bases científicas que permitam levantar hipóteses relativamente à relação entre as diferentes variáveis mencionadas. Contudo, o facto dos diferentes estudos incluídos tratarem dos dados de formas distintas, bem como as suas medições de lactato serem em momentos diferenciados, causam enviesamento nos resultados.

Foi possível identificar o lactato capilar como um parâmetro fisiológico de fácil medição e que constitui um importante biomarcador de fadiga. Desta forma, é possível elaborar uma base de dados com concentrações de lactato para aplicações futuras, após a recolha de dados em campo, para comparação dos mesmos.

Um aspeto negativo da utilização de lactato capilar, é a impossibilidade de avaliar a suscetibilidade individual. Apesar de se recomendar que a amostra seja devidamente caracterizada e avaliada medicamente, sabe-se que indivíduos diferentes tem respostas metabólicas diferentes.

Com isto, é possível afirmar que uma metodologia de avaliação de lactato capilar, em contexto real de trabalho, em bombeiros, deve ser construída e validada. A segurança no trabalho em bombeiros tem um papel fulcral, já que estes profissionais desempenham uma função de grande exigência. Esta metodologia deve ser aplicável, tendo em conta as possíveis dificuldades a serem encontradas de acordo com o cenário desenhado, com os EPI e com os próprios equipamentos de trabalho. Apesar de tudo, importa que as medições não coloquem em causa a segurança da amostra nem do investigador.

Parte III – Componente Experimental

1. AVALIAÇÃO DE LACTATO CAPILAR EM CONTEXTO OCUPACIONAL

1.1. Introdução

É registrado que nos últimos 40 anos, mais de 200 bombeiros morreram sendo que quase metade deste valor foram ocorrências relacionadas com incêndios florestais (139). Entre o ano de 2000 e 2013 é verificado que o ano de 2005 foi o mais marcante no que toca à morte de bombeiros (140).

As condições de trabalho a que os bombeiros se encontram expostos, com implicância da variação de cargas de trabalho, podem causar grandes variações nas suas capacidades fisiológicas e psicológicas. A aptidão física destes indivíduos torna-se importante para a adaptação ao trabalho e a diminuição do risco de exposição, mas que nem sempre é o suficiente (20).

Assim, a aplicação de métodos de investigação na área da fisiologia, e outras áreas que se completam, dedicadas aos bombeiros, tem vindo a demonstrar resultados de elevada relevância. Através da análise da capacidade aeróbia implicada pela execução das diferentes atividades desenvolvidas por estes indivíduos permite uma melhoria na avaliação da exposição dos mesmos (97). Assim, é avaliada a possibilidade dos diferentes fatores de risco interferirem nos parâmetros fisiológicos, tais como os níveis de lactato, juntamente com a alta intensidade física da sua atividade profissional e a interposição da utilização dos equipamentos de trabalho e de proteção individual, é elevada (141).

1.2. Objetivos

Assim, foi desenvolvida uma metodologia, com base em toda a informação recolhida anteriormente, para uma aplicação futura. O objetivo desta metodologia passa por estudar a relação entre a exposição a agentes químicos asfixiantes resultantes do fumo dos incêndios florestais e as concentrações de lactato, em contexto real de trabalho. Desta forma, a metodologia foi desenvolvida para avaliar e validar, respetivamente, a adequação das concentrações de lactato, não apenas para medições em cenários ocupacionais reais, mas também como um indicador combinado de exercício intenso a temperaturas elevadas e intoxicação por asfixiantes, em particular, o monóxido de carbono.

Para isto, serão desenvolvidas as diferentes atividades:

1. Determinar as concentrações de lactato dos participantes, em ambientes controlados;
2. Aplicar a metodologia para a recolha de dados em situações reais de combate a incêndios florestais.
3. Processar todos os dados e identificar possíveis correlações entre os mesmos;
4. Validar as concentrações de lactato como indicador de sobrecarga fisiológica na frente de fogo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Amostra

A amostra será constituída, exclusivamente, por bombeiros. Serão considerados elementos desta amostra, todos os indivíduos que já têm experiência em incêndios florestais e por elementos que não têm qualquer experiência, e que se encontrem em fase de aprendizagem. Para a avaliação das características sociodemográficas dos indivíduos, um questionário sociodemográfico, baseado em questionários validados, será aplicado. Todos os indivíduos serão entrevistados, de forma a efetuar uma descrição detalhada da atividade em estudo, dos equipamentos de trabalho e de proteção individual a serem utilizados. Para que seja confirmado o historial clínico, e obter informações sobre o estilo de vida dos indivíduos, os mesmos serão consultados por um médico, que responsabilizar-se-á pela seleção criteriosa dos indivíduos saudáveis, que se voluntariem para participar no estudo. Não haverá restrições de sexo nem idade. São excluídos do estudo, os indivíduos que já tiveram histórico de doenças coronárias, diabetes tipo I, ou outras doenças que possam interferir com os resultados do estudo, nomeadamente, doenças metabólicas e músculo-esqueléticas.

No final da caracterização sociodemográfica, devem ser determinados dois grupos de trabalho. Um grupo de controlo (com o mínimo de 30 indivíduos saudáveis), com o desenvolvimento das práticas de trabalho e sem exposição a incêndios florestais. O segundo grupo, designado de grupo de exposição, (com o mínimo de 15 indivíduos saudáveis), com o desenvolvimento das práticas de trabalho, durante a exposição a incêndios florestais.

O protocolo deve ser submetido e aprovado pela Comissão de Ética da Universidade do Porto, para garantir que todos os requisitos relacionados aos aspetos éticos da recolha seguem todas as diretrizes internacionais. Todos os dados relacionados com os dados pessoais e configurações de trabalho serão agrupados e tratados confidencialmente. Os trabalhadores que concordarem em participar no protocolo deverão assinar os formulários de consentimento informado. A participação na pesquisa será voluntária e é garantido o direito de recusar em qualquer etapa do estudo será garantido. Todas as informações estarão de acordo com a lei europeia de proteção de dados e os respetivos documentos normativos portugueses do Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD).

2.2. Contexto de Avaliação

O estudo a ser desenvolvido terá como base a análise em contexto real de trabalho. O protocolo desenvolvido será aplicado em tempo real de trabalho durante cenários de incêndios florestais. Contudo, todos os dados sociodemográficos, para a caracterização da amostra, devem ser recolhidos em laboratório ou no local de trabalho dos indivíduos. Este local deve ser ajustado consoante a disponibilidade dos indivíduos. O ambiente de avaliação, deve ser descrito, detalhadamente, de forma a incluir todas as variáveis que possam ter influência nos resultados obtidos.

2.3. Instrumentação

Os parâmetros a serem avaliados foram subdivididos em dois grupos, nomeadamente:

- **Parâmetros ambientais:** Como parâmetros ambientais serão avaliados a quantidade de CO e asfixiantes químicos libertados pelo fumo do incêndio, bem como a temperatura do ar e a temperatura média radiante.
- **Parâmetros Fisiológicos:** Como parâmetros fisiológicos serão utilizados os níveis de lactato capilar, frequência cardíaca, frequência respiratória e temperatura interna. Por outro lado, será avaliada a subjetividade do esforço dos indivíduos de forma a comparar com os níveis de fadiga medidos através dos parâmetros fisiológicos anteriormente mencionados (142).

Os equipamentos a serem aplicados para a avaliação dos parâmetros fisiológicos e ambientais foram descritos no plano de contingência, presente na Tabela 14.

Tabela 13- Plano de Contingência

			Equipamentos	
	Parâmetro	Objetivo da medição	Opção 1	Opção 2
Fisiológico	Frequência Cardíaca	Avaliar a carga cardiovascular dos indivíduos	Equivital EQ02 Lifemonitor	Actígrafo +Polar
	Frequência Respiratória	Avaliar a Expansão Torácica dos indivíduos	Equivital EQ02 Lifemonitor	-
	Lactato Capilar	Avaliar a indução da fadiga causada pela atividade e pela exposição	Lactato pro 2	Oxímetro
Ambiental	CO	Avaliar a exposição do agente químico durante a atividade	Amostrador pessoal	-
	Asfixiantes químicos	Avaliar a exposição dos diferentes agentes químicos durante a atividade	Amostrador pessoal	-
	Temperatura do Ar	Avaliar os impactos negativos no metabolismo dos indivíduos e possíveis situações de stress térmico	Estação microclimática portátil	Termómetro de dilatação de líquidos (mercúrio, álcool)
	Temperatura Média Radiante		WBGT	Termómetro de Globo

No plano de contingência são explicados os equipamentos a utilizar preferencialmente, bem como os equipamentos que serão utilizados em alternativa. Foram determinadas estas alternativas de forma a evitar acontecimentos como a indisponibilidade de equipamentos, avaria ou inadequabilidade dos mesmos ao procedimento em questão.

Caso sejam detetadas dificuldades inesperadas e que não permitam realizar a avaliação de todos os parâmetros pretendidos, prevalecerá a medição do CO, a temperatura interna e a concentração de lactato capilar. Assim, procura-se correlacionar os resultados a serem obtidos através destes três parâmetros.

2.4. Procedimento

As variáveis a serem avaliadas foram divididas em subjetivas e objetivas. Como variáveis subjetivas, foram numerados os questionários a serem aplicados. Já nas variáveis objetivas foram identificados todos os métodos, de forma contínua ou pontual, tal como pode ser representado na Figura 5. A definição da monitorização de cada variável, encontra-se representada na Tabela 16.

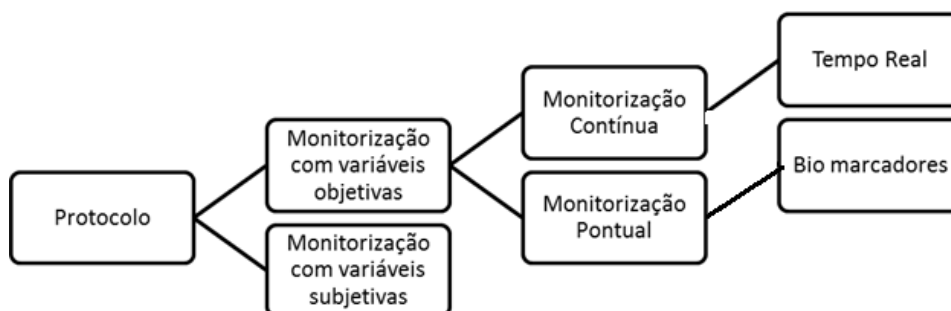


Figura 2- Divisão de variáveis.

Seguindo a prioridade definida no plano de contingência mencionado no ponto anterior, para a medição do lactato capilar será utilizado o equipamento *Lactato Pro 2*, um analisador portátil de lactato sanguíneo validado (37).

A determinação de lactato será feita numa extremidade do corpo, preferencialmente, a ponta do dedo. Esta extremidade deve ser a escolhida, uma vez que, tal como descrito anteriormente, os indivíduos devem encontrar-se a usar uma cógula, como um meio de proteção individual, que ao ser removida para o momento da recolha de lactato, irá colocar o indivíduo em maior exposição ao fumo do incêndio, sendo previsível que esta exposição interferira nos valores obtidos. As zonas

de recolha de lactato têm de ser desinfetadas adequadamente com algodão e álcool removendo sujidade e suor.

A recolha de dados de lactato é feita de forma intervalar. Os intervalos de recolha de dados iniciarão com a medição em repouso e vão ser encurtados, consoante a verificação do aumento da concentração de lactato no sangue dos indivíduos (122). A finalização da recolha de dados de lactato dá-se após a finalização da atividade, para que seja analisada a recuperação do indivíduo, ao 1º, 3, 5º, 7º, 10º, 30º, 60º minutos. A recolha de dados será realizada na primeira hora de exposição na frente de fogo, durante a qual é conhecido por ter a exposição mais crítica e fisicamente intensa, antes da adaptação dos indivíduos. É aconselhável que a recolha se dê no 1º e/ou 2º corda(s) para que as recolhas não interfiram com o trabalho de ataque ao incêndio, nem coloque a equipa de trabalho em risco. Contudo, realça-se que esta posição deve ser rotativa entre os indivíduos, para que seja possível avaliar todos os indivíduos.

As frequências cardíacas e respiratórias são medidas continuamente durante a execução da atividade do indivíduo. Estes parâmetros vão ser medidos através do *Equivital EQ02 Lifemonitor*. Esta é realizada através da colocação de um colete no tronco dos indivíduos, mantendo-se próximo da pele e encostado ao lado esquerdo do esterno (143–145). É pretendido iniciar as medições com avaliação da FC basal de cada participante, para a verificação da variabilidade da FC após a exposição. Para a FC basal, é aconselhado que o indivíduo se encontre, no mínimo, 20 minutos, na posição anatómica decúbita dorsal (supina), de forma a estabilizar a FC e recolher dados da mesma em repouso, num período mínimo de 10 minutos.

Ao longo do protocolo, as classificações de esforço percebido também serão recolhidas usando a Escala de *Borg* modificada, no início e no final de cada exposição. A representatividade desta escala encontra-se presente na Tabela 15.

Tabela 14- Representatividade da Escala de Borg

Score	Expressão Verbal	Assinale com um (X)
0	Não existe esforço	
0.3		
0.5	Esforço extremamente ligeiro (quase impercetível)	
0.7		
1	Esforço muito ligeiro	
1.5		
2	Esforço ligeiro	
2.5		
3	Esforço moderado	
4		
5	Esforço intenso	
6		
7	Esforço muito intenso	
8		
9		
10	Esforço extremamente intenso (máximo)	
11		
•	Esforço “extremo”	

Relativamente aos parâmetros ambientais, estes vão ser medidos de forma contínua com a estação microclimática portátil de *Wet-Bulb Globe Temperature* (WBGT).

Tabela 15- Definição das Variáveis de Avaliação

Monitorização com Variáveis Objetivas		
	Monitorização Contínua	Monitorização Pontual
Parâmetros fisiológicos		
Frequência Cardíaca	x	
Lactato Capilar		x
Frequência Respiratória	x	
Temperatura Interna	x	
Parâmetros Ambientais		
CO	x	
Asfixiantes químicos	x	
Temperatura do Ar	x	
Temperatura Média Radiante	x	
Monitorização com Variáveis Subjetivas		
Questionário Sociodemográfico		x
Escala de Borg		x

Todas as variáveis fisiológicas devem ser medidas, no mínimo de três vezes, em cada indivíduo. Sempre que se verificar a possibilidade de aumentar o número de medições, estas devem ser feitas para um melhor tratamento estatístico dos resultados que, vão permitir avaliar de forma mais precisa as oscilações existentes. É necessário que, sempre que as medidas fisiológicas estejam a ser recolhidas, as medidas ambientais as acompanhem, de forma a avaliar a correlação entre ambos os parâmetros e a caracterização da exposição ocupacional dos indivíduos, no momento da avaliação.

2.5. Tratamento de resultados

Todos os resultados serão trabalhados através do software R e pacotes R em algoritmos python. O objetivo é identificar a associação potencial usando técnicas de *Odds Ratio* (OR) e, quando não adequado, incluir dados de correlação entre variáveis.

Todos os dados serão processados ao mesmo tempo para realizar correlações. Se os resultados do cluster recuperarem uma compreensão abrangente da variação da concentração de lactato sanguíneo e suas causas, serão desenvolvidos modelos preditivos para categorizar os níveis de risco de saúde e grupo de risco (baixo, intenso e máximo). A partir da análise de registos de lactato e alterações fisiológicas, espera-se criar um índice “padrão” de exposições múltiplas para validar as conclusões dos algoritmos (*Physiological decision support algorithm*).

2.6. Resultados Esperados

O contexto da atividade realizada pelos Bombeiros é dependente de diferentes fatores que podem ter impactos na prestação dos serviços destes indivíduos. Para além disto, são contextos de trabalho que precisam de alguma atenção por parte dos investigadores na área da segurança e saúde do trabalho, uma vez que a mesma ainda não é aplicada na íntegra neste setor.

Neste trabalho espera-se observar um grande trabalho muscular, maioritariamente, de pequenos grupos musculares (membros superiores) e dos músculos dos membros inferiores. Na utilização de pequenos grupos musculares, é expectável observar-se um aumento da frequência cardíaca, uma vez que é necessário maior impulso de fluxo sanguíneo para estes músculos, onde há transporte de nutrientes e oxigénio (5). Dado que a FC pode ser utilizada como um índice de exposição ao calor (6), e o facto da atividade a ser observada implicar a exposição a ambientes quentes causados pelos equipamentos utilizados na tarefa e pelas condições de trabalho (incêndio florestal), é expectável que a carga cardiovascular tenha um grande aumento, tal como a frequência respiratória (37).

Por outro lado, o aumento da FR aumenta a inalação de CO, causando alterações no estado de fadiga dos indivíduos (31). A avaliação dos níveis de lactato permite analisar a fadiga muscular e o declínio até à exaustão dos indivíduos (36). Com a avaliação dos diferentes parâmetros ambientais, nomeadamente, com o CO, é possível determinar a correlação e associar a indução da fadiga através da exposição a este agente químico. É através desta relação que perceber-se-á quando é que os indivíduos entram em rotura e os impactos negativos na saúde que os mesmos podem ter, a longo prazo (31,146). Contudo, espera-se que a indução da fadiga também esteja relacionada com os parâmetros ambientais como a temperatura do ar e a temperatura média radiante, dado que a alteração das mesmas podem induzir o *stress* térmico nos indivíduos (6).

Assim, é esperado que este estudo constitua um marco na ajuda ao desenvolvimento de ferramentas que permitam a melhoria nas condições de trabalho dos bombeiros. Apesar de ser uma área ainda pouco desenvolvida em Portugal, já são conhecidos estudos em diferentes países que podem contribuir para metodologias de análise mais pormenorizadas (19,32,147,148).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos gerais desta investigação foram cumpridos na sua totalidade. Com a elaboração do presente trabalho, verificou-se que a principal função de cada elemento de uma equipa de intervenção não se encontra regulamentada. Esta informação apenas se encontra nos livros de apoio à formação do bombeiro. Este facto pode influenciar a descrição detalhada da atividade. Importa referir que, podia ter sido alargada a estratégia de pesquisa, de forma a minimizar os riscos de viés. Desta forma, sugere-se que sejam feitas novas conjugações de palavras-chaves e em mais bases científicas, centrando a pesquisa, se possível, em bombeiros.

Apesar disto, este trabalho permitiu aprofundar o conhecimento relativo ao lactato capilar e sua relação com as diferentes variáveis. Foi possível, também, elaborar uma futura metodologia para avaliar os bombeiros na frente de fogo. Através de todo o conhecimento retirado das referências bibliográficas conclui-se que a concentração de lactato capilar reage a diferentes circunstâncias de exposição profissional. Estas alterações podem condicionar as respostas metabólicas dos indivíduos, influenciando o nível de risco da sua atividade. Assim, justifica-se a necessidade de um estudo que a relacione com circunstâncias adversas de exposição e permita encontrar um valor limite de exposição que garanta a segurança dos profissionais.

Importa salientar que, a metodologia elaborada deve sofrer as alterações necessárias de forma a ser aplicável no contexto real de avaliação. Deve ter-se em conta o plano de contingência elaborado com alternativas. Quando não for possível a avaliação de todos os parâmetros, deve prevalecer, sempre, a medição do lactato e dos contaminantes químicos, acompanhados de uma boa descrição do ambiente de avaliação.

Acima de tudo, foi uma investigação dedicada aos homens e mulheres que empenham a vida deles a salvar a vida de quem precisa. Foi uma investigação que procura a melhoria da qualidade de vida destes profissionais, bem como a segurança nos seus locais de trabalho. Permitiu dar valor ao grande lema “*Vida por Vida*”, onde tudo passou a fazer mais sentido.

3.1. Limitações

Algumas das dificuldades a serem encontradas podem determinar a adaptação da metodologia adotada inicialmente e os objetivos definidos. Neste âmbito, é esperado que os resultados a serem obtidos na Escala de *Borg*, não correspondam ao nível de esforço exigido pelas tarefas que são avaliadas, dado que os indivíduos não tenham percepção do esforço a que estão sujeitos e sofram uma adaptação significativa à tarefa que estão a desenvolver após um logo período de exposição.

Um outro aspeto a ter em conta é a rotatividade de equipas definidas pelas corporações de bombeiros que podem potenciar a dificuldade de monitorizar o mesmo indivíduo mais do que uma vez nas condições a que se encontram expostos. Esta rotatividade vai depender das equipas destacadas para as ocorrências e pelos períodos de descanso destas equipas. Para além disto, importa salientar que os indivíduos participam no presente estudo de forma livre e voluntária, podendo desistir do mesmo quando e se quiserem. Este facto pode ter como consequência a quebra do número da amostra.

Os resultados deste estudo serão tratados em grupo e não individualmente, podendo haver influências da suscetibilidade dos indivíduos que não será tida em conta para a análise dos resultados. Por fim, a maior dificuldade que poderá ser sentida é a escassez de tempo para a realização de mais testes, de forma a ter acesso a mais resultados que poderão ser úteis para atingir os objetivos definidos.

Para além disto, considera-se necessário realizar revisões adicionais, de forma a comprovar a relação entre o nível de intoxicação por CO através da concentração de lactato. Ainda assim, a exposição a ambientes térmicos extremos também carece de mais revisões e da sua relação com as alterações provocadas na concentração de lactato.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Nacional R, Portugueses B, Unidos E, Secret P, Nacional A. Ministério da administração interna. 2012;6678–89.
2. Lourenço L, Serra G, Mota L, Paúl JJ, Parola J, Reis J. Manual de Combate a Incêndios Florestais para Equipas de Primeira Intervenção. 2006. 209 p.
3. Beneke R, Leithäuser RM, Ochentel O. Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *Int J Sports Physiol Perform* [Internet]. 2011;6(1):8–24. Available from: http://journals.humankinetics.com/AfcStyle/DocumentDownload.cfm?DType=DocumentItem&Document=03IJSP_E3618_Beneke_2010_0153.pdf%5Cnhttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed10&NEWS=N&AN=21487146
4. Fox SI. Human Physiology. Twelfth Ed. 2011.
5. Powers S k. ., Howley ET. Fisiologia do Exercício. 5ª. 2004.
6. Miguel AS. Manual de Higiene e Segurança do Trabalho. 13º. Porto Editora, editor. 2014.
7. CUF. Fadiga [Internet]. 2019 [cited 2019 Dec 15]. Available from: <https://www.saudecuf.pt/mais-saude/doencas-a-z/fadiga>
8. Miguel AS. Manual de Higiene e Segurança do Trabalho. 13ª. Porto Editora, editor. 2014. 241–399 p.
9. Castro CF De, Abrantes JMB. Combate a Incêndios Urbanos e Industriais. Vol. X. 2005. 1–86 p.
10. Carvalho JB de, Lopes JP. Classificação de Incêndios Florestais - Manual do Utilizador. 2001. 34 p.
11. Civil A de P. Incêndios Florestais. 2010.
12. Shi Y, Shi H, Nieman DC, Hu Q, Yang L, Liu T, et al. Lactic acid accumulation during exhaustive exercise impairs release of neutrophil extracellular traps in mice. *Front Physiol*. 2019;10(JUN).
13. CDC. CARBON MONOXIDE [Internet]. 2018 [cited 2019 Dec 20]. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/co-comp/>
14. Baptista N. Manual de Primeiros Socorros [Internet]. 2008. 186 p. Available from: http://chtmad.com/docs_download%5Cmanual_primeiros_socorros.pdf
15. INEM. Manual de Suporte Básico de Vida. 2017.
16. INEM. Sistema integrado de emergência médica. 2013.
17. Almeida A, Santos M. Principais riscos e fatores de risco ocupacionais associados aos bombeiros, eventuais doenças profissionais e medidas de proteção recomendadas [Internet]. 2016 [cited 2018 Feb 1]. Available from: <http://www.rpso.pt/principais-riscos-e-fatores-de-risco-ocupacionais-associados-aos-bombeiros-eventuais-doencas-profissionais-e-medidas-de-protecao-recomendadas/>
18. Bolstad- DM, Burgess JL. Characterization of Firefighter. 2000;641(October):636–41.
19. Dennison KJ, Mullineaux DR, Yates JW, Abel MG. The effect of fatigue and training status on firefighter performance. *J Strength Cond Res*. 2012;26(4):1101–9.
20. Perroni F, Guidetti L, Cignitti L, Baldari C. Psychophysiological Responses of Firefighters to Emergencies: A Review. *Open Sports Sci J* [Internet]. 2014;7(1):8–15. Available from:

<http://benthamopen.com/ABSTRACT/TOSSJ-7-8>

21. Hyde, Beighley M, C. A. Portugal Wildfire Management in a New Era Assessing Fire Risks, Resources and Reforms [Internet]. 2018. Available from: http://www.isa.ulisboa.pt/files/cef/pub/articles/2018-04/2018_Portugal_Wildfire_Management_in_a_New_Era_English.pdf
22. Viegas DX. Cercados pelo Fogo em Armamar. ADAI, editor. 2013.
23. Viegas DX. Cercados pelo Fogo em Águeda. ADAI, editor. 2017.
24. Rocha D. Os Grandes Incêndios Florestais e os Acidentes Mortais Ocorridos em 2013 – Parte 1 [Internet]. 2013 [cited 2019 Dec 15]. Available from: <https://www.bombeiros.pt/noticias/ograndes-incendios-florestais-e-os-acidentes-mortais-ocorridos-em-2013-parte-1.html/>
25. Assembleia da República. Relatório- Análise e apuramento dos factos relativos aos incêndios que ocorreram em Pedrogão Grande, Castanheira da Pera, Ansião, Alvaiázere, Figueiró dos Vinhos, Arganil, Góis, Penela, Pampilhosa da Serra, Oleiros e Sertã, entre 17 e 24 de Junho de 2017. 2017.
26. Kiviat NB, Holmes KK, Ph D, Koutsky LA, Ph D. Emergency Duties and Deaths from Heart Disease among Firefighters in the United States. 2016;2645–54.
27. Banes CJ. Firefighters’ cardiovascular risk behaviors. Workplace Health Safety. Work Heal Saf. 2014;
28. Durand, G., Tsismenakis, A. J., Jahnke, S. A., Baur, D. M., Christophi, C. A., & Kales SN. Firefighters’ physical activity: Relation to fitness and cardiovascular disease risk. Med Sci Sport Exerc. 2011;
29. Soteriades, E. S., Smith, D. L., Tsismenakis, A. J., Baur, D. M., & Kales SN. Cardiovascular disease in US firefighters: A systematic review. Cardiol Rev. 2011;
30. Yoo, H. L., & Franke WD. Prevalence of cardiovascular disease risk factors in volunteer firefighters. J Occup Environ Med. 2009;
31. NIOSH. 54-Year-Old Firefighter Suffers Carbon Monoxide Toxicity and Cardiac Event During Overhaul—Massachusetts. 2019;
32. Huang CJ, Webb HE, Garten RS, Kamimori GH, Evans RK, Acevedo EO. Stress hormones and immunological responses to a dual challenge in professional firefighters. Int J Psychophysiol. 2010;75(3):312–8.
33. 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.
34. Collin A, Marchand A, Kadi A, Acem Z, Boulet P, Pageaux J, et al. Study on visible-IR radiative properties of personal protective clothings for firefighting. Fire Saf J [Internet]. 2015;71:9–19. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2014.11.006>
35. CDC. Appendix G: 1989 Air Contaminants Update Project - Exposure Limits NOT in Effect [Internet]. 2018 [cited 2019 Dec 20]. Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/nengapdxg.html>
36. Tsukamoto H, Suga T, Takenaka S, Tanaka D, Takeuchi T, Hamaoka T, et al. Repeated high-intensity interval exercise shortens the positive effect on executive function during post-exercise recovery in healthy young males. Physiol Behav [Internet]. 2016;160:26–34. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.03.029>
37. 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 Apr;40(4):500–10.
38. Proia P, di Liegro CM, Schiera G, Fricano A, Di Liegro I. Lactate as a metabolite and a regulator in the central nervous system. *Int J Mol Sci*. 2016;17(9).
39. Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate Threshold Concepts. *Sport Med*. 2009;39(6):469–90.
40. Jacobs I. Blood Lactate. *Sport Med*. 1986;3(1):10–25.
41. Bal E, Arslan O, Tavacioglu L. Prioritization of the causal factors of fatigue in seafarers and measurement of fatigue with the application of the Lactate Test. *Saf Sci [Internet]*. 2015;72:46–54. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.003>
42. Fasching P, Rinnerhofer S, Wultsch G, Tschakert G, Hofmann P, von Duvillard S. First Lactate Turn Point: A Limiting Factor For Heavy Occupational Work. *Med Sci Sport Exerc*. 2014;46(December):707.
43. Assembleia da República. Lei nº 3/2014 de 28 de Janeiro [Internet]. 2014 [cited 2018 Jun 24]. Available from: http://cite.gov.pt/asstscite/downloads/legislacao/Lei_3_2014_alt_L42_2012_DR20_2014_DL88_2015_L146_2015_L28_2016.pdf
44. Ministério da Administração Interna. Decreto-Lei 45/2019. Diário da Repub nº64/2019, Série I. 2019;1798–808.
45. Ministério da Administração Interna. Portaria 845/2008. Diário da Repub nº 155/2008, Série I. 2008;54645489.
46. Ministério da Administração Interna. Despacho 9921/2015. Diário da Repub nº 170/2015. 2015;25237–43.
47. Ministério da Administração Interna. /Despacho n.º 11787/2015. Diário da Repub nº 206/2015, Série II. 2015;30422–9.
48. Presidência do conselho de ministros e Ministérios das Finanças e da Administração Interna. Despacho n.º 7944/2015. Diário da Repub nº 139/2015, Série II. 2015;19400–6.
49. Ministério da Administração Interna. Despacho n.º 3974/2013. Diário da Repub nº 53/2013, Série II. 2013;9522–72.
50. Administração Interna - Autoridade Nacional de Proteção Civil. Despacho n.º 7316/2016. Diário da República nº 107/2016. 2016;II:17548–603.
51. Saúde M da AI e da. Portaria 260/2014. Diário da nº 241/2014. 2014;(Série I):6084–95.
52. Valente M, Catarino R, Ribeiro H. INEM - Emergências Trauma. Manual TAS. 2012. 1–88 p.
53. Brunacini A V. Fire Command. NFPA. 1985.
54. INEM. Manual do Tripulante de Emergência Médica (TAT). 1ª. Escola Nacional de Bombeiros, editor. 2003.
55. INEM. EMERGÊNCIAS MÉDICAS - Manual TAS. 1ª. 2012.
56. SEGANOSA - Centro de Formación en Emergencias. Curso Superior de Lucha Contra Incendios. 2020.
57. INEM. O TRIPULANTE DE AMBULÂNCIA - Manual TAT. 1ª. 2012.
58. Gomes A. Manual de Comando Operacional. Bombeiros EN de, editor. 2002.

59. Santos C, Fernandes VH. Matérias Perigosas. Escola Nacional de Bombeiros, editor. Vol. IX. 2005.
60. Autoridade Nacional de Proteção Civil. Manual de Intervenção em Emergências com Matérias Perigosas Químicas, Biológicas e Radiológicas. 2011.
61. Oliveira EL de. Salvamento e Desencarceramento. Escola Nacional de Bombeiros, editor. 2009.
62. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Localizar e conferir os equipamentos da carga dos veículos do corpo de bombeiros Tipologia. 2017.
63. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Envergar o equipamento de proteção individual (EPI) Tipologia. 2017.
64. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Montagem de motobomba para aspiração Tipologia. 2017.
65. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de manobra - Montagem de chupadores em bomba de serviço de incêndio de veículo Tipologia. 2017.
66. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Montagem de eletrobomba 20. 2017.
67. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Montagem de motobomba flutuante 20. 2017;2-3.
68. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Montagem de bomba hidráulica 20. 2017;2-4.
69. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Manobra com escada de ganchos 60. 2017.
70. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Embarcar/desembarcar em segurança nos veículos Tipologia. 2017;4-7.
71. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Limpeza e conservação dos equipamentos dos veículos Tipologia. 2017.
72. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Progredir, com ARICA, em passagens estreitas Tipologia. 2017.
73. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Manobra com escada extensível 45. 2017.
74. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Colocação e utilização do aparelho respira- tório isolante de circuito aberto (ARICA) Tipologia. 2017.
75. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Manobra com meios elevatórios 60. 2017.
76. Escola Nacional de Bombeiros. Nós e ligações 60. 2017.
77. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Progredir no interior de estruturas 60. 2017.
78. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Estabelecimento de linhas de mangueira flexível Tipologia. 2017.
79. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Utilização do carretel de intervenção rápida Tipologia. 2017;9-11.
80. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Utilização do carretel com linha de mangueira flexível DN25 Tipologia. 2017.

81. Escola Nacional de Bombeiros. Fichas de Manobra - Montagem de monitor amovível 90. 2017.
82. Escola Nacional de Bombeiros. Fichas de Manobra - Estabelecimento de linhas de espuma de baixa e de média expansão Tipologia. 2017.
83. Escola Nacional de Bombeiros. Ficha de Manobra - Montagem do gerador de espuma de alta expansão Tipologia. 2017.
84. Baxter CS, Ross CS, Lockey JE. Characterization of Firefighter Smoke Exposure. 2014;993–1019.
85. Miranda AI, Martins V, Cascão P, Amorim JH, Valente J. Monitoring fire-fighters ' smoke exposure and related health effects during Gestosa experimental fires. 2010;137(2):83–94.
86. Witt M, Goniewicz M, Pawłowski W, Goniewicz K. Analysis of the impact of harmful factors in the workplace on functioning of the respiratory system of firefighters. 2017;24(3):406–10.
87. Materna BL, Koshland CP, Harrison RJ, Materna BL, Koshland CP, Harrison RJ. Carbon Monoxide Exposure in Wildland Firefighting : A Comparison of Monitoring Methods Carbon Monoxide Exposure in Wildland Firefighting : A Comparison of Monitoring Methods. 2011;0898.
88. Jacquin L, Michelet P, Brocq F-X, Houel J-G, Truchet X, Auffray J-P, et al. Short-Term Spirometric Changes in Wildland Firefighters. 2011;825(July):819–25.
89. Waldman JM, Gavin Q, Anderson M, Hoover S, Alvaran J, Sai H, et al. Exposures to environmental phenols in Southern California firefighters and findings of elevated urinary benzophenone-3 levels. Environ Int. 2016;88:281–7.
90. Cuddy JS, Slivka DR, Tucker TJ, Hailes WS, Ruby BC. Glycogen Levels in Wildland Firefighters During Wildfire Suppression. WEM. 2011;22(1):23–7.
91. Oliveira M, Costa S, Vaz J, Fernandes A, Slezakova K, Delerue-matos C, et al. Firefighters exposure to fire emissions : Impact on levels of biomarkers of exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and genotoxic / oxidative- e ffects. 2019;383(March 2019).
92. Helena M, Andersen G, Saber AT, Pedersen PB, Loft S, Hansen ÅM, et al. Cardiovascular health effects following exposure of human volunteers during fire extinction exercises. 2017;1–9.
93. Shia RM, Mcintire LK, Hagen JA, Goodyear CD, Dykstra N, Myers AR. Biomarker and Biometric Indices of Physical Exhaustion in the Firefighting Community. Procedia Manuf. 2015;3(Ahfe):5081–7.
94. Rodrigues S, Paiva JS, Dias D, Cunha JPS. Stress among on-duty firefighters : an ambulatory assessment study. 2018;1–19.
95. Vincent GE, Ridgers ND, Ferguson SA, Aisbett B, Vincent GE, Ridgers ND, et al. Associations between firefighters ' physical activity across multiple shifts of wildfire suppression. Ergonomics. 2016;0139:1–8.
96. McGillis Z, Dorman SC, Robertson A, Larivie M, Leduc C, Eger T, et al. Sleep Quantity and Quality of Ontario Wildland Firefighters Across a Low-Hazard Fire Season. 2017;0:1188–96.
97. Foxdal P, Sjödin A, Östman B, Sjödin B. The effect of different blood sampling sites and analyses on the relationship~ between exercise intensity and 4.0 mmol ·1- blood lactate concentration. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1991;63(1):52–4.

98. Campos Y, Guimaraes MP, Gammon FP, Leandro H, Souza R De. Relationship between the Anaerobic Threshold Identified Through Blood Lactate between the Discontinuous and Resisted Dynamic Exercises in Long Distance Runners. 2017;(February).
99. Brooks GA. The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory. *Cell Metab* [Internet]. 2018;27(4):757–85. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cmet.2018.03.008>
100. Billat LV. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. *Sport Med*. 1996;22(3):157–75.
101. Shamseer L, Moher D, Clarke M, Gherzi D, Liberati A, Petticrew M, Shekelle P SL. PRISMA-P (Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analysis Protocols) 2015 checklist : recommended items to address in a systematic review protocol *. 2015;
102. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions : Explanation and Elaboration. 2009;6(7).
103. Julian E, Higgins PT, Altman DG, Ac J. Chapter 8 : Assessing risk of bias in included studies. 2017. 1–73 p.
104. Ceylan HI, Saygin O, Goral K. An Analysis on the Acute Effects of Blood Lactate Level and the Exercises Performed with Different Loading-Intensity on the Performance of Hand-Eye Coordination An Analysis on the Acute Effects of Blood Lactate Level and the Exercises Performed with Diffe. 2017;(October 2016).
105. Maté-muñoz JL, Domínguez R, Barba M, Monroy AJ, Ruiz-solano P, Garnacho-castaño M V. Cardiorespiratory and Metabolic Responses to Loaded Half Squat Exercise Executed at an Intensity Corresponding to the Lactate Threshold. 2015;(August):648–56.
106. Dragonea P, Zacharakis E, Kounalakis S, Bolatoglou T, Apostolidis N. Determination of the exercise intensity corresponding with maximal lactate steady state in high-level basketball players. *Res Sport Med*. 2018;27(1):112–20.
107. Mora-custodio R, Rodríguez-rosell D, Yáñez-garcía JM, Sánchez-moreno M, Pareja-blanco F, González- JJ, et al. Effect of different inter-repetition rest intervals across four load intensities on velocity loss and blood lactate concentration during full squat exercise velocity loss and blood lactate concentration during full squat exercise. *J Sports Sci*. 2018;00(00):1–9.
108. Michalik K, Korta K, Danek N, Smolarek M. Influence of Intensity RAMP Incremental Test on Peak Power , Post-Exercise Blood Lactate , and Heart Rate Recovery in Males : Cross-Over Study. 2019;1–8.
109. Zinoubi AB, Zbidi S, Vandewalle H, Chamari K, Driss T. Relationships between rating of perceived exertion , heart rate and blood lactate during continuous and alternated-intensity cycling exercises. 2018;29–37.
110. SILVA JB DA, LIMA VP, DE JBP, CASTRO, PAZ GA, NOVAES JDS, et al. Analysis of myoelectric activity , blood lactate concentration and time under tension in repetitions maximum in the squat exercise tension in repetitions maximum in the squat exercise. *J Phys Educ Sport*. 2018;2478–85.
111. Raleigh C, Donne B, Fleming N. Association between different Non-Invasively Derived Thresholds with Lactate Threshold during graded incremental exercise. *Int Jounrl Exerc Sci*. 2018;11(4):391–403.
112. Mate JL, Lougedo JH, Barba M, Garcı P. Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. 2017;1–17.

113. Prichard J, Ansley L, Howatson G. The Influence of Blood Lactate Sample Site on Exercise Prescription. *J of Strength Cond Res.* 2012;
114. Manuel N, Sousa F De, Magosso RF, Pereira GB, Leite RD. The measurement of lactate threshold in resistance exercise : a comparison of methods. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2011;376–81.
115. Lucas RD De, Souza KM De, Guilherme L, Guglielmo A. Maximal lactate steady-state and anaerobic thresholds from different methods in cyclists Maximal lactate steady-state and anaerobic thresholds from different methods in cyclists. *Eur J Sport Sci.* 2012;161–7.
116. Leti T, Mendelson M, Laplaud D, Flore P. Prediction of maximal lactate steady state in runners with an incremental test on the field. *J Sports Sci.* 2012;609–16.
117. Machado; FA, Kravchychyn; ACP, Peserico; CS, Silva; DF da, Mezzaroba P V. Effect of stage duration on maximal heart rate and post-exercise blood lactate concentration during incremental treadmill tests. *J Sci Med Sport.* 2013;276–80.
118. Danek N, Smolarek M, Michalik K, Zatoń M. Comparison of acute responses to two different cycling sprint interval exercise protocols with different recovery durations. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(3).
119. Ramos-Campo DJ, Ávila-Gandía V, López-Román FJ, Miñarro J, Contreras C, Soto-Méndez F, et al. Supplementation of re-esterified docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids reduce inflammatory and muscle damage markers after exercise in endurance athletes: A randomized, controlled crossover trial. *Nutrients.* 2020;12(3):1–17.
120. McLennan J, Birch A. A potential crisis in wildfire emergency response capability? Australia's volunteer firefighters. *Environ Hazards.* 2005;6(2):101–7.
121. Raff H, Levitzky M. *A Systems Approach.* 2011.
122. LAKTATE. Lactate Analyser LACTATE PRO 2. 2019.
123. Zeni AI, Hoffman MD, Clifford PS. Relationships among heart rate, lactate concentration, and perceived effort for different types of rhythmic exercise in women. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(3):237–41.
124. Prati G, Pietrantonio L, Saccinto E, Kehl D, Knuth D, Schmidt S. Risk perception of different emergencies in a sample of European firefighters. *Work.* 2013;45(1):87–96.
125. ACSS. VALORES LABORATORIAIS DE REFERÊNCIA (ADULTOS). 2020;1–2.
126. CDC. PHYSIOLOGIC RESPONSES AND LONG-TERM ADAPTATIONS TO EXERCISE. 2018; Available from: <https://www.cdc.gov/nccdphp/sgr/pdf/chap3.pdf>
127. Hurley BENF, Seals R, Young JC. Effect of training on blood lactate during submaximal exercise levels. *Am Physiol Soc.* 2018;
128. Costa P, Simão R, Perez A, Gama M, Lanchtermacher R, Musialowski R, et al. A Randomized Controlled Trial Investigating the Effects of Undulatory , Staggered , and Linear Load Manipulations in Aerobic Training on Oxygen Supply , Muscle Injury , and Metabolism in Male Recreational Runners. *Sport Med.* 2019;
129. Fritzsche RG, Switzer TW, Hodgkinson BJ, Coyle EF. Stroke volume decline during prolonged exercise is influenced by the increase in heart rate. *J Appl Physiol.* 1999 Mar;86(3):799–805.
130. MCGEHEE JC, TANNER CJ, HOUMARD JA. A COMPARISON OF METHODS FOR ESTIMATING THE LACTATE THRESHOLD. *J Strength Cond Res.* 2005;19(3):553–8.
131. Albesa-Albiol L, Serra-Paya N, Garnacho-Castaño MA, Cano LG, Castaño EPCJLM-

- MMVG-. Ventilatory efficiency during constant-load test at lactate threshold intensity : Endurance versus resistance exercises. 2019;1–18.
132. Weavil JC, Hureau TJ, Thurston TS, Sidhu SK, Garten RS, Nelson AD, et al. Impact of age on the development of fatigue during large and small muscle mass exercise. *Am Physiol Soc.* 2018;(July).
133. Reaburn PR, Mackinnon LT. Blood lactate responses in older swimmers during active and passive recovery following maximal sprint swimming. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1990;61(3–4):246–50.
134. Benito PJ, Nchez MA-S, Díaz V, Morencos E, Peinado AB, Cupeiro R, et al. Cardiovascular Fitness and Energy Expenditure Response during a Combined Aerobic and Circuit Weight Training Protocol. 2016;1–14.
135. Rok S, Min J, Yu C, Kwon T. Effect of whole body vibration on lactate level recovery and heart rate recovery in rest after intense exercise. *Technol Heal Care.* 2017;25:115–23.
136. Doğan N, Savrun A, Levent S, Günaydin GP, Çelik GK, Akkçük H, et al. Can initial lactate levels predict the severity of unintentional carbon monoxide poisoning? *Hum Exp Toxicol.* 2015;34(3):324–9.
137. Choi JH, Shin JH, Lee MY, Chung IS. Pulmonary function decline in firefighters and non-firefighters in South Korea. *Ann Occup Environ Med.* 2014;26(1):1–7.
138. Chou C-M, Umezaki S, Son S-Y, Tochihara Y. Effects of Wearing Trousers or Shorts under Firefighting Protective Clothing on Physiological and Subjective Responses. Vol. 12, *Journal of the Human-Environment System.* 2009. 63–71 p.
139. Dias J de A. Nos últimos 40 anos morreram 229 bombeiros em serviço. *Observador.* 2020;
140. Lima RF. A carga de trabalho no combate aos incêndios florestais : Um modelo de horário de trabalho e papel do. 2014;
141. Teixeira T, Guedes J, Santos J. Resposta Fisiológica e Atenção Seletiva em Bombeiros Recrutados: Estudo-Piloto. In: *International symposium on occupational safety and hygiene: proceedings book of the SHO2019.* 2019. p. 188–90.
142. Centers for Disease Control and Prevention. Perceived Exertion (Borg Rating of Perceived Exertion Scale) [Internet]. Department of Health & Human Services. 2015 [cited 2018 Mar 31]. Available from: <https://www.cdc.gov/physicalactivity/basics/measuring/exertion.htm>
143. Akintola AA, van de Pol V, Bimmel D, Maan AC, van Heemst D. Comparative analysis of the equivital EQ02 lifemonitor with holter ambulatory ECG device for continuous measurement of ECG, heart rate, and heart rate variability: A validation study for precision and accuracy. *Front Physiol.* 2016;7(SEP):1–14.
144. Tharion WJ, Buller MJ, Clements CM, Dominguez MD, Sampsonis MC, Mullen SP, et al. Human Factors Evaluation of the Hidalgo Equivital™ Eq-02. 2013.
145. Santos, J. et al. The influence of task design on upper limb muscles fatigue during low-load repetitive work: A systematic review. *Int J Ind Ergon.* 2016;78–91.
146. Savrun A, Levent S, Akku H. Can initial lactate levels predict the severity of unintentional carbon monoxide poisoning ? 2014;
147. Cha M, Han S, Lee J, Choi B. A virtual reality based fire training simulator integrated with fire dynamics data. *Fire Saf J* [Internet]. 2012;50:12–24. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2012.01.004>
148. Kales SN, Soteriades ES, Christoudias SG, Christiani DC. *Environmental Health : A Global*

Firefighters and on-duty deaths from coronary heart disease : a case control study. 2003;13:1–14.

