



## **ACADEMIA MILITAR**

### **Exigências Metabólicas do Equipamento Individual no Desempenho Físico em Ambiente Urbano**

**Autor: Aspirante de Infantaria João Monteiro Martins de Almeida**

**Orientador: Tenente-Coronel de Cavalaria Rui Jorge Palhoto Lucena**

**Coorientadores: Professora Doutora Paula Cristina Pires Simões**

**Capitão de Artilharia Cristiano Fonseca de Almeida**

**Mestrado Integrado em Ciências Militares na Especialidade de Infantaria**

**Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada**

**Lisboa, maio de 2023**



## **ACADEMIA MILITAR**

### **Exigências Metabólicas do Equipamento Individual no Desempenho Físico em Ambiente Urbano**

**Autor: Aspirante de Infantaria João Monteiro Martins de Almeida**

**Orientador: Tenente-Coronel de Cavalaria Rui Jorge Palhoto Lucena**

**Coorientadores: Professora Doutora Paula Cristina Pires Simões**

**Capitão de Artilharia Cristiano Fonseca de Almeida**

**Mestrado Integrado em Ciências Militares na Especialidade de Infantaria**

**Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada**

**Lisboa, maio de 2023**

## EPÍGRAFE

*"You are in danger of living a life so comfortable and soft that  
you will die without ever realizing your true potential."*

David Goggins

## DEDICATÓRIA

A todos aqueles que, de forma corajosa,  
partilharam os piores momentos comigo.  
Mas, principalmente, aos meus irmãos do  
curso de Infantaria e à minha namorada.

Obrigado.

## AGRADECIMENTOS

O Trabalho de Investigação Aplicada representa o culminar de cinco anos de trabalho e dedicação à Academia Militar, ao Exército Português e, naturalmente e acima de tudo, à Pátria. É um trabalho individual que exige rigor, disciplina e bastante dedicação. Porém, sem os demais apoios e incentivos com que contei ao longo destes meses, a conclusão desta etapa seria impossível.

Ao meu orientador, Tenente-Coronel Rui Jorge Palhoto Lucena por toda a sua disponibilidade, boa disposição, transmissão de conhecimentos e disponibilização de materiais e recursos humanos, sem os quais não conseguiria desenvolver este trabalho.

Ao meu coorientador Capitão Cristiano Fonseca Almeida pelo seu contacto mais próximo, paciência, compreensão e disponibilidade, fundamental no desenvolvimento de todo o trabalho.

À minha coorientadora, Professora Doutora Paula Cristina Pires Simões pela disponibilidade e incansável apoio, no âmbito da estatística e do tratamento de dados em IBM SPSS *Statistics* 28.

Ao Regimento de Comandos que, mesmo encontrando-se na fase final do aprontamento para a 13ª Força Nacional Destacada para República Centro Africana, disponibilizaram uma das suas equipas para a realização do trabalho experimental. A esta mesma equipa o meu sincero obrigado por todo o esforço e disponibilidade.

A todo o Curso General Pedro Francisco Massano de Amorim, e, em especial, aos meus irmãos de Infantaria, por todas as memórias, experiências, dificuldades e amizades que partilhamos ao longo destes cinco anos. Marcaram-me profundamente. Nunca serão esquecidos.

À minha namorada pelo seu apoio incondicional, não só nos bons momentos, mas também nas maiores dificuldades. O percurso não teria sido o mesmo, sem dúvida para pior.

Aos meus sogros por todo o apoio e carinho ao longo deste período.

Por fim, mas não menos importante, à minha família que me fez e viu crescer.

A todos, o meu sincero obrigado.

## RESUMO

A aptidão física desempenha um papel fundamental na consecução e sucesso das operações conduzidas nos teatros de operações da atualidade, nomeadamente, em ambiente urbano. Associado a esta tipologia de operações está o equipamento individual de combate que, apesar de todas as suas vantagens, torna-se inegável o seu impacto no desempenho físico dos militares. Neste sentido, o presente trabalho de investigação tem como objetivo caracterizar as exigências metabólicas do equipamento individual no desempenho físico em ambiente urbano.

Através de uma metodologia indutiva, constituiu-se uma amostra de cinco elementos pertencentes ao Batalhão de Comandos do Exército Português que se encontram presentemente em aprontamento para a 13<sup>o</sup> Força Nacional Destacada para o teatro de operações da República Centro Africana. Estes elementos foram avaliados em dois parâmetros, designadamente, no consumo máximo de oxigénio e na velocidade crítica, com e sem o seu equipamento individual de combate. Desta forma, tornou-se possível avaliar o impacto do equipamento individual nas várias capacidades metabólicas. Em adição ao trabalho experimental, conduzido em laboratório e no campo, foi também feita uma extensa revisão de literatura, baseada em bibliografia de relevo sobre a área em estudo.

De acordo com os resultados, foi possível aferir que o desempenho físico dos militares foi significativamente afetado pelo transporte da carga externa, implicando uma redução de 32% da sua capacidade aeróbia, de 17% na sua capacidade de trabalho anaeróbio e de 21% na sua velocidade crítica. Registou-se também um aumento substancial da intensidade e exigência das atividades, refletido na elevada frequência cardíaca, respiratória, concentrações de lactato e perceção subjetiva do esforço, aferidas nos testes com equipamento. Desta forma, epilogamos que a preparação física adequada é crucial para o sucesso das operações militares, verificando-se ser fundamental trabalhar tanto a capacidade aeróbia como anaeróbia, por forma a melhorar a eficiência e utilização do equipamento individual de combate.

**Palavras-chave:** Desempenho físico, Combate em Ambiente Urbano, Equipamento Individual de Combate, Capacidade Aeróbia, Capacidade Anaeróbia

## ABSTRACT

Physical fitness plays a pivotal role in the successful execution of missions carried out in contemporary operational theaters, particularly in urban environments. In conjunction with such operations, the use of individual fighting equipment cannot be overlooked, despite its numerous advantages, as it undoubtedly affects the physical performance of military personnel. Therefore, the objective of this research is to characterize the metabolic demands placed on physical performance by the individual equipment in urban environments in the Central African Republic.

Employing inductive reasoning, a sample consisting of five members from the Portuguese Army's Commandos Battalion, who are presently undergoing preparation for their 13th deployment to the Central African Republic's theater of operations, was selected. These individuals were assessed on two parameters, maximum oxygen consumption and critical speed, with and without their individual fighting equipment, to gauge its impact on various metabolic capacities. Furthermore, extensive bibliographic research was conducted, drawing upon pertinent literature in the field of study, in addition to laboratory and field experimentation.

Based on the results, it was established that the physical performance of the military personnel was significantly affected by the transportation of external load, leading to a 32% reduction in their aerobic capacity, a 17% decrease in their anaerobic distance capacity, and a 21% decline in their critical speed. Additionally, a marked increase in the intensity and demands of the activities was evident, manifesting as elevated heart rate, respiratory rate, lactate concentration and rate of perceived exertion, as measured in the tests. Consequently, it can be concluded that adequate physical preparation is vital for the success of military operations, emphasizing the need to enhance both aerobic and anaerobic capacities to optimize the effectiveness and utilization of individual fighting equipment.

**Keywords:** Physical Performance, Urban Combat, Individual Fighting Equipment, Aerobic Capacity, Anaerobic Capacity

# ÍNDICE GERAL

EPÍGRAFE .....	i
DEDICATÓRIA .....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE GERAL .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABELAS .....	ix
LISTA DE APÊNDICES .....	x
LISTA DE ANEXOS .....	x
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS .....	xi
INTRODUÇÃO.....	1
CAPÍTULO 1. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
1.1.    Combate em Ambiente Urbano .....	4
1.1.1.  Enquadramento.....	4
1.1.2.  Caracterização do Combate em Ambiente Urbano .....	5
1.1.3.  Enquadramento na República Centro Africana.....	6
1.1.4.  A exigência física do Combate em Ambiente Urbano .....	7
1.2.    O Equipamento Individual no Combate em Ambiente Urbano .....	10
1.2.1.  Caracterização do Equipamento Individual em Ambiente Urbano.....	10
1.2.2.  Impacto da carga externa no desempenho físico do militar .....	12
1.3.    Parâmetros Fisiológicos Associados .....	14
1.3.1.  Sistemas Energéticos .....	14
1.3.2.  Consumo Máximo de Oxigénio ( $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ ).....	17
1.3.3.  Velocidade Crítica.....	20
CAPÍTULO 2. METODOLOGIA, MÉTODOS E MATERIAIS .....	23

2.1. Tipo de Abordagem .....	23
2.2. Definição dos Objetivos Específicos .....	24
2.3. Pergunta de Partida e Perguntas Derivadas .....	25
2.4. Amostra: Composição e Justificação .....	25
2.5. Métodos Estatísticos Considerados .....	26
2.6. Procedimentos Formais e Éticos .....	27
2.7. Instrumentos de Medição .....	27
2.8. Métodos de Medição Utilizados .....	28
2.8.1. Protocolo para o Cálculo do $\dot{V}O_{2máx}$ em Laboratório .....	28
2.8.2. Protocolo para o Cálculo da Velocidade Crítica .....	29
2.8.3. Protocolos de Pesagem, medição de Estatura e da Pressão Arterial .....	30
CAPÍTULO 3. RESULTADOS .....	31
3.1. Resultados do $\dot{V}O_{2máx}$ .....	31
3.1.1. Teste de $\dot{V}O_{2máx}$ e Indicador Lactato .....	31
3.1.2. Frequências Respiratória e Cardíaca .....	33
3.2. Resultados da Velocidade Crítica .....	34
3.2.1. Teste de Velocidade Crítica e Indicador de Lactato .....	34
3.2.2. Cadência e Comprimento da Passada .....	36
CAPÍTULO 4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....	39
4.1. Resultados do teste de $\dot{V}O_{2máx}$ .....	39
4.2. Resultados do teste de Velocidade Crítica .....	41
CONCLUSÃO .....	44
BIBLIOGRAFIA .....	48
APÊNDICES .....	I
ANEXOS .....	VII

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura n.º 1 – Características Metabólicas e Fisiológicas em CAU .....	9
Figura n.º 2 – Limiares do Lactato .....	16
Figura n.º 3 – $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ Com e Sem Equipamento .....	31
Figura n.º 4 – Concentração do Lactato nos Testes de $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ .....	32
Figura n.º 5 – PSE nos Teste de $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ .....	33
Figura n.º 6 – FC nos Testes de $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ .....	33
Figura n.º 7 – Rpm nos Teste de $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ .....	34
Figura n.º 8 – VC Sem Equipamento .....	35
Figura n.º 9 – VC Com Equipamento.....	36
Figura n.º 10 – Cadência (Ppm) Com e Sem Equipamento (1).....	37
Figura n.º 11 – Cadência (Ppm) Com e Sem Equipamento (2).....	38
Figura n.º 12 – Equipamento e Armamento do Atirador.....	VII
Figura n.º 13 – Peso do Armamento Individual .....	VIII
Figura n.º 14 – Peso do Armamento Coletivo .....	IX
Figura n.º 15 – Peso dos Carregadores Municidados .....	X
Figura n.º 16 – Escala da PSE .....	XI

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela n.º 1 - Valores de referência para o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ nos homens .....	18
Tabela n.º 2 – Objetivos Específicos .....	24
Tabela n.º 3 – Perguntas de Partida .....	25
Tabela n.º 4 – Caracterização Sociodemográfica da Amostra.....	26
Tabela n.º 5 – Concentração do Lactato Com Equipamento na VC.....	36
Tabela n.º 6 – Concentração do Lactato Sem Equipamento na VC .....	36
Tabela n.º 7 – $\dot{V}O_2$ Com e Sem Equipamento (ml/kg/min) .....	II
Tabela n.º 8 – FC (Bpm) e FR (Rpm) Com e Sem Equipamento.....	III
Tabela n.º 9 – Lactato Com e Sem Equipamento (mmol/l).....	IV
Tabela n.º 10 – PSE Com e Sem Equipamento .....	V
Tabela n.º 11 – Estatísticas Descritivas dos Testes de VC .....	VI
Tabela n.º 12 – Tabela de Registo da Caracterização da Amostra .....	XII
Tabela n.º 13 – Tabela de Registo dos Testes de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ .....	XIII

## **LISTA DE APÊNDICES**

Apêndice A – Consentimento Informado

Apêndice B – Tabelas de Estatísticas Descritivas  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$

Apêndice C – Tabelas de Estatísticas Descritivas VC

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo A – Equipamento e Armamento do Atirador

Anexo B – Peso do Armamento

Anexo C – Percepção Subjetiva do Esforço

Anexo D – Folhas de Registo Laboratorial

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

**AM** – Academia Militar

**AU** – Ambiente Urbano

**ATP** – Trifosfato de Adenosina

**BCmds** – Batalhão de Comandos

**Bpm** – Batimentos Por Minuto

**CAU** – Combate em Ambiente Urbano

**CTA** – Capacidade de Trabalho Anaeróbio

**cm** – Centímetros

**CO<sub>2</sub>** – Dióxido de Carbono

**EP** – Exército Português

**FC** – Frequência Cardíaca

**FR** – Frequência Respiratória

**FND** – Força Nacional Destacada

**IMC** – Índice de Massa Corporal

**kg** – Quilograma

**km/h** – Quilómetros por Hora

**LG** – Lança Granadas

**LT** – Limiar do Lactato

**MINUSCA** - Missão Multidimensional Integrada das Nações Unidas para a Estabilização da República Centro-Africana

**ML** – Metralhadora Ligeira

**ml/kg/min** – Mililitros por Quilograma por Minuto

**mmol/l** – Milimoles Por Litro

**NATO** – North Atlantic Treaty Organization

**OE** – **O**bjetivo **E**specífico

**OG** – **O**bjetivo **G**eral

**ONU** – **O**rganização das **N**ações **U**nidas

**PDE** – **P**ublicação **D**outrinária do **E**xército

**PCr** - **F**osfo**c**reatina

**PP** – **P**ergunta de **P**artida

**Ppm** – **P**assos **P**or **M**inuto

**PSE** – **P**erceção **S**ubjetiva do **E**sforço

**QC** – **Q**uociente **R**espiratório

**RCA** – **R**epública **C**entro **A**fricana

**Rpm** – **R**espirações **P**or **M**inuto

**TC** – **T**arefa **C**rítica

**TIA** – **T**rabalho de **I**vestigação **A**plicada

**TO** – **T**eatro de **O**perações

**VC** – **V**elocidade **C**rítica

$\dot{V}O_2$  – **C**onsumo de **O**xigénio

$\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  – **C**onsumo **M**áximo de **O**xigénio

## INTRODUÇÃO

O presente Trabalho de Investigação Aplicada (TIA), está inserido no âmbito do treino físico militar e na estrutura curricular dos cursos ministrados pela Academia Militar (AM), enquadrando-se, mais concretamente, no culminar do Mestrado Integrado em Ciências Militares, na especialidade de Infantaria, com o tema “Exigências Metabólicas do Equipamento Individual no Desempenho Físico em Ambiente Urbano”. Este estudo está direcionado para o teatro de operações (TO)<sup>1</sup> da República Centro Africana (RCA).

A centralização das operações militares em ambiente urbano (AU) é inegável. A evolução exponencial dos centros urbanos, bem como da população mundial, gerou uma profunda transformação no paradigma da guerra no século XXI (King, 2016). O Combate em Ambiente Urbano (CAU) requer um elevado índice cognitivo, técnico e tático, bem como uma excelente preparação física. Isto deve-se à extrema complexidade e multidimensionalidade associada a esta tipologia de operações, causadas pela rede complexa de vias de comunicação, pela densidade populacional e por todas as infraestruturas que constituem este ambiente (Headquarters Department of the Army [HDA] & Marine Corps, 2022).

Paralelamente ao desenvolvimento do CAU, o avanço tecnológico relativo ao equipamento individual de combate trouxe inúmeras vantagens no que concerne a proteção individual, a eficácia em combate, a melhor gestão do equipamento e maiores capacidades de sobrevivência para o soldado (Mala et al., 2015). No entanto, atualmente, os militares estão sujeitos ao transporte de cargas que chegam a atingir mais de metade do seu peso corporal, tanto em ambiente de treino como em ambiente operacional, sendo que o Exército Português (EP) não é exceção (Quinto et al., 2017).

Ao transporte excessivo de carga externa estão associadas inúmeras consequências, nomeadamente, a sobrecarga física, alterações na cinemática da marcha e diminuição de *performance* na consecução de tarefas críticas (TC) por parte dos soldados (Bossi et al., 2016). No que concerne o desempenho físico, por cada quilograma (kg) de carga externa extra, prevê-se um declínio na *performance* física do militar entre 0.60% a 1.70% (Billing et al., 2015).

---

<sup>1</sup> O TO corresponde ao espaço aéreo, terrestre ou marítimo necessário à condução ou apoio das operações de combate (Estado-Maior do Exército [EME], 2012).

Neste sentido, face à evolução da complexidade do CAU e ao consequente aumento da carga externa nesta tipologia de operações, torna-se crítica a avaliação dos efeitos causados pelo equipamento individual nos militares, por forma a que, numa primeira fase, se possa compreender o impacto no desempenho físico e, numa segunda fase, se possam estabelecer parâmetros físicos mínimos para colmatar este mesmo impacto. Desta forma consegue-se, não só, aumentar o desempenho dos soldados em combate, mas também prevenir a ocorrência de baixas e lesões.

O Objetivo Geral (OG) desta investigação é caracterizar as exigências metabólicas do equipamento individual no desempenho físico em AU na RCA. Para tal, torna-se essencial, primeiramente, caracterizar o equipamento individual utilizado neste TO por forma a que, posteriormente, se possa compreender o seu impacto no desempenho físico dos militares. Neste sentido, será determinado o consumo máximo de oxigénio ( $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ) e a velocidade crítica (VC) dos militares que operam nas unidades de manobra na RCA, com e sem o seu equipamento individual, de maneira a avaliar os demais efeitos. Estabelecido o OG e seguindo a linha de raciocínio, foram concebidos os seguintes objetivos específicos (OE):

**OE1:** Caracterizar o equipamento individual de combate utilizado em combate na RCA;

**OE3:** Determinar o  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  e a VC com e sem equipamento individual.

**OE2:** Compreender o impacto do equipamento individual no desempenho físico dos militares em AU.

Uma vez identificados e explanados os OE, a pergunta de partida (PP) foi formulada, com o intuito de direcionar o teor da investigação, sendo ela, **“Qual o impacto da carga externa no desempenho físico em Ambiente Urbano na RCA?”**.

O presente TIA foi redigido segundo a Norma de Execução Permanente (NEP) 522/1ª publicada pela AM em 20 de janeiro de 2016, subdividindo-se em 4 capítulos. O primeiro capítulo foca-se na revisão da literatura, dando a conhecer o “estado da arte”. Inicia-se com uma contextualização sobre o CAU, seguido de uma caracterização do equipamento individual utilizado neste ambiente, bem como uma análise do seu impacto nos militares. Por fim, é realizada uma análise abrangente dos aspetos fisiológicos necessários para a compreensão do estudo. O segundo capítulo descreve e explica a metodologia utilizada na condução deste TIA, começando por descrever a abordagem adotada para o tratamento dos dados recolhidos, o modelo de análise conduzido nesta investigação, a seleção e caracterização da amostra, os instrumentos de recolha dos dados adquiridos e os

procedimentos inerentes tidos em consideração. O terceiro capítulo abrange os resultados obtidos ao longo da investigação, no campo e através da análise documental. No quarto capítulo é realizada a discussão de resultados, por meio da confrontação entre a revisão bibliográfica e os dados obtidos em laboratório. Por fim, e concluindo a componente textual, são apresentadas as conclusões deste TIA, as suas limitações e sugestões para estudos futuros, culminando nas referências bibliográficas. Posteriormente, são expostos os apêndices e os anexos de relevo para este trabalho, na parte pós-textual.

# CAPÍTULO 1. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, será feito o enquadramento teórico essencial para o desenvolvimento e compreensão do presente estudo e do trabalho de campo. Desta forma será feito, em 1.1, um enquadramento histórico e uma caracterização do CAU, onde vão ser abordados os princípios, desafios e características que fazem parte deste ambiente operacional, pormenorizando-se o conflito na RCA. De seguida, são discriminadas as exigências físicas, as necessidades fisiológicas e metabólicas características do AU. Ao longo de 1.2, caracterizar-se-á o equipamento individual que é utilizado no AU sendo, posteriormente, descritos todos os efeitos inerentes à sua utilização. É feito, de igual forma, um levantamento pormenorizado do equipamento utilizado pelos militares pertencentes às unidades de manobra das Forças Nacionais Destacadas (FND) que operam no TO da RCA. Em 1.3, é feita uma análise relativa aos sistemas energéticos e capacidades metabólicas, abordando o seu funcionamento. É conduzido, *à posteriori*, um estudo mais detalhado sobre os parâmetros que vão ser avaliados experimentalmente, nomeadamente o  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  e a VC.

## 1.1. Combate em Ambiente Urbano

### 1.1.1. Enquadramento

O Combate em Ambiente Urbano (CAU) está presente desde os primórdios da civilização. No entanto, tendo em consideração a evolução exponencial dos centros urbanos, bem como da população mundial, foi gerada uma profunda transformação no paradigma da guerra, no século XXI (King, 2016). Tendo em consideração a natureza dos conflitos atuais, bem como os motivos políticos, sociais e económicos associados aos mesmos, pode constatar-se que existe uma centralização das operações militares no AU, o que levou à revisão e criação de doutrina orientada para os conflitos neste mesmo ambiente (Estado Maior do Exército [EME], 2011).

500 anos antes de Cristo, Sun Tzu proclamou, sabiamente, que a estratégia mais desvantajosa que uma nação poderia adotar seria atacar uma cidade devidamente fortificada. Ainda assim, a história tem testemunhado a inevitabilidade deste tipo de conflito, desde o lendário assalto e cerco à cidade de Troia, aos cercos medievais das grandiosas metrópoles, até aos conflitos mais recentes como o de Berlim ou de Estalinegrado (EME, 2011). É facto que as forças armadas orientam o seu esforço e estratégia para evitar o AU ao máximo, tanto por fatores como o elevado índice de mortalidade, os demais custos associados, como pelo seu desfecho que, frequentemente, se verifica inconclusivo (Vautravers, 2010). Porém, tendo

em consideração os conflitos que se têm vindo a desenrolar nas últimas décadas, o CAU tornou-se um alvo intensivo de estudos e preocupações (North Atlantic Treaty Organization [NATO], 2015).

Considerado como um dos ambientes de combate mais extremos, o CAU requer, por parte dos militares que nele operam, um elevado índice cognitivo, técnico e físico. Isto deve-se ao constante perigo de ameaça causado por armas letais e pela tridimensionalidade característica deste campo de batalha. A presença populacional obriga, também, ao profundo desenvolvimento de técnicas, táticas e procedimentos para que, em todo e qualquer instante, sejam tomadas as decisões corretas, tentando-se minimizar, assim, o número de vítimas no AU ao máximo (Lampton et al., 2003).

Em suma, tendo em consideração todas as condicionantes presentes no CAU, nomeadamente, a presença dos civis não combatentes, que restringem o apoio direto e indireto de fogos, bem como a aquisição de alvos; a mobilidade extremamente reduzida imposta aos carros de combate; o risco elevado de isolamento das forças terrestres; o frequente e complexo apoio humanitário, decorrente de desastres naturais e de conflitos armados, entre outros fatores, revelam a importância crucial da formação e treino dos militares que operam neste meio, que tanto difere dos ambientes convencionais (EME, 2011).

### **1.1.2. Caracterização do Combate em Ambiente Urbano**

As áreas urbanas apresentam um desafio muito mais complexo do que aparentam à primeira vista. Tendo em consideração os milhões de veículos, as ruas, os caminhos subterrâneos, os edifícios de vários andares com janelas e os seus habitantes, deparamo-nos com um ambiente tridimensional. Em torno deste ambiente geram-se também, e necessariamente, todo um conjunto de regras de empenhamento que implicam um aumento considerável do stress nos militares, e um aumento significativo na dificuldade do planeamento e no processo de tomada de decisão (Medby & Glenn, 2002). Segundo HDA & Marine Corps (2022) o AU é característico pela sua densidade, resultado de uma complexa rede de estruturas e terreno desenvolvida pelo homem, acompanhado por uma população numerosa e aglomerada. Esta tríade de elementos converge para uma complexidade exponencial que caracteriza este meio.

Da tríade referenciada anteriormente, o elemento crítico que desempenha um papel determinante, tanto na complexidade das infraestruturas, como nas necessidades acomodativas e económicas da cidade, é a população. De maneira geral a população não é

favorável à ocupação do seu território, seja por meio de operações ofensivas, defensivas ou de estabilidade, o que acarreta um peso significativo no processo de tomada de decisão dos comandantes. Para tal, foram desenvolvidas as considerações de natureza civil, que englobam as áreas, as estruturas, as capacidades, as organizações, a população e os eventos, de forma a apoiar o comandante no seu planeamento em AU. Não se pode, porém, pôr de parte as restantes variáveis da missão, sendo elas o inimigo, o terreno, os meios, o tempo e, por fim, as considerações de natureza civil, referidas anteriormente. Um fator adicional, que não pode ser negligenciado, prende-se com a ampla utilização das tecnologias de informação, da comunicação social e redes sociais que, a favor das forças inimigas, atuam como um catalisador para a sua causa, influenciando as crenças da população (HDA & Marine Corps, 2022).

No CAU é de extrema importância que o comandante se reja por certos princípios, tendo em conta os factos suprarreferidos. O planeamento deve ser simples, objetivo e conciso fruto da complexidade inerente ao AU. O controlo é também indispensável, tendo em consideração as inúmeras variáveis presentes nesta tipologia de operações. Desta forma, as medidas de coordenação e a sinalética devem estar definidas com o maior grau de pormenor. O ímpeto é considerado o princípio chave no CAU, uma vez que, para se manter a iniciativa num ambiente tão brutal e imprevisível, a destruição da ameaça, através do choque, verifica-se como o modo de atuação ideal para o sucesso das operações. Por fim, é imperativo que os fogos de apoio sejam uma prioridade no planeamento do comandante (EME, 2011).

### **1.1.3. Enquadramento na República Centro Africana**

Desde a conquista da sua independência do domínio francês em 1960, a RCA viu-se incapaz de estabelecer uma instituição governamental capaz de providenciar os serviços económicos, sociais e políticos essenciais à sua população. Só no período compreendido de 2005 a 2015, a RCA foi alvo de dez golpes militares, o que afetou, substancialmente, o seu desenvolvimento político e económico, resultando na perda de milhares de vidas e no desalojamento de centenas de milhares (Siradağ, 2016).

De acordo com Knoope e Clarke (2017), foi só em 2013 que, após a tomada de posse por parte do grupo rebelde Seleka, e a consequente dissolução da constituição e do parlamento da RCA, que o Conselho de Segurança das Nações Unidas aprovou, por intermédio da Resolução 2127, o envio da Missão Internacional de apoio à República Centro Africana. Esta força foi organizada pela União Africana com o apoio de França (1600 militares integrados na Operação Sangaris). Apesar dos avanços significativos, em 2014, a

Organização das Nações Unidas (ONU) assumiu o controle das operações, através da Resolução 2149, criando a Missão Multidimensional Integrada das Nações Unidas para a Estabilização da República Centro Africana (MINUSCA), cujo objetivo principal residia na proteção dos civis e no restabelecimento da paz (Campos et al., 2016).

Foi no âmbito da MINUSCA que o EP, em 2016, após deliberação do Conselho Superior de Defesa Nacional, decidiu responder aos pedidos de apoio efetuados por França, no âmbito da missão da ONU. Desta forma, o Batalhão de Comandos (BCmds) foi eleito para integrar o 1º Contingente Nacional, em 2017, fruto da sua elevada prontidão e capacidade de operar em qualquer tipo de ambiente, missão e TO (Medeiros et al., 2018).

Este TO requer, por parte militares que operam nas unidades de manobra, um profundo conhecimento sobre a diversidade cultural, as normas e tradições da população, bem como um elevado autocontrole e cuidado no desempenho das suas funções (Ferreira, 2017). Além disso, é importante destacar que as condições atmosféricas adversas, o terreno acidentado, a incerteza e os riscos associados a este TO requerem uma elevada capacidade física, psicológica e técnico-tática daqueles que operam no terreno (Medeiros et al., 2018).

#### **1.1.4. A exigência física do Combate em Ambiente Urbano**

Compreende-se que as tarefas militares requeiram, não apenas uma elevada competência técnica, mas também uma excelente capacidade física para o seu desempenho. Desta forma, o desempenho físico dos militares deve, não só, ser capaz de acompanhar a execução destas tarefas, mas também manter a sua capacidade de execução por períodos prolongados, com o fim de um desempenho consistente (Larsson et al., 2020). Nos TO atuais, observa-se uma tendência crescente para os conflitos em AU<sup>2</sup>, nos quais as exigências físicas são significativamente diferentes. O CAU é característico pela sua natureza assimétrica, pela imprevisibilidade dos confrontos e por ser um ambiente que se encontra em constante mudança, contrariamente ao combate convencional onde, tanto o terreno como o inimigo, estão devidamente enquadrados e definidos. Este cenário requer uma capacidade de resposta rápida, agilidade e resistência para enfrentar os desafios inerentes a um AU dinâmico e imprevisível (Suárez & Pérez, 2013).

Segundo Nevin (2017), as operações militares da atualidade são caracterizadas pela elevada exigência física e psicológica sobre o militar, tornando a boa preparação física um fator múltiplo do potencial de combate da força. Este aumento do potencial de combate não

---

<sup>2</sup> Vide subcapítulo 1.1.1

se reflete apenas na *performance* do soldado, mas também no sucesso consecutivo das missões, na prevenção de lesões e na saúde mental a longo prazo. Desta forma, podemos assumir que o soldado de Infantaria, cuja função primária envolve um contacto direto com o inimigo, seja de forma apeada ou montada, deve ser submetido a um regime de treino semelhante ao de um atleta de elite, por forma a que consiga responder às exigências do campo de batalha garantindo a prontidão e eficácia no cumprimento das suas funções.

Estudos indicam que a evacuação de feridos se encontra dentro das tarefas mais exigentes fisicamente, no CAU. Os deslocamentos apeados são também uma componente chave no desenrolar das operações de Infantaria, podendo ser realizados através de métodos como a marcha administrativa, deslocamento tático, rastejar ventral colado ao solo, rastejar ventral não colado ao solo e *sprints* de máscara em máscara. Estes últimos devem ser executados em velocidade máxima e em distâncias curtas, uma vez que tanto este método, como os referidos anteriormente, são executados sob ameaça inimiga improvável, provável, efetiva ou iminente. A eficácia do tiro está também diretamente relacionada com a condição física do militar, tendo em consideração que todas as tarefas são executadas simultaneamente (Blount et al., 2013).

Vaara et al. (2022) acrescentam que o manuseamento de material e o transporte de carga externa representam alguns dos maiores desafios subjacentes ao CAU. O manuseamento de material abrange uma gama ampla de movimentos, incluindo empurrar, puxar, arrastar, levantar e transportar. Quando estas atividades são realizadas sob esforço máximo, podem resultar num desgaste físico extremo e elevar o risco de lesão. Relativamente ao transporte de carga externa, este aspeto será abordado mais detalhadamente ao longo deste trabalho<sup>3</sup>, pois requer uma análise minuciosa.

Ao comparar o combate convencional com o CAU, em termos fisiológicos, é possível aferir que no CAU são alcançadas velocidades de deslocamento superiores em relação ao combate convencional. No caso do CAU os deslocamentos são curtos e de alta intensidade, intercalados com momentos de deslocamento em velocidades reduzidas. Por outro lado, no combate convencional, as velocidades de deslocamento não atingem níveis tão elevados, mas são executados de forma contínua, com pouco ou quase nenhum intervalo. A acrescentar ainda que, no combate assimétrico<sup>4</sup>, os deslocamentos são feitos, predominantemente, em

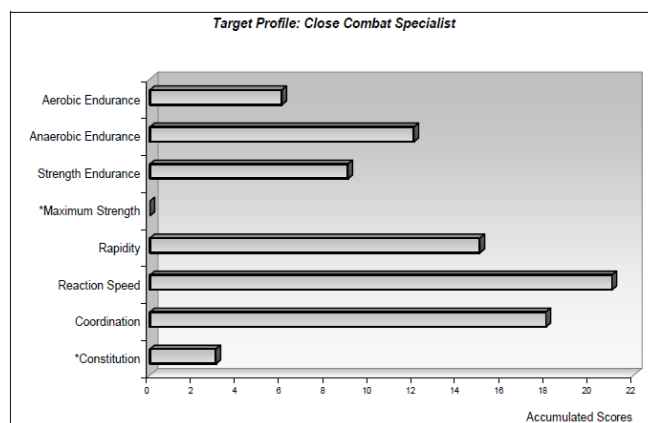
---

<sup>3</sup> Vide subcapítulo 1.2.2

<sup>4</sup> De acordo com HDA (2006), o combate assimétrico caracteriza-se pela existência de uma força com uma vantagem significativa perante a força opositora, o que resulta na utilização de táticas não convencionais, bem como na imprevisibilidade dos resultados. Esta tipologia de operações é característica do CAU.

posição de cota reduzida ou em postura de patrulha. Isto deve-se à necessidade de minimizar a exposição e aumentar a proteção dos militares, num ambiente tão complexo e imprevisível. No combate convencional os deslocamentos são feitos em marcha lenta, ou até mesmo caminhando normalmente, uma vez que as condições de combate permitem um deslocamento mais estável e previsível (Suárez & Pérez, 2013).

Na execução de TC no combate convencional e em CAU, a média da frequência cardíaca (FC) é semelhante. No entanto, no CAU tanto a variação da FC como a FC máxima são geralmente superiores, devido aos vários estímulos aos quais os soldados são sujeitos, como portas, janelas, seteiras, luzes, entre outros e à intensidade do combate. A velocidade de reação, a coordenação motora e a rapidez são características fundamentais no combate próximo, característico do CAU. Por isso, torna-se essencial o desenvolvimento da potência, para lidar com os deslocamentos curtos e intensos, típicos neste combate. Já no combate convencional, é importante focar na resistência de longa duração e na capacidade de manter um ritmo constante de deslocamento. As diferenças mencionadas anteriormente traduzem-se num recrutamento superior do sistema anaeróbio<sup>5</sup> no CAU, contrariamente ao combate convencional, no qual o sistema aeróbio é dominante (North Atlantic Treaty Organization [NATO], 2009; Suárez & Pérez, 2013). Na figura n.º 1 estão descritas as principais características metabólicas e fisiológicas do combate próximo.



**Figura n.º 1 - Características Metabólicas e Fisiológicas em CAU**

**Fonte: NATO, 2009.**

De facto, o TO da RCA apresenta desafios físicos semelhantes aos referidos anteriormente. Segundo entrevistas conduzidas por Santos (2021) a militares que estiveram

---

<sup>5</sup> Vide subcapítulo 1.3.1

presentes neste TO, foi constatado que a RCA é caracterizada por temperaturas elevadas, índices de humidade próximos dos 100% e períodos de seca extrema. A presença de grupos armados, dissimulados nas populações, é também outro fator potenciador da sobrecarga psicológica dos militares que operam neste TO (Knoope & Clarke, 2017).

De acordo com estudos conduzidos por Alves (2022) e Santos (2021) foi possível fazer-se um levantamento relativamente às TC mais frequentes neste TO. Conclui-se que “a marcha rápida com equipamento, o arrombamento de portas, a limpeza de compartimentos com e sem ameaça e, por fim, o transporte de feridos” (Alves, 2022, p. 17), estão entre as mais frequentes. Todas estas tarefas vão de encontro às referidas anteriormente, confirmando-se assim a exigência física inerente a este TO.

## **1.2. O Equipamento Individual no Combate em Ambiente Urbano**

### **1.2.1. Caracterização do Equipamento Individual em Ambiente Urbano**

O transporte de carga externa é, de facto, um aspeto crucial e inerente à execução e sucesso das operações militares. Estudos realizados por Boffey et al. (2019) indicam que o peso associado ao equipamento individual tem aumentado, progressivamente, ao longo dos anos. Isto deve-se ao número elevado de baixas, bem como ao insucesso de inúmeras operações militares, causadas pela má gestão e qualidade do equipamento individual levado para combate.

Historicamente, ao longo dos últimos 3000 anos, estima-se que o militar apeado tenha transportado, em média, uma carga de 25 kg, porém, só nos últimos 200 anos, este peso duplicou. Durante as guerras do Iraque e do Afeganistão, observou-se que a média do peso da carga externa transportada por um militar apeado rondava os 50kg (Fish & Scharre, 2018). Jia-Yong et al. (2020) acrescentam que, dependendo da índole da missão, esta carga poderia atingir os 68kg, sendo que estas operações podiam durar até três dias e eram conduzidas em alta altitude.

O equipamento individual desempenha um papel fundamental na proteção e na eficácia no campo de batalha. Tanto em treino como no combate é esperado que o militar, transportando todo o seu equipamento individual, mantenha a *performance* mesmo quando sujeito às tarefas mais exigentes, tendo em consideração que o equipamento é crítico para a sua sobrevivência e para o sucesso da operação (Mala et al., 2015).

Billing et al. (2015) sugerem que a sobrevivência no campo de batalha pode ser traduzida em duas medidas: a suscetibilidade, isto é, a probabilidade que um indivíduo tem de ser atingido quando exposto, e a vulnerabilidade a impactos efetivos. A suscetibilidade

do militar reduz-se através da sua velocidade de deslocamento, que resulta na redução do tempo de exposição à ameaça, enquanto que a vulnerabilidade é reduzida através da utilização do equipamento de proteção individual, como o capacete e o colete balístico, que protegem os órgãos vitais. É, no entanto, de ressaltar que ambas as soluções para a sobrevivência do militar podem entrar em conflito. A utilização de equipamentos de proteção pesados pode comprometer a mobilidade e a velocidade de deslocamento do militar, o que afeta a sua capacidade de resposta a situações de combate. Encontrar o equilíbrio entre a proteção e a mobilidade é um desafio constante na conceção e no uso do equipamento individual de combate, visando garantir a segurança e o desempenho eficaz dos militares no terreno.

De acordo com um estudo levantado por Santos (2021), através da triangulação de dados, incluindo análise documental, entrevistas e inquéritos realizados a militares da 7ª e 8ª FND na RCA, foi possível obter informações sobre o equipamento individual de combate utilizado pelos militares destacados para este TO, bem como o seu peso. Relativamente ao armamento, os militares são equipados consoante a sua função de combate específica. Todos os atiradores estão equipados com pistola Glock 17 Gen 5 FS com dois carregadores adicionais, os Atiradores normais estão equipados com a espingarda de assalto FN SCAR-L, com oito carregadores adicionais, o Atirador Metralhadora Ligeira (ML) com a ML FN Minimi 5.56 Mk, mais oito fitas, e o Atirador Especial com a FN SCAR-H com mira ótica Trijicon VCOG, mais oito carregadores. O equipamento de proteção individual utilizado contempla o capacete OPS-CORE, o colete balístico THOR e o cinturão Anti Fragmentação THOR (Santos, 2021). Todo o equipamento individual de combate está exposto e discriminado no Anexo A.

No que concerne ao material coletivo são utilizadas as mochilas *Assault Pack MIL-TEC*, equipadas com munições extra, granadas ofensivas e granadas *flashbang*, material de planeamento, água, macas, kit de primeiros socorros; caçadeiras Benelli Super Nova ou Franchi SPAS-15 e o Lança Granadas (LG) 40mm FN40GL-S Mk2 (Santos, 2021).

O somatório total do peso transportado pelos militares, numa operação de CAU, oscilava entre os 25kg e os 35kg, tendo em consideração que esta variação se dava consoante a função desempenhada pelo militar. Ao peso médio podia ainda acrescer uma *Assault Pack* cujo peso podia variar entre os 10kg e os 20kg (Santos, 2021). No Anexo A encontra-se exposto o equipamento individual e o armamento transportado pelos militares com a função de atirador normal, bem como os pesos associados a cada equipamento. No Anexo B estão descritos os pesos associados ao armamento individual e coletivo.

### 1.2.2. Impacto da carga externa no desempenho físico do militar

Como já foi esclarecido no tópico anterior, é correto afirmar que, face às evoluções tecnológicas, às características dos campos de batalha atuais, à limitação do reabastecimento e ao aumento do investimento em equipamento de proteção individual, os militares das unidades de manobra deparam-se com um aumento significativo na carga externa que transportam durante as operações. Apesar de todas as vantagens que advêm desta evolução, surgiram novas consequências negativas, no que concerne a sobrecarga física, alterações na cinemática da marcha e a diminuição do desempenho na execução de tarefas de combate (Bossi et al., 2016).

Relativamente ao impacto físico, os estudos feitos sobre os efeitos do transporte de carga externa, nomeadamente, nas marchas de longa duração, têm pouco *transfer* para a realidade atual onde, no combate assimétrico, verificamos a execução de tarefas de alta intensidade, realizadas em curtos espaços de tempo. Tarefas como *sprints* e mudanças rápidas de posição, como transitar de atirador deitado para uma posição de atirador de pé, podem ser prejudicadas pelo aumento do peso, que afeta a mobilidade e a agilidade dos atiradores. O transporte do armamento individual, particularmente de arma empunhada, restringe também, significativamente, a mobilidade dos membros superiores e adiciona uma dificuldade substancial aos deslocamentos (Joseph et al., 2018; Treloar & Billing, 2011).

Estudos como os de Knapik & Reynolds (1997), Billing et al. (2015) e Maladouangdock (2014) apontam para a existência de uma relação negativa entre o aumento da carga externa e o desempenho físico dos militares. De acordo com estes estudos cada kg adicional de carga externa pode resultar num declínio geral da *performance* de cerca de 0,60% a 1,70%. Esta redução pode levar à inibição de certas tarefas quando o volume ou o peso da carga é excessivo. Os estudos também sugerem que um incremento de 36kg resultaram num declínio de *performance* geral de 25%. Da mesma forma, a utilização de, respetivamente, 14kg e 27kg, resultaram igualmente num declínio de 12% e de 26% no desempenho de uma pista de obstáculos militar. Ou seja, ainda que com ligeiros desvios, o declínio médio do desempenho verifica-se constante.

O transporte de carga externa afeta também a produção de força e a capacidade de realização de tarefas explosivas e de alta intensidade. Em situações de combate assimétrico, onde as TC são maioritariamente explosivas, como *sprints* em busca de abrigos, ou saltos de muros e cercas, a presença de carga externa adicional afeta a velocidade e a capacidade de resposta imediata. Ainda que o impacto do equipamento individual possa reduzir a

capacidade de reação em apenas um segundo, basta ter-se em consideração que, uma arma como a espingarda automática AK-47, cuja cadência de tiro pode chegar aos 600 tiros por minuto, um segundo extra de exposição resulta na exposição a mais dez munições inimigas. Além disso, o peso excessivo aumenta também o risco de quedas e acidentes, resultado da redução da agilidade e da estabilidade do militar (Orr et al., 2014).

O  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , que vai ser alvo de estudo no presente TIA<sup>6</sup>, assume um papel crítico no desempenho de funções de combate com cargas pesadas. Verificou-se que o aumento do consumo de oxigénio ( $\dot{V}O_2$ ) e da FC está diretamente relacionado com o aumento do peso do equipamento individual, o que sugere um aumento geral da carga metabólica e, conseqüente, gasto de energia por parte do militar (Pihlainen et al., 2014). O transporte de equipamento individual causa também a obstrução mecânica da caixa torácica, afetando o sistema cardiorrespiratório, tendo em consideração que os pulmões não conseguem expandir até à sua capacidade máxima. Este efeito conduz ao aumento da FC, da pressão arterial e pode causar a vasoconstrição dos membros inferiores. Todos estes fatores conduzem ao aumento do  $\dot{V}O_2$  e, conseqüente, aproximação ao  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  (Boffey et al., 2019).

O tempo de reação e a percepção espacial dos militares são também afetados pelo transporte excessivo de carga. Isto deve-se à inclinação adotada, em compensação da carga, bem como ao maior tempo de reação, face à ameaça. Desta forma, a capacidade de execução de tiro dinâmico e reativo é altamente afetada (Fish & Scharre, 2018).

Attwells et al. (2006) e Fox et al. (2020) destacam algumas das principais alterações biomecânicas observadas no transporte de carga externa excessiva. Em relação à marcha, foram identificadas adaptações na cinemática, como a redução do comprimento da passada e o aumento da cadência. Estas alterações visam compensar o peso adicional da carga externa e reduzir o impacto no corpo, minimizando o risco de lesões, estando também associadas a um menor gasto energético, tornando o deslocamento mais eficiente.

Além disso foram identificadas alterações na postura e na ativação muscular, nomeadamente a maior amplitude de movimento do joelho, uma maior inclinação frontal, a compensação por parte da cabeça para contrabalançar o peso da carga externa, a rotação e inclinação pélvica e o aumento de contração do quadrícipite. Estas adaptações devem-se à transferência do centro de massa do corpo mais para a retaguarda e à maior absorção de impacto nos deslocamentos, que resulta numa maior reatividade ao solo e numa marcha mais económica a nível energético. (Exército Brasileiro, 2017; Vincent et al., 2019).

---

<sup>6</sup> Vide subcapítulo 1.3.2

De acordo com Orr et al. (2014), o transporte contínuo e repetitivo do excesso de carga pode proporcionar alterações patológicas na coluna vertebral dos militares. Todas estas compensações biomecânicas aumentam o risco de lesão, sendo o reforço muscular destas áreas altamente recomendável para a prevenção de lesões. As Forças Armadas (FA) dos Estados Unidos da América estimam que, em 2007, a sobrecarga associada ao peso excessivo do equipamento individual tenha sido responsável por 257000 lesões músculo-esqueléticas nas pernas, a acrescentar que 70% destes militares apresentavam queixas relativamente a dores nas costas e no pescoço. Todos os anos, são gastos mais de 500 milhões de dólares no tratamento destas lesões (Jia-Yong et al., 2020).

No contexto do TO da RCA, as dificuldades referentes ao peso do equipamento individual são semelhantes às mencionadas anteriormente. Como foi referido e detalhado no subcapítulo anterior<sup>7</sup>, o peso total transportado pelos militares, numa operação de CAU, oscila entre os 25kg e os 35kg, ao que pode acrescer uma mochila *Assault Pack*, trazendo consigo todas as consequências supracitadas. O peso do equipamento individual foi também identificado, por militares que operaram neste TO, como uma das maiores condicionantes no desempenho de TC (Santos, 2021).

### **1.3. Parâmetros Fisiológicos Associados**

#### **1.3.1. Sistemas Energéticos**

A bioenergética resulta, principalmente, da conversão dos macronutrientes (hidratos de carbono, gorduras e proteínas), em formas de energia capazes de realizar trabalho. A desintegração destas moléculas resulta na libertação de energia, sendo que este processo se define como catabolismo. A energia libertada a partir do catabolismo permite a síntese de moléculas maiores a partir de mais pequenas, sendo este processo denominado de anabolismo. O metabolismo é o resultado de todas as reações catabólicas ou anabólicas de um sistema biológico. O trifosfato de adenosina (ATP) permite a transferência de energia, originada através do sistema catabólico, para a consecução de reações anabólicas. O ATP encontra-se armazenado nas células musculares e é constantemente solicitado na realização de qualquer atividade, sendo que, para tal, é necessário que este seja produzido nas células. (Baechle & Earle, 2008).

Existem três sistemas energéticos responsáveis pela ressíntese de ATP nas células: o sistema do fosfagénio, a glicólise anaeróbia e aeróbia e o sistema oxidativo. Os dois

---

<sup>7</sup> Vide subcapítulo 1.2.1

primeiros são considerados sistemas anaeróbios, pois não requerem oxigênio para produzir ATP. Já o sistema oxidativo encontra-se no domínio aeróbio e depende do oxigênio para produzir ATP, sendo que este processo ocorre nas mitocôndrias, presentes nas células musculares. Os três sistemas ocorrem, em qualquer momento, em simultâneo, com uma maior contribuição de um sistema específico dependendo da intensidade e duração da atividade física realizada (Baechle & Earle, 2008).

O sistema do fosfagênio ou o sistema ATP-PCr, é principalmente recrutado em atividades de curta duração e de alta intensidade, como saltos, *sprints* ou na execução de força máxima num dado movimento. Este sistema está presente no citoplasma das fibras musculares e o seu nome surge através dos compostos presentes nas reações químicas responsáveis pela produção de energia, nomeadamente o ATP e o fosfato de creatina, também chamado de fosfocreatina (PCr). Nestes casos, o ATP é rapidamente convertido em energia em resposta às necessidades do músculo. A desintegração do ATP ocorre por meio da ação de uma enzima, denominada de miosina ATPase, e resulta na divisão da molécula de ATP em adenosina de difosfato e em fosfato inorgânico. A remoção de um fosfato da molécula de ATP liberta energia, que é utilizada para alimentar as necessidades energéticas do corpo. Deve-se, no entanto, ter em consideração que caso a duração destas de atividades se prolongue (regra geral para além dos seis segundos) verifica-se que intensidade do exercício se vê forçada a diminuir, visto que o ATP tem de ser sintetizado novamente, bem como a fosfocreatina. Este sistema é de extrema importância no âmbito militar devido às atividades inerentes de alta intensidade, acompanhadas de movimentos explosivos (Alvar et al., 2017).

A glicólise ocorre, predominantemente, em atividades de esforço máximo, de duração até 90 segundos, e consiste na desintegração da glucose no sangue e do glicogênio no citoplasma das fibras musculares, através de reações enzimáticas, para a formação de ATP e na criação de lactato ou piruvato. A acumulação do lactato dá-se quando a intensidade do exercício é tal que a sua remoção não é suficiente. Por outro lado, quando a intensidade é mais baixa, a desintegração da glucose é mais lenta, e o piruvato torna-se o produto final (Alvar et al., 2017).

A Figura n.º 2 permite relacionar a concentração do lactato e a intensidade do exercício, bem como a variação do  $\dot{V}O_2$ , da percepção subjetiva de esforço (PSE) e da FC.

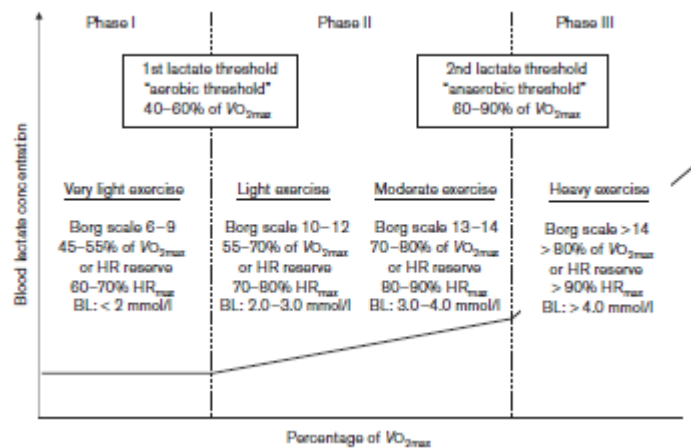


Figura n.º 2 – Limiares do Lactato

Fonte: Binder et al., 2008.

O Limiar do Lactato (LT) representa o momento a partir do qual existe uma maior dependência dos mecanismos anaeróbios, devido à alta intensidade do exercício, o que resulta num aumento progressivo da concentração de lactato no sangue (Baechle & Earle, 2008). É ainda importante fazer-se referência à existência de dois LT, sendo denominados de primeiro e segundo LT ou limiar aeróbico e limiar anaeróbico. Quando o primeiro LT é ultrapassado, é verificado um aumento gradual no  $\dot{V}O_2$  e na acumulação de lactato no sangue, sendo estes aumentos constantes com o aumento da intensidade do exercício. Com o contínuo aumento da intensidade, atinge-se um momento em que a concentração de lactato e o  $\dot{V}O_2$  aumentam exponencialmente, este momento representa o segundo LT ou o limiar anaeróbico (Binder et al., 2008). Na figura n.º 2 é possível identificar-se os momentos em que ambos os LT são ultrapassados, correspondendo aos  $\dot{V}O_2$  e concentrações de lactato identificadas na figura.

A fosforilação está envolvida no processo da glicólise aeróbia e da fosforilação oxidativa resultando, em ambos os casos, na formação de ATP, por intermédio da respiração celular. No caso da glicólise aeróbia este processo denomina-se de fosforilação a nível do substrato e resulta na formação de ATP por intermédio da conversão da glucose em duas moléculas de piruvato. Por outro lado, a fosforilação oxidativa ocorre nas mitocôndrias que, aproveitando-se da energia gerada na cadeia de transporte de eletrões<sup>8</sup>, resulta na síntese de ATP (Baechle & Earle, 2008).

<sup>8</sup> A cadeia de transporte de eletrões é responsável pelo aproveitamento da energia gerada através das reações químicas que ocorrem nas mitocôndrias, que é utilizada na formação de ATP através do metabolismo aeróbio (Alvar et al., 2017).

Segundo Allen & Holm (2008) , sob condições aeróbias, o lactato produzido é transportado para os rins, coração e fígado onde é convertido em piruvato. Posteriormente, é transportado para as mitocôndrias sendo convertido em ATP. Nos rins e no fígado o lactato pode ser diretamente convertido em glucose e pode ser novamente utilizado pelas células, uma vez armazenado na forma de glicogénio. Em condições normais, o organismo mantém uma concentração constante de 0.5 a 1.0 mmol/l de lactato no sangue, resultado da remoção eficiente desse composto. No entanto, quando o  $\dot{V}O_2$  não é suficiente para manter a homeostasia<sup>9</sup>, ocorre um desequilíbrio e a produção de lactato excede a sua remoção, resultando num aumento da sua concentração.

Durante atividades de baixa intensidade, o organismo tem a capacidade de remover o lactato produzido de forma eficiente, o que permite a manutenção destes esforços por longas durações. Nesta zona de esforço, o piruvato torna-se o produto principal da glicólise, sendo que esta contribui apenas com uma pequena percentagem (cerca de 5%) da produção total de energia. A maior parte do ATP produzido, durante o exercício de baixa intensidade, é gerada pelas mitocôndrias por meio do metabolismo aeróbio, e da metabolização de hidratos de carbono e da gordura. Este sistema é de extrema importância na *performance* física, tendo em consideração que produz tremendas quantidades de ATP, em comparação com os sistemas anaeróbios (Baechle & Earle, 2008).

### **1.3.2. Consumo Máximo de Oxigénio ( $\dot{V}O_{2máx}$ )**

O desenvolvimento da aptidão física pode ter dois objetivos: (1) o desenvolvimento da capacidade física, nas suas várias componentes ou (2) a melhoria da saúde. Dentro das capacidades físicas, a capacidade cardiorrespiratória destaca-se pela sua importância, sendo esta responsável por sustentar esforços exigentes por longos períodos. Esta é de extrema importância não só no desempenho atlético, mas também nas atividades diárias, como andar ou subir escadas e na prevenção de doenças como o cancro, enfarte, diabetes, obesidade, doenças cardiovasculares, entre outras. A medição da capacidade cardiorrespiratória revela-se essencial na avaliação da saúde e da capacidade física, encontrando-se diretamente relacionada com o conceito de  $\dot{V}O_{2máx}$ . A Organização Mundial da Saúde considera este conceito como o melhor indicador da capacidade cardiorrespiratória (Kour Buttar et al. 2019). Poole & Jones (2017) e Kenney et al. (2012) acrescentam que a medição do  $\dot{V}O_{2máx}$

---

<sup>9</sup> A homeostasia é definida como o processo responsável pela manutenção da estabilidade interna do organismo, em resposta a flutuações externas. Alguns exemplos deste processo são a regulação da temperatura corporal, bem como o balanço da alcalinidade e da acidez (Torday, 2015).

é amplamente reconhecida como a melhor forma de avaliação da função oxidativa do sistema cardiorrespiratório.

Segundo Bassett & Howley (2000), o  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  é definido como a taxa máxima de oxigénio que pode ser utilizado pelo corpo para a produção de energia, por via aeróbia, em atividades de alta intensidade e é mais frequentemente expresso em mililitros por quilograma por minuto (ml/kg/min). Para a determinação do  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  podem ser utilizados algoritmos que, através de variáveis como a velocidade e a FC, prevê-se o resultado, de forma indireta. O método indireto é vantajoso pela facilidade da sua condução e pelo custo reduzido, é, no entanto, menos preciso que os métodos diretos (Ashfaq et al., 2022). Os valores de referência para o  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  nos homens podem ser consultados na Tabela 1.

Tabela n.º 1 - Valores de referência para o  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  nos homens

Idade	Classificação da Aptidão Cardiorrespiratória (ml.kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )					
	Muito baixa	Baixa	Fraca	Boa	Excelente	Superior
20-29	<35.4	38.1-43.5	44.9-49.0	50.2-55.2	57.1-61.8	> 66.3
30-39	<32.7	34.1-38.5	39.6-43.8	45.2-49.2	51.6-56.5	> 59.8
40-49	<29.0	30.5-34.6	35.7-38.9	40.3-45.0	46.7-52.1	> 55.6
50-59	<24.4	26.1-29.5	30.7-33.8	35.1-39.7	41.2-45.6	> 50.7
60-69	<21.2	22.4-25.7	26.6-29.1	30.5-34.5	36.1-40.3	> 43.0

Fonte: ACSM, 2008, citado em Almeida, 2023.

Os métodos diretos são conduzidos em laboratório e visam a medição das trocas de gases, para a análise da ventilação pulmonar e do  $\dot{V}O_2$ . Através de testes e protocolos conduzidos em passadeiras e ciclo ergómetros, é possível calcular, com bastante fiabilidade e precisão, o  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  de um dado indivíduo. Por outro lado, estes testes requerem um custo elevado, a utilização de equipamento sofisticado, profissionais qualificados e bastante tempo para a condução de cada avaliação (Kour Buttar et al., 2019).

É ainda importante fazer-se referência à diferença entre o  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  e o  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$ . O  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  é o valor máximo de  $\dot{V}O_2$  que é atingido num teste de esforço, mesmo que não tenha sido alcançada a fadiga total ou o esgotamento físico. Isto implica que o  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  possa ser atingido quando ocorre a exaustão psicológica ou periférica, como a fadiga muscular localizada, antes de se alcançar o limite físico total. A diferença entre  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  e  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  é importante na medida em que o  $\dot{V}O_{2\text{pico}}$  pode ser um valor ligeiramente inferior ao  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  real, já que pode não representar a capacidade máxima do sistema cardiorrespiratório. (Beltz et al., 2016).

No âmbito militar, são inúmeras as tarefas onde a capacidade aeróbia é altamente recrutada, nomeadamente, em deslocamentos táticos, na preparação de posições de combate, na evacuação longa de feridos, nos deslocamentos contínuos, na navegação terrestre, entre outras. Quando o desempenho aeróbio, ou o  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , de um militar é elevado, a execução destas mesmas tarefas pode ser dada a custos metabólicos mais baixos, o que significa que se pode sustentar o esforço por períodos mais longos, com menor acumulação de fadiga e com uma recuperação mais eficiente. Além do melhor desempenho tático, uma boa capacidade aeróbia está também associada a uma menor ocorrência de lesões e, em geral, a uma vida mais saudável (Friedl et al., 2015).

De acordo com Pihlainen et al. (2014), o transporte da carga externa aumenta, significativamente, o dispêndio metabólico. Estima-se que, para que um indivíduo possa garantir um nível adequado de esforço sem comprometer o desempenho, não deve ultrapassar 40% do seu  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ . O  $\dot{V}O_2$  médio associado às várias tarefas militares situa-se entre 18 e 24 ml/kg/min, sendo que estes valores rondam 50% do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  dos militares. Um estudo levantado por Maupin et al. (2018) concluiu que, em média, os militares possuem um  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  de 47,80 ml/kg/min.

Boffey et al. (2019) acrescentam que a capacidade de transporte do equipamento individual, esta diretamente relacionada com o  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  do militar. O aumento da carga resulta num aumento da FC, do  $\dot{V}O_2$ , do dispêndio de energia e da concentração de lactato no sangue. Um estudo que visou analisar o impacto do equipamento utilizado pelos militares no Afeganistão, em 2003, registou um aumento de 10,3% do  $\dot{V}O_2$  desde o início de uma marcha até passada uma hora. De acordo com Crowder et al. (2007), através da simulação de uma marcha forçada na passadeira, com o equipamento individual a pesar 27kg, um aumento progressivo no gradiente (de 0 a 10%) e a um ritmo de 5,5 km/h, foi possível aferir que os sujeitos atingiam 61% a 90% do seu  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ .

No contexto do TO da RCA, foi estimado que, no desempenho de TC, os militares que desempenhem funções de comando devem ser capazes de atuar a 28% do seu  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , (consumos mínimos de 10.05 ml/kg/min) e os atiradores a 56% do seu  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  (consumos mínimos de 21.02 ml/kg/min). Uma das tarefas mais exigentes identificadas foi o transporte de feridos, que, sendo efetuado numa distância de 25m, atingiu valores de 79% do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ . Estimou-se também que, utilizando o equipamento individual de combate associado a este TO, verifica-se uma redução a metade do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  dos militares, o que revela o impacto significativo do equipamento individual no desempenho físico, e a boa preparação física necessária para este TO (Alves, 2022).

### 1.3.3. Velocidade Crítica

Tal como o  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  ou o LT, a VC também é utilizada como um medidor da capacidade aeróbia e anaeróbia de um indivíduo. A VC é definida como a maior capacidade submáxima<sup>10</sup> que pode ser sustentada antes do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  ser atingido, ou seja, é a intensidade de exercício que, a partir da qual, o  $\dot{V}O_2$  começa a progredir, gradualmente, para o  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ . Isto sugere que antes de se atingir esta velocidade seja possível entrar-se num estado de esforço constante e moderado (Hill & Ferguson, 1999). A determinação da VC é relevante porque permite determinar a intensidade a partir da qual a homeostasia do lactato no sangue se perde e se atingem valores que, com o prolongar da atividade na mesma intensidade (ou superior), levam a valores insustentáveis (Clarke et al., 2014). Isto porque a VC representa a taxa máxima segundo a qual o metabolismo oxidativo se mantém sustentável, sem a dependência do metabolismo de energia através dos sistemas de fosfagénio e glicolítico anaeróbio (Hoffman et al., 2016).

De acordo com Jones et al. (2010) a concentração de lactato no sangue em repouso é de, aproximadamente, 1 mmol/l. Após vários minutos de exercício na VC, esta concentração estabiliza em 5-6 mmol/l. Por outro lado, a uma velocidade 5% superior à VC, ocorre uma resposta metabólica completamente diferente, uma vez que o  $\dot{V}O_2$  atinge rapidamente o seu valor máximo. Estudos mais recentes vieram a comprovar esta mesma teoria. Poole et al. (2016) evidenciaram que a VC representa uma taxa metabólica na qual a produção de energia pelo organismo não resulta numa acumulação progressiva de lactato, sendo este removido com eficiência. Esta definição pode mostrar parecenças com as de LT, porém, estas diferem na medida em que a VC se aproxima mais do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  de um dado indivíduo, especificamente, 70-80% do seu  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , ao passo que a LT se encontra a 50-65%. Fukuda et al. (2012) também relacionaram a VC com o  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , concluindo que a VC está associada, aproximadamente, a um consumo de 73% do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  de um indivíduo. Isto indica que intensidades de exercício superiores à VC vão conduzir à falta de eficiência e fadiga muscular, mas também que, treinar a componente da VC pode levar a melhorias substanciais do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ .

A Capacidade de Trabalho Anaeróbio (CTA) representa a reserva finita de energia que é possível ser gasta em velocidades superiores à VC. Correr-se a velocidades superiores à VC, está diretamente relacionado com a perda de eficiência da capacidade muscular e

---

<sup>10</sup> Um exercício de intensidade submáxima é característico pela necessidade de oxigénio nos músculos ir de encontro à capacidade de resposta do sistema oxidativo, sendo, portanto, executado abaixo do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ . (Bassett & Howley, 2000).

cardiorrespiratória, devido ao aumento da concentração de lactato no sangue, bem como ao dispêndio das reservas de fosfocreatina, de glicogénio e de ATP nos músculos (Dicks & Pettitt, 2021) .

Inicialmente, o teste de VC era conduzido através de uma série exaustiva de exercícios, a intensidades variadas, utilizando testes progressivos ou distâncias específicas, sendo que a VC era estimada através da relação entre a intensidade e o tempo que os indivíduos levavam até à exaustão (Dicks & Pettitt, 2021). No entanto, estes protocolos de cálculo da VC revelaram-se extremamente morosos e desgastantes para os indivíduos. Dicks et al. (2021), Solomonson et al. (2016) e Hoffman et al. (2016) verificaram que, através de um teste de corrida de esforço máximo, num período de 3 minutos, é possível, de uma forma simples e económica, detetar-se a VC de uma amostra considerável, numa única sessão, bem como avaliar a capacidade aeróbia e anaeróbia dos sujeitos.

O teste de “*all out effort*” de 3 minutos permite determinar a VC na medida em que, uma vez atingido o esforço máximo, segue-se um período de declínio progressivo da velocidade. Quando se atinge uma velocidade constante, estamos perante a VC. Foi estimado que este valor é atingido e mantido nos últimos 30 a 60 segundos do teste (Vanhatalo et al., 2007). Poole et al. (2016) afirmam, igualmente, que dois minutos e meio após o início do teste se atinge um *plateau* na velocidade do sujeito, o que sugere que se atingiu a VC. Este fenómeno ocorre uma vez que a VC representa a velocidade máxima associada a um metabolismo de energia sustentável, demarcando um limiar de intensidade (Bergstrom et al., 2014). A validade do teste de 3 minutos foi testada por Johnson et al. (2011), onde foi concluído que o teste era fiável e que a VC era estimada de forma correta, consistentemente. Além da VC, também concluíram que o teste de três minutos oferecia uma estimativa fiável da CTA, que se traduz na distância que um indivíduo é capaz de correr, em esforço máximo, antes de atingir a VC. Neste momento, as reservas de glicogénio e de fosfocreatina esgotam-se, permanecendo apenas o sistema oxidativo como fonte principal de produção de energia.

Este limiar metabólico crítico é de extrema relevância no contexto militar tendo em consideração as exigências físicas específicas das TC da atualidade (AU)<sup>11</sup>. Solomonson et al. (2016) concluíram que o incremento de carga externa causa um efeito negativo considerável na VC dos militares, o que sugere que esta variável é de extrema importância no que concerne ao desempenho com o equipamento individual, em ambiente tático. No caso deste estudo, foram aplicados dois testes de 3 minutos, para se avaliar a VC e a CTA com e

---

<sup>11</sup> Vide subcapítulo 1.1.4

sem o equipamento de combate (18,86kg de carga externa), aferindo-se uma redução média de 2,40km/h da VC, e a manutenção da CTA. Pettitt & Dick (2017) também enaltecem a relevância da VC, e do teste de 3 minutos, em populações que operam em ambiente tático, fruto da frequente utilização de carga externa. Também aferiram que a determinação da CTA e da VC se torna útil na predição da capacidade e velocidade de corrida, em distâncias que variam dos 1000 aos 5000 metros, estabelecendo bases para a prescrição de treinos de alta intensidade, que visam o melhor desempenho dos militares sobre carga externa, bem como a sua capacidade de sobrevivência no campo de batalha.

Dicks et al. (2021) conduziram um estudo com o propósito de avaliar o conceito da VC na prescrição de treinos de alta intensidade, com o propósito de aumentar a VC e a *performance* sob carga externa. Foi observado que, com apenas dois treinos por semana, ao longo de 4 semanas, utilizando um programa de treino de alta intensidade personalizado com base nos dados da VC, verificaram-se melhorias no desempenho de tarefas sob carga externa, bem como na VC e no  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  dos militares. Estudos conduzidos por Hoffman et al. (2016) entraram em concordância na medida em que foi possível concluir que a VC está fortemente relacionada com a *performance* em TC do CAU.

## CAPÍTULO 2. METODOLOGIA, MÉTODOS E MATERIAIS

No presente capítulo serão expostos e enquadrados os métodos e procedimentos adotados nas várias fases da investigação, por forma a fundamentar e justificar as opções adotadas.

Esta investigação foi conduzida segundo a NEP 522/1<sup>a</sup>/AM, Normas para a Redação de Trabalhos de Investigação relativamente à estruturação e formatação. Para a referenciação, foram adotadas as normas APA da 7<sup>a</sup> edição. Ao longo do capítulo é exposto o tipo de abordagem adotada para recolha de dados (2.1), os OE (2.2), a PP e as perguntas derivadas (PD) (2.3), a composição e pertinência da amostra (2.4), os métodos estatísticos utilizados (2.5), os procedimentos formais e éticos adotados (2.6), os instrumentos de medição e de recolha de dados (2.7) e, por fim, os protocolos utilizados na condução dos testes de  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  (2.8.1), da VC (2.8.2), das pesagens, medições de estatura e da pressão arterial (2.8.3).

### 2.1. Tipo de Abordagem

Um estudo científico requer a adoção de uma estratégia específica que oriente o desenvolvimento do saber. Segundo Creswell (2014), a estratégia quantitativa é utilizada para o estudo de variáveis que são tipicamente medidas através de instrumentos, por forma a que os dados possam ser analisados através de procedimentos estatísticos. Santos et al. (2016) e Håkansson (2013) acrescentam que esta estratégia visa explicar a temática em estudo, através de verificações sistemáticas das hipóteses estabelecidas e da revisão da literatura. As hipóteses devem ser mensuráveis e quantificáveis, sendo necessário uma quantidade significativa de dados para a sua validação. Neste sentido, e considerando as necessidades que a presente investigação tem no que concerne a recolha e a análise estatística de dados, para que o estudo levantado na revisão de literatura possa ser, ou não, verificado, considera-se a abordagem quantitativa a mais adequada. Para o tratamento e análise estatística dos dados apurados, recorreu-se às ferramentas *software IBM SPSS Statistics 28* e *Microsoft Excel*.

O método indutivo, ou empírico, foi a linha de raciocínio adotada neste estudo, servindo de base lógica para a investigação. Este método baseia-se no estudo de um caso particular, para a obtenção de um resultado geral, através da observação e experimentação de casos concretos, procurando identificar as suas relações (Prodanov & Freitas, 2013). Para tal, é necessária a realização e categorização de observações, visando a formulação de

hipóteses que, posteriormente, são verificadas (nesta ordem de raciocínio), através da base de dados construída (Santos et al., 2016). Vai-se assim ao encontro do objetivo deste estudo que, através da análise dos dados laboratoriais, obtidos através de uma amostra, e do cruzamento com as informações obtidas na revisão de literatura, se pretende generalizar.

A presente investigação prende-se num estudo de caso, tendo em consideração que a amostra é extremamente pertinente para o estudo em causa, que se foca num fenómeno contemporâneo, num contexto de vida real (Yin, 2003). Desta forma, o presente estudo de caso foca-se nos militares pertencentes ao BCmnds, atualmente em aprontamento para a 13<sup>a</sup> FND na RCA, no âmbito da MINUSCA, sendo que o objeto de estudo compreende os militares das unidades de manobra.

Para a pesquisa bibliográfica, deu-se prioridade a fontes primárias, nomeadamente, artigos e revistas científicas, livros, relatórios, teses de doutoramento, dissertações de mestrado, publicações doutrinárias do EP e documentos doutrinários dos Estados Unidos da América e da NATO, sobre o tema em questão. Para a redação do TIA foi utilizado o *software Microsoft Office* e para a realização de citações e das referências bibliográficas o *Mendeley Reference Manager*.

## 2.2. Definição dos Objetivos Específicos

O objetivo geral de um estudo apresenta, de forma clara, a intenção do investigador, bem como o porquê da investigação. Identifica também as variáveis-chave, a população alvo e a orientação do estudo (Fortin, 1999). Assim sendo, temos como objetivo geral da investigação, “**caracterizar o impacto da carga externa no desempenho físico em ambiente urbano na RCA**”. Para o cumprimento do objetivo geral, o mesmo foi desconstruído em OE representados na tabela n. °2. Estes traduzem-se em investigações observáveis e mensuráveis que combinados visam o sucesso da investigação (Santos et al., 2016).

Tabela n.º 2 – Objetivos Específicos

OE1	Caracterizar o equipamento individual de combate utilizado em combate na RCA;
OE2	Determinar o $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ e a VC com e sem equipamento individual.
OE3	Compreender o impacto do equipamento individual no desempenho físico dos militares em AU.

### 2.3. Pergunta de Partida e Perguntas Derivadas

De forma a expor, de forma clara e objetiva, aquilo que pretendo descobrir com a presente investigação e, procurando responder ao objetivo geral deste estudo, referido anteriormente, formulei a PP, “**Qual o impacto da carga externa no desempenho físico em Ambiente Urbano na RCA?**”. E, como auxílio à resposta da PP, e em resposta aos OE supramencionados, foram levantadas três PD, apresentadas na tabela n.º 3.

Tabela n.º 3 – Perguntas de Partida

PD1	Como se caracteriza o equipamento individual de combate utilizado em combate na RCA?
PD2	Qual é o impacto do equipamento individual no $\dot{V}O_{2máx}$ e na VC?
PD3	Qual o impacto do equipamento individual no desempenho físico dos militares em AU?

### 2.4. Amostra: Composição e Justificação

De acordo com Ribeiro (2010) e Fortin (1999) a população consiste nas pessoas, ou objetos, que partilham características comuns, com base nas quais se pretende aferir conclusões. Uma amostra, por outro lado, representa um subconjunto de uma mesma população, que é selecionado com o objetivo de apurar características da população a que pertence. A população alvo desta investigação são os militares que desempenham funções de combate em AU, no entanto, a análise dos dados será realizada através de uma amostra, representativa da população, uma vez que não é viável reunir toda a população para a obtenção dos resultados (Quivy & Campenhoudt, 1995).

A seleção e caracterização da amostra para este estudo é considerada não probabilística, ou empírica, tendo em consideração que foi selecionada pelas suas características específicas, que são de extrema relevância para este estudo. Este género de amostragem é caracterizado por não se basear na teoria das probabilidades e por os elementos da população pertencentes à amostra não terem a mesma probabilidade de seleção que os restantes elementos (Marôco, 2018). A amostra é constituída por cinco elementos, pertencentes ao BCmds, que estão atualmente em aprontamento para a 13ª FND, no âmbito da MINUSCA. A pertinência desta amostra deve-se ao facto de os Comandos serem uma força especial do EP, altamente capaz e prestigiada, e de estarem presentemente em

aprontamento para a 13ª FND, no TO da RCA<sup>12</sup>, onde são desempenhadas tarefas altamente exigentes, tanto física como psicologicamente, no âmbito do CAU.

Relativamente à sua caracterização sociodemográfica, podemos destacar uma idade média de 25±3,20<sup>13</sup> anos, uma altura média de 180,40±6,20cm e um peso médio de 81,60±9,70kg, o que resulta num índice de massa corporal (IMC)<sup>14</sup> médio de 24,90±2,27kg/m<sup>2</sup>. Estes valores podem ser analisados com maior detalhe na tabela n.º 4. A tabela n.º 12, exposta no Anexo D, foi a utilizada para o registo da caracterização da amostra.

A amostra utilizou o seu equipamento individual de combate, para a realização dos testes em laboratório e em pista, representado no Anexo A e no Anexo B. Desta forma, aferiu-se que, nos testes com equipamento, a amostra atingia uma percentagem de carga externa média de 29,99±6,22%<sup>15</sup>, em relação ao seu peso corporal. O peso total médio do equipamento utilizado foi de 23,08±2,37kg, sendo que as variações se devem ao facto de cada elemento utilizar, respetivamente, o seu equipamento, que difere consoante as funções de combate, nomeadamente o Atirador ML, o Atirador especial e Atirador normal<sup>16</sup>.

**Tabela n.º 4 – Caracterização Sociodemográfica da Amostra**

	Peso (kg)	Altura (cm)	Idade (anos)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	% Carga Externa (kg)
Média	81,16	180,40	25,00	24,90	29,99
Mediana	79,20	182,00	24,00	24,90	31,34
Desvio Padrão	9,70	6,20	3,20	2,27	6,22
Variância	94,03	38,49	10,22	5,16	38,75
Mínimo	68,20	171	21	21,80	19,80
Máximo	96,80	188	29	27,40	36,90

## 2.5. Métodos Estatísticos Considerados

A análise estatística dos dados recolhidos permite que grandes quantidades de informação sejam manipuladas e trabalhadas, com celeridade e facilidade, resultando na

<sup>12</sup> Vide subcapítulo 1.1.3

<sup>13</sup> O valor apresentado corresponde à média, mais ou menos o seu desvio padrão.

<sup>14</sup> O IMC foi calculado através do peso do indivíduo a dividir pelo quadrado da sua estatura e permite uma associação relativa à gordura corporal e à normalidade do peso (Almeida, 2023).

<sup>15</sup> A percentagem de carga externa corresponde ao peso relativo do equipamento individual de combate em relação ao peso do indivíduo.

<sup>16</sup> Vide Subcapítulo 1.2.1

apresentação dos dados de diferentes formas, aumentando-se assim a qualidade da interpretação dos mesmos (Quivy & Campenhoudt, 1995). Relativamente à forma de apresentação dos dados, recorreu-se a técnicas de estatística descritiva, nomeadamente gráficos de linhas e tabelas de frequências.

Segundo Fortin (1999) e Ribeiro (2010), as técnicas de estatística descritiva têm como objetivo, a partir de uma amostra e dos respetivos resultados recolhidos, apresentar um retrato geral das características aferidas, verificando-se também as relações existentes entre as variáveis. No que concerne as medidas de tendência central, que são utilizadas para sumarizar os dados, consideraram-se a média e a mediana amostral

. Sobre as medidas de dispersão, que representam as variabilidades amostrais, foram utilizados os valores extremos, ou máximos e mínimos, os quartis, o desvio padrão, a variância e a amplitude amostral.

## **2.6. Procedimentos Formais e Éticos**

Um trabalho de investigação deve compreender certos princípios que regulam o seu desenvolvimento, nomeadamente, “o respeito pela dignidade da pessoa humana, pelo progresso e valorização do conhecimento, pela qualidade e originalidade da investigação, pela verdade científica e pela liberdade de investigação” (Santos et al., 2016, p. 142). Acrescentar que, como no caso do presente estudo, onde foi necessário recorrer a indivíduos para a realização do trabalho de campo, é sabido que a sua participação deve ser sempre feita de forma voluntária, através da assinatura de um documento de consentimento informado.

O documento de consentimento informado deve conter uma explicação geral do tema em estudo, o seu propósito, a duração do envolvimento do sujeito na pesquisa, bem como os testes a que serão submetidos, quaisquer riscos a que possam estar sujeitos e, por fim, uma declaração de anonimato, confidencialidade e de consentimento voluntário (Santos et al., 2016). Todos os cinco elementos da amostra desta investigação leram e assinaram este mesmo documento, explanado no Apêndice A.

## **2.7. Instrumentos de Medição**

O presente TIA recorreu à utilização de certos instrumentos de medição para a recolha de dados, nomeadamente o analisador PNOË, o Lactate Pro 2 da Arkray, o cardiofrequencímetro H10 da Polar, o medidor de passada Stride Sensor Smart e o relógio Garmin Forerunner 645, onde são armazenados os dados do medidor de passada e do cardiofrequencímetro. Os recetores do sistema de posicionamento global deste relógio têm

uma precisão de até 10 metros, captando sinais dos sistemas de *GPS*, *GLONASS* e *Galileo*. Para a medição do peso (kg) e da estatura (metros) foi utilizado o estadiômetro portátil SECA<sup>®</sup> 213 e para a medição da pressão arterial o medidor Sanitas SBM 67.

O PNO $\bar{E}$  é um analisador metabólico, recentemente desenvolvido, que tem como objetivo a análise das trocas de gases. Este dispositivo pesa, aproximadamente, 800 gramas e possui a valência de ser portátil, permitindo assim que sejam efetuadas medições tanto no laboratório como no campo. Por forma a que possa ser utilizado, deve-se calibrar o dispositivo com o ar ambiente, através da aplicação PNO $\bar{E}$ . O analisador opera segundo um sistema “*breath by breath*” que mede, continuamente e simultaneamente, o volume e a concentração dos gases. O  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  é medido através de uma técnica de circuito aberto de calorimetria indireta<sup>17</sup>, que avalia as trocas de gases pulmonares através do nariz e da boca.. O analisador portátil PNO $\bar{E}$  é, portanto, capaz de medir, com exatidão, as trocas de gases efetuadas através da respiração, num amplo conjunto de exercícios, nas várias intensidades (Tsekouras et al., 2019).

O *Lactate Pro 2* é capaz de medir o lactato no sangue, em mmol/l, com uma amostra de sangue de apenas 0.3  $\mu$ L, sendo que os resultados são calculados em apenas 15 segundos. É portátil e é capaz de armazenar dados de três indivíduos diferentes, até 330 testes no total (Arkray, 2017).

## **2.8. Métodos de Medição Utilizados**

### **2.8.1. Protocolo para o Cálculo do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ em Laboratório**

O cálculo do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  foi efetuado por intermédio do protocolo conduzido por Alves (2022), que por sua vez foi baseado no protocolo de Louhevaara et al. (1995). Este protocolo foi utilizado para o teste com e sem o equipamento individual de combate (Anexo A e B). Foi realizado numa passadeira de corrida em laboratório através do analisador metabólico PNO $\bar{E}$ <sup>18</sup>. Os indivíduos sujeitos a ambos os testes tiveram um período de descanso de quatro dias para que a recuperação do primeiro teste fosse total e não afetasse o cálculo do segundo teste. Foi também medida a pressão arterial dos indivíduos, antes do teste, como medida de segurança.

O protocolo conduz-se na passadeira de corrida e inicia-se com um aquecimento de 5 minutos, a uma velocidade de 4,5km/h e sem inclinação. O teste consiste em patamares de

---

<sup>17</sup> A calorimetria indireta é um método utilizado para a determinação dos gastos energéticos, através do consumo de oxigénio e da produção de CO<sub>2</sub> (Gavetas, 2018).

<sup>18</sup> Vide subcapítulo 2.7

dois minutos, iniciando-se, após o aquecimento, a uma velocidade de 4,5km/h e a uma inclinação de 2%. A cada patamar a inclinação aumenta 2% e a velocidade mantém-se constante, até ser atingida a inclinação de 8%, a partir da qual a inclinação se mantém constante e a velocidade aumenta 1km/h, a cada patamar. O teste dá-se por terminado segundo três ocasiões, caso o indivíduo desista devido à exaustão, caso a FC atinja o valor máximo<sup>19</sup> ou caso o quociente respiratório (QR)<sup>20</sup> atinja ou supere o valor de 1. Concluído o teste, os indivíduos procedem à recuperação ativa através de 6 minutos na passadeira, a uma velocidade de 4km/h, sem inclinação, momento em que são feitas recolhas do lactato.

Durante o teste, 30 segundos antes da conclusão de cada patamar, são recolhidos os valores de lactato sanguíneo e a perceção subjetiva de esforço (PSE), baseada nos dados expostos no Anexo C. A PSE é uma escala de 6 a 20, sendo que 6 se considera nenhum esforço e 20 esforço máximo, tendo como objetivo avaliar a sensação de fadiga e de esforço, cardiorrespiratório e muscular, durante uma dada atividade física (Almeida, 2023). Os dados foram registados através de uma folha de registos representada na tabela n.º 13, no Anexo D.

### **2.8.2. Protocolo para o Cálculo da Velocidade Crítica**

O cálculo da VC foi efetuado com base no protocolo já conduzido por Hoffman et al. (2016). Este protocolo foi igualmente conduzido com e sem o equipamento individual de combate, representado no Anexo A e B e foi realizado numa pista de 400 metros. Houve também um intervalo de descanso considerável entre os testes para que o cansaço acumulado no primeiro teste não afetasse o resultado do segundo. Antes do teste, como medida de segurança, foi medida a pressão arterial dos indivíduos.

O protocolo baseia-se num teste de esforço máximo de 3 minutos de corrida e é precedido por um aquecimento de 10 minutos. No total dos 3 minutos é requerido que os indivíduos mantenham um esforço máximo de execução, sem qualquer tipo de gestão de esforço. Para tal, os mesmos não são informados relativamente à duração do teste, nem do tempo em falta, uma vez iniciado. De realçar que lhes foi conferida liberdade de escolha relativamente à forma de transporte da arma de fogo.

---

<sup>19</sup> Segundo o método de Astrand, o valor da FC máxima é igual 220 batimentos por minuto menos o valor da idade, em anos.

<sup>20</sup> O QR resulta do rácio entre o  $\dot{V}O_2$  e o  $\dot{V}CO_2$  e é utilizado para se estimar quais as fontes energéticas mais requeridas (Gavetas, 2018).

Para a recolha da distância total percorrida, da velocidade média e das velocidades instantâneas foi utilizado o relógio Garmin Forerunner 645. Posteriormente, os dados foram descarregados e procedeu-se ao cálculo das variáveis. O cálculo da VC é feito por intermédio da velocidade média dos últimos 30 segundos do teste. A CTA é calculada através da distância percorrida antes de se atingir a VC. Antes, no fim, três, seis e nove minutos após a conclusão do teste foi registada a concentração de lactato no sangue.

### **2.8.3. Protocolos de Pesagem, medição de Estatura e da Pressão Arterial**

O peso dos indivíduos foi aferido através da média de duas pesagens, efetuadas com um intervalo de 10 segundos, sendo que um desvio de 0,50kg, entre pesagens, não seria considerado válido. A estatura foi medida, igualmente, duas vezes, sendo que uma diferença de 0,50 centímetros (cm), entre medições, também não seria aceite. Para ambas as medições foi utilizado o estadiómetro portátil SECA<sup>®</sup> 213. As medições foram efetuadas de manhã, após o acordar, para minimizar qualquer erro (Almeida, 2023).

Para a medição da pressão arterial, os indivíduos foram sentados, confortavelmente, numa cadeira com encosto, precedido por um descanso de cinco minutos. O braço onde foi aplicado o medidor ficou apoiado numa mesa e a braçadeira ficou ao nível do coração, cerca de três cm acima do cotovelo. Foi aferido que os indivíduos não tivessem ingerido substâncias estimulantes que pudessem afetar os resultados.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS

No presente capítulo vão ser expostos os resultados obtidos nos testes efetuados. Primeiramente, em 3.1, serão apresentados os resultados obtidos nos testes de  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , não só relativamente aos consumos de oxigénio e de  $CO_2$ , mas também relativamente ao lactato, à FR e FC. Seguidamente, em 3.2, serão abordados os dados obtidos nos testes da VC, nomeadamente os valores referentes à VC, CTA, a velocidade máxima e a velocidade média, a cadência e o comprimento da passada.

### 3.1. Resultados do $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$

#### 3.1.1. Teste de $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ e Indicador Lactato

Seguindo o protocolo descrito no subcapítulo 2.8.1, os indivíduos pertencentes à amostra foram sujeitos a dois testes de  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  (com e sem o equipamento individual de combate), onde foram avaliados os consumos de oxigénio e de  $CO_2$ , a FC e a FR, os níveis de lactato antes, durante e após o teste (mmol/l), bem como a PSE nestas mesmas fases.

Relativamente aos valores de  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  dos indivíduos, foi possível identificar-se um decréscimo de 32% do teste sem equipamento para o teste com equipamento. Sem o equipamento de combate, a média do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  da amostra foi de  $54,40 \pm 9,62$  ml/kg/min, ao passo que, com equipamento, foi de  $37,18 \pm 5,48$  ml/kg/min. A diminuição da performance também foi notória nos patamares alcançados no teste, sendo que, sem equipamento e em média, os indivíduos da amostra conseguiram alcançar mais três patamares, repetindo o mesmo protocolo. Na tabela n.º 7 do Apêndice B encontram-se expostas as estatísticas descritivas relativas ao  $\dot{V}O_2$  e à produção de  $CO_2$ , por patamar. Na figura n.º 3 é também possível comparar-se o  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  nas provas com e sem equipamento, por indivíduo.

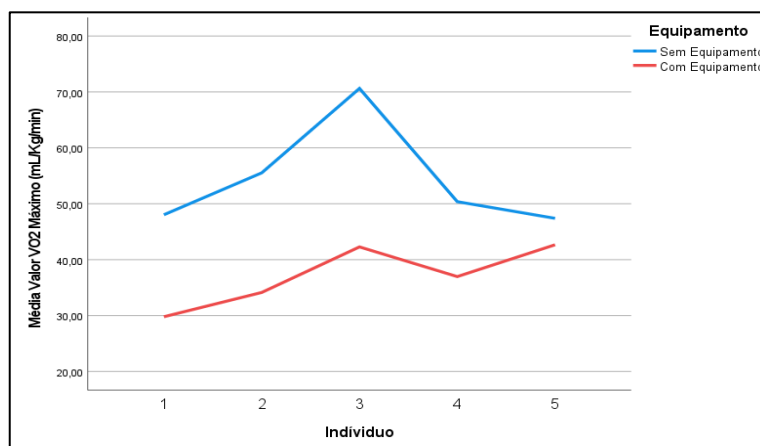


Figura n.º 3 -  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  Com e Sem Equipamento

Antes do teste, no fim de cada patamar e no período de recuperação foram efetuadas medições de lactato de modo que se pudesse identificar o momento em que se atinge o limiar do lactato, bem como o seu efeito acumulativo. No teste sem equipamento foi possível identificar-se uma maior concentração de lactato no sangue, devendo-se também ter em consideração que os testes sem equipamento tiveram uma maior duração. Por outro lado, tanto o primeiro limiar do lactato como o segundo foram atingidos, em média, com equipamento, dois patamares antes, do que no teste sem equipamento. Na figura n.º 4 é possível comparar-se as concentrações de lactato no sangue com e sem equipamento. De referir que a descontinuidade no gráfico se explica com o facto dos militares não terem alcançado os patamares indicados no teste com equipamento.

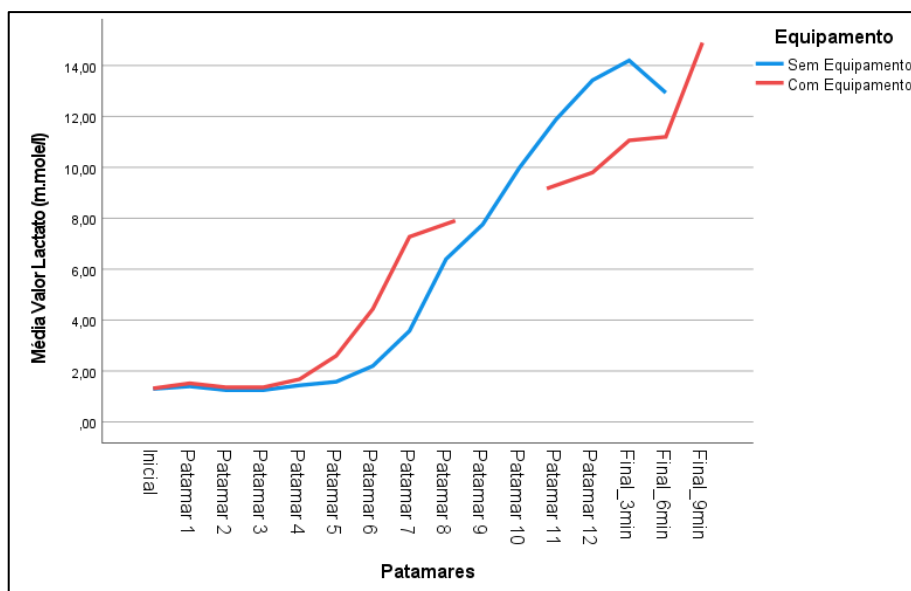


Figura n.º 4 – Concentração do Lactato nos Testes de  $\dot{V}O_{2máx}$

Desta forma, aferiu-se que o valor médio da concentração de lactato no sangue no decorrer de toda a prova sem equipamento, foi de  $5,71 \pm 5,39$  mmol/l, atingindo um valor máximo de 20,50 mmol/l. Ao passo que, com equipamento, o valor médio foi de  $5,08 \pm 4,82$  mmol/l, tendo sido a concentração máxima de 16,80 mmol/l. Todos os dados relativos ao lactato estão expostos na tabela n.º 9, no Apêndice B.

Relativamente à PSE, em ambos os testes, verificou-se que os indivíduos atingiram o valor máximo, o que é expectável em testes de  $\dot{V}O_{2máx}$  (20), porém, como se pode verificar na figura n.º 5, o aumento da PSE, no teste com equipamento, é mais acentuado ao longo

dos patamares. Os dados da PSE, descritos por patamar, encontram-se expostos na tabela n.º 10, no Apêndice B. Na figura n.º 5 é possível verificar-se a discrepância de valores da PSE em ambos os testes

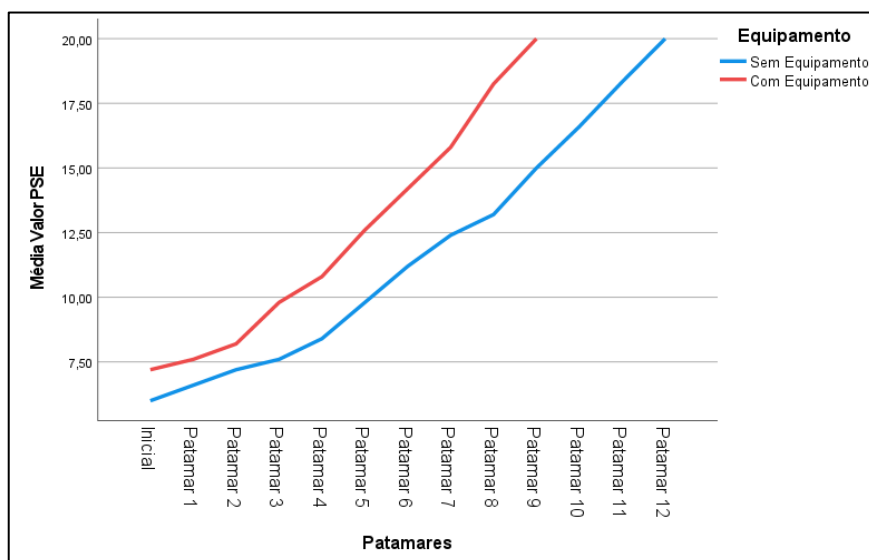


Figura n.º 5 – PSE nos Teste de  $\dot{V}O_{2máx}$

### 3.1.2. Frequências Respiratória e Cardíaca

No teste de  $\dot{V}O_{2máx}$  foram também analisadas a FC e a FR, por forma a que o impacto do equipamento individual pudesse ser aferido com o maior grau de pormenor possível. Todos os valores médios referentes às estatísticas descritivas da FR e da FC encontram-se expostos na Tabela n.º 8, no Apêndice B, discriminados por patamares. Na figura n.º 6 é possível comparar-se a FC, por patamares, das provas com e sem equipamento.

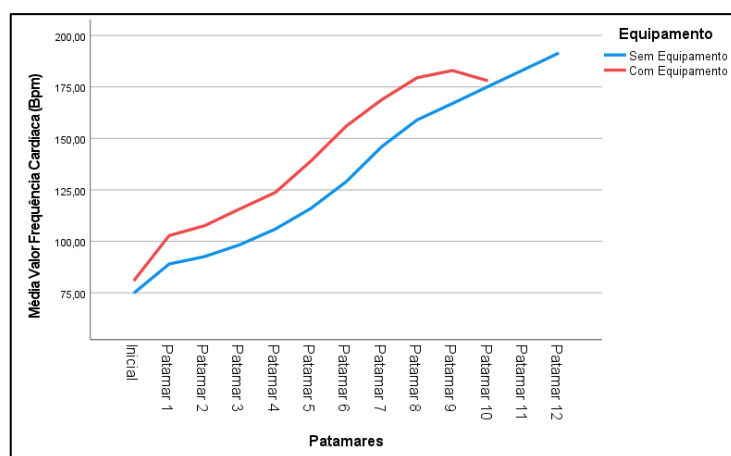


Figura n.º 6 – FC nos Testes de  $\dot{V}O_{2máx}$

No que concerne à FC, medida em batimentos por minuto (Bpm) foi possível identificar-se uma média de 4 Bpm superior na prova executada com equipamento. Este impacto foi desde logo notório no primeiro patamar onde, em média, os indivíduos já apresentavam uma FC de 103 Bpm, 14 Bpm superior à prova sem equipamento. Desta forma, tornou-se também clara uma menor amplitude amostral desde o início até ao fim da prova, o que sugere que, mesmo tendo a amostra atingindo menos patamares na prova com equipamento, a intensidade do exercício tenha sido muito maior.

A FR, medida em respirações por minuto (Rpm) manteve-se em linha de concordância com a FC e a concentração do lactato, onde se verificou um acréscimo de 6 Rpm na sua média, na prova conduzida com equipamento. Na figura n.º 7 podem-se analisar as FR alcançadas por patamar em ambas as provas. Pode-se verificar que, mesmo com o menor número de patamares alcançados, alcançaram-se valores médios máximos semelhantes nos testes com e sem equipamento, bem como uma média de valores bastante superior por patamar.

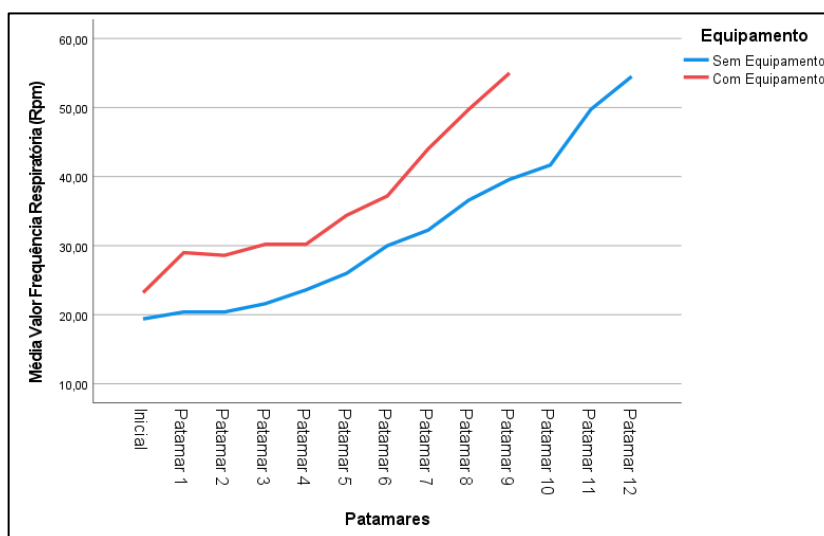


Figura n.º 7 – Rpm nos Teste de  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$

## 3.2. Resultados da Velocidade Crítica

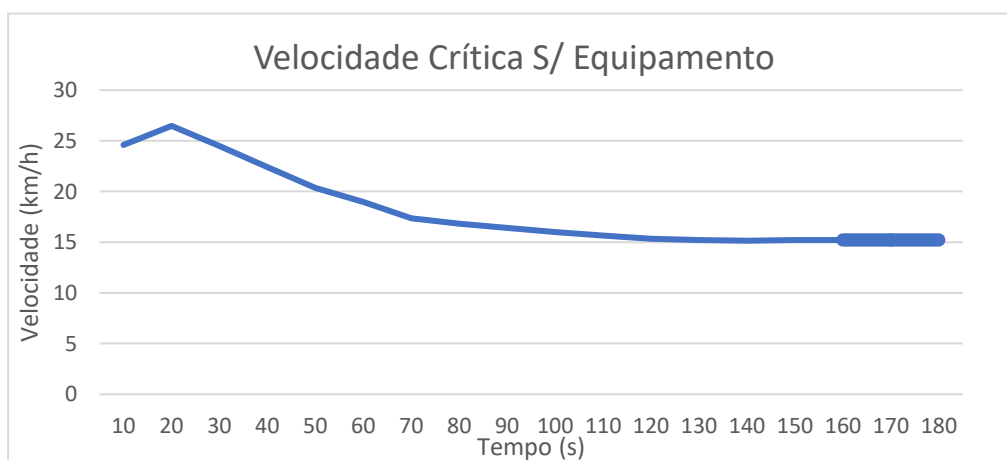
### 3.2.1 Teste de Velocidade Crítica e Indicador de Lactato

No que diz respeito aos testes de VC, através do protocolo descrito no subcapítulo 2.8.2, os indivíduos foram, igualmente, sujeitos a dois testes iguais, com e sem o equipamento individual de combate, onde foram registados e apurados os valores da VC, a

CTA, a velocidade máxima e a velocidade média, a cadência e o comprimento da passada. Todos os dados respetivos às provas conduzidas podem ser consultados na tabela n.º 11 no Apêndice C.

A VC média da amostra, com equipamento, foi de  $11,98 \pm 1,16$  km/h, enquanto que, sem equipamento, foi de  $15,23 \pm 0,59$  km/h, verificando-se um impacto de 21% na *performance*. Com o equipamento de combate, o valor máximo de VC foi de 13,20 km/h, o mínimo de 10,49 km/h e a mediana foi de 12,11 km/h. Sem o equipamento de combate atingiu-se um valor máximo de VC de 15,7 km/h, um valor mínimo de 14,8 km/h e uma mediana de 15,2 km/h. Na velocidade média verificou-se uma redução de 3 km/h, bem como na velocidade máxima, onde o impacto foi de 3,17 km/h. Nas figuras n.º 8 e 9 é possível analisar-se, respetivamente e em detalhe, a velocidade média atingida pela amostra no teste conduzido com e sem equipamento, ao longo dos três minutos de teste, identificando-se, nos últimos 30 segundos, a VC. É notório o impacto do equipamento na *performance* dos indivíduos.

Relativamente à CTA, o valor médio, aquando da utilização do equipamento de combate foi de  $490 \pm 31,62$  metros, atingindo-se um valor máximo de 520 metros, um valor mínimo de 450 metros e uma mediana de 495 metros. No teste sem equipamento a média foi  $593 \pm 164,80$  metros, alcançando-se um valor máximo de 800 metros, um valor mínimo de 400 metros e uma mediana de 585 metros. Isto permite aferir que, sem equipamento, a amostra percorreu mais 100 metros, antes de esgotar as reservas energéticas que alimentavam a sua capacidade anaeróbia.



**Figura n.º 8 – VC Sem Equipamento**

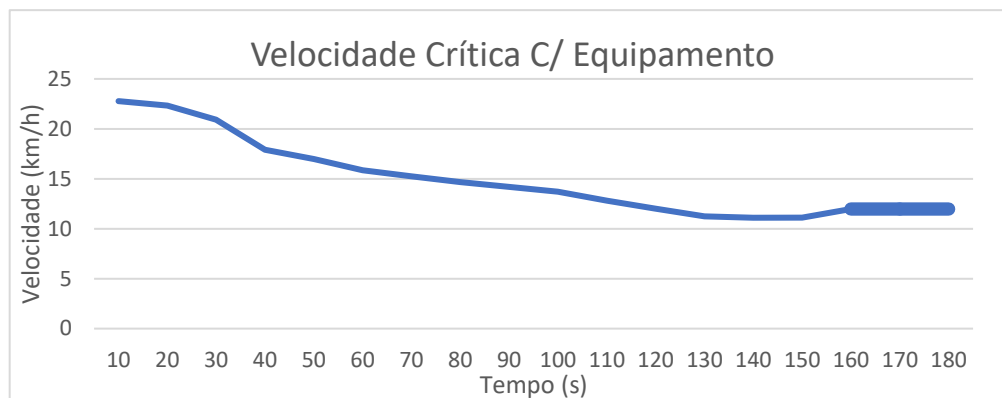


Figura n.º 9 – VC Com Equipamento

Como se pode verificar nas tabelas n.º 5 e 6 foram registados, em mmol/l, a concentração de lactato no sangue dos indivíduos antes, no fim do teste e, posteriormente, de três em três minutos, em repouso, até que se verificasse uma redução da concentração, para se poder estimar o tempo de recuperação. A concentração de lactato no sangue no fim do teste com equipamento foi superior ao teste sem equipamento bem como o tempo de recuperação, uma vez que foi necessário mais tempo para se verificar uma redução na concentração de lactato. No teste com equipamento, o tempo de recuperação chegou a atingir os 15 minutos, ao passo que, no teste sem equipamento, o tempo máximo de recuperação foram 9 minutos, onde a diferença de concentração de lactato no sangue foi, em média, de 1,27 mmol/l, comparando ambos os testes neste momento.

Tabela n.º 5 – Concentração do Lactato Com Equipamento na VC

C/ Equipamento	Antes	Fim	3min	6min	9min	12min	15min
<b>Média (mmol/l)</b>	1,95	8,12	11,92	13,1	13,9	13,25	11,9
<b>Desvio Padrão</b>	0,83	1,31	2,15	2,76	1,58	2,33	0,00

Tabela n.º 6 – Concentração do Lactato Sem Equipamento na VC

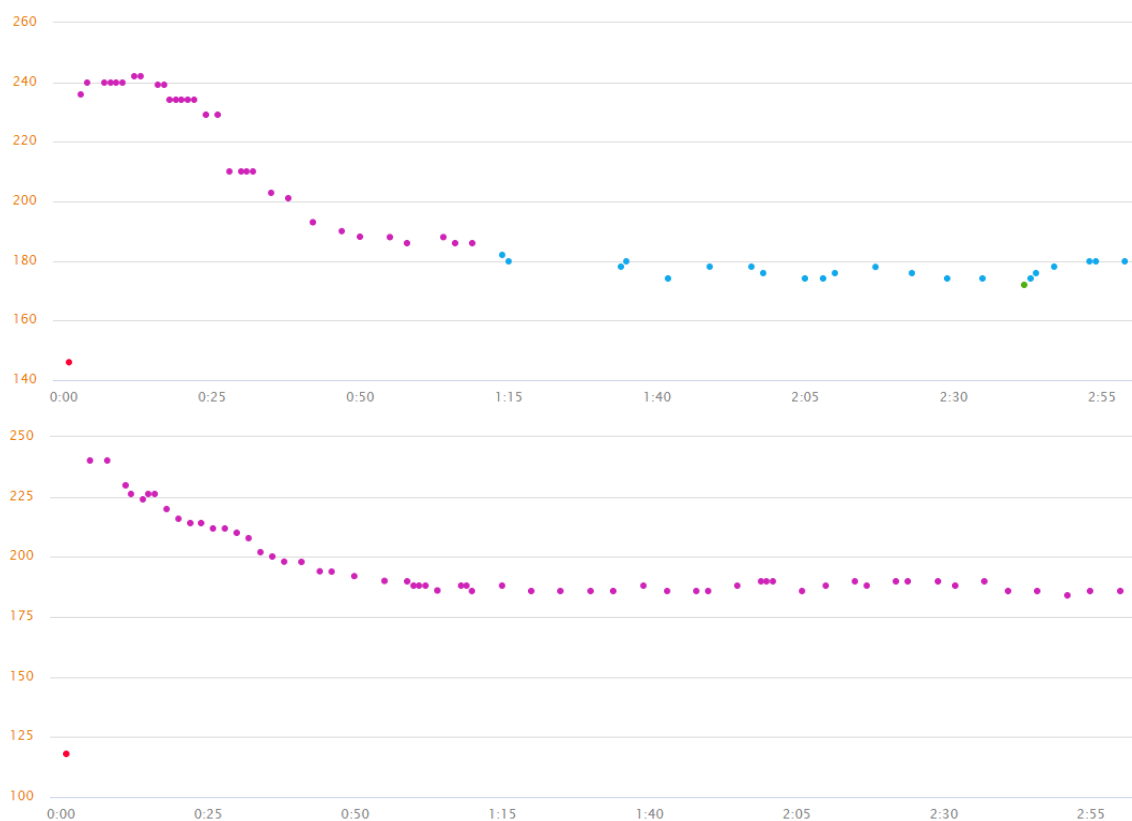
S/ Equipamento	Antes	Fim	3min	6min	9min
<b>Média (mmol/l)</b>	1,5	7,37	11,87	13,25	12,63
<b>Desvio Padrão</b>	0,16	0,64	2,98	3,87	1,50

### 3.2.2 Cadência e Comprimento da Passada

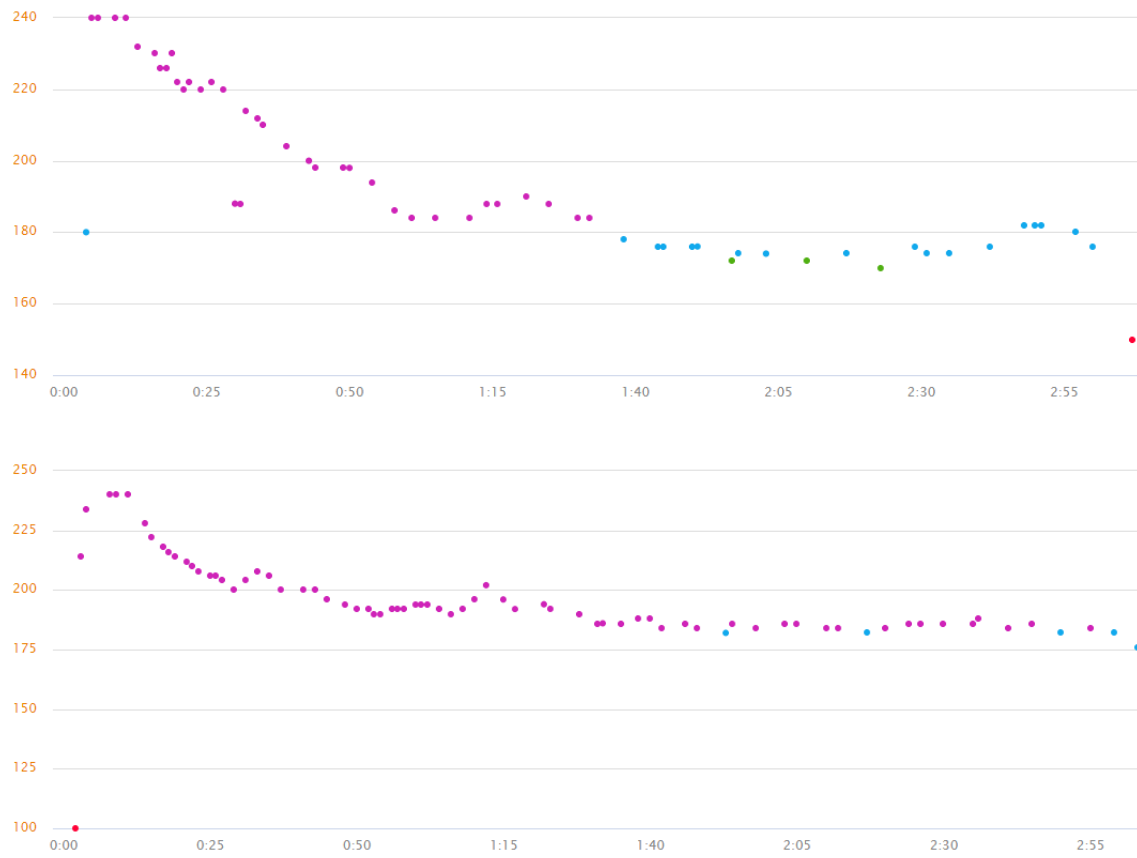
Ainda no âmbito dos testes da VC, foram avaliadas algumas questões relativas à cinemática da corrida, nomeadamente o comprimento da passada, medida em metros, e a cadência, medida em passos por minuto (Ppm), dos indivíduos em ambos os testes.

No teste executado com o equipamento a cadência média alcançada foi de  $179 \pm 10,05$  Ppm, ao passo que sem equipamento foi de  $189 \pm 9,26$  Ppm, verificando-se um aumento de 10 Ppm. Nas figuras n.º 10 e 11 é possível comparar-se a cadência de dois indivíduos da amostra no teste com equipamento (gráfico superior) e sem equipamento (gráfico inferior). Verifica-se como, ao longo dos três minutos de teste, a redução da cadência é mais acentuada no teste conduzido com o equipamento.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, o comprimento da passada dos indivíduos no teste executado com o equipamento de combate foi menor, sendo o resultado médio de  $1,32 \pm 0,08$  metros, quase 20 centímetros inferior à média do teste conduzido sem equipamento, onde a média foi de  $1,51 \pm 0,05$  metros.



**Figura n.º 10 – Cadência (Ppm) Com e Sem Equipamento (1)**



**Figura n.º 11 – Cadência (Ppm) Com e Sem Equipamento (2)**

## CAPÍTULO 4. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

### 4.1. Resultados do teste de $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$

A partir dos testes de  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  realizados, tornou-se evidente o impacto significativo da carga externa no desempenho físico dos militares. Durante os testes, observou-se um aumento acentuado na intensidade do exercício quando os indivíduos estavam sob a utilização de carga externa, o que resultou numa acumulação de fadiga mais célere e a uma exaustão precoce.

No que diz respeito à capacidade aeróbia dos militares, medida através do cálculo do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , constatou-se uma redução de 32%. Segundo Almeida (2023), esta redução retira os indivíduos de uma classificação cardiorrespiratória boa, para baixa. O impacto não foi tão acentuado como nos estudos conduzidos por Alves (2022), onde foi aferida uma redução para metade do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  dos militares quando submetidos ao teste, utilizando o mesmo equipamento individual e seguindo o mesmo protocolo. No estudo de Alves, a amostra alcançou, em média, menos quatro patamares no teste de  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ . O impacto mais acentuado pode-se justificar com o facto da percentagem de carga externa ser 16% superior, em média, à do presente estudo, o que resultou num maior esforço por parte da amostra.

A análise das concentrações de lactato ao longo do teste revelaram resultados interessantes. Na prova realizada sem equipamento, a concentração de lactato no sangue foi superior. Isto indica que, com o equipamento envergado, o esforço periférico é maior, levando os indivíduos atingir o seu limite psicológico antes do seu limite físico. Por outro lado, na prova realizada com o equipamento de combate, o primeiro LT foi atingindo, em média, dois patamares antes, bem como o segundo LT. Segundo Binder et al. (2008), quando o primeiro LT é ultrapassado, é verificado um aumento acentuado no  $\dot{V}O_2$  e na concentração de lactato no sangue. Desta forma, o organismo torna-se menos eficiente na remoção do lactato, dependendo cada vez mais de sistemas anaeróbios e, conseqüentemente, das reservas de glicogénio e de fosfocreatina nos músculos. Neste estado, se a intensidade do exercício continua a aumentar, o indivíduo ver-se-á forçado a reduzir, drasticamente, a intensidade do exercício, ou, até mesmo, a parar, para que se volte a atingir a homeostasia. Segundo Alves (2022), e de acordo com a presente investigação, as concentrações de lactato no sangue no decorrer de toda a prova foram inferiores na prova realizada com o equipamento de combate. No entanto, o aumento da concentração ocorreu de forma mais precoce e acentuada.

No âmbito dos testes de  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  foram também avaliados os valores respetivos às frequências respiratórias e cardíacas. Relativamente à FC, na prova realizada com equipamento, mesmo considerando um tempo de prova mais reduzido, a média da FC foi superior. Pihlainen et al. (2014) conclui, de igual forma, que o desempenho de tarefas sob uma carga externa de 25kg (semelhante à deste estudo) resulta em aumentos significativos na FC, indicando uma carga metabólica superior e um maior dispêndio energético. Alves (2022) obteve, de forma semelhante, um valor médio superior em 10 Bpm na prova executada com o equipamento de combate, bem como uma menor amplitude amostral, o que está de acordo com o registo de uma FC superior desde o primeiro patamar. A FC está diretamente relacionada com a intensidade do exercício, indicando que o simples facto da utilização do equipamento individual de combate aumenta a exigência da atividade em causa. Boffey et al. (2019) chegaram à mesma conclusão, verificando que o aumento da carga externa está diretamente relacionado com o aumento da intensidade do exercício e das tarefas exigidas.

Os estudos conduzidos por Boffey et al. (2019) destacaram que o transporte de carga externa, nomeadamente no tronco, gera uma obstrução mecânica na caixa torácica o que impede uma expansão completa dos pulmões. O sistema cardiorrespiratório é, desta forma, afetado, resultando no aumento da FC, da pressão arterial e na possibilidade da ocorrência de vasoconstrição dos membros inferiores. Estes efeitos estão em concordância com o aumento da média da FR nos testes de  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ , executados com equipamento, em comparação com os testes sem o equipamento individual. Alves (2022) também encontrou uma média superior em oito Rpm na condução da prova com equipamento, bem como valores da FR superiores aos do  $\dot{V}O_2$ , ao longo dos patamares, contrariamente à prova realizada sem equipamento onde a FR foi sempre inferior ao  $\dot{V}O_2$ .

Durante os testes de  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  também foi avaliada a PSE dos indivíduos. Verificou-se que o aumento da PSE foi mais acentuado no teste com equipamento, o que está diretamente relacionado com o aumento de um esforço periférico e da intensidade do exercício causados pela carga externa. Ainda assim, os elementos pertencentes à amostra mostraram uma excelente adaptação à carga externa, fruto de toda a sua formação e treino para combate, ao qual o equipamento individual de combate está inerente.

Como concluíram Friedl et al. (2015), o  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$  de um militar está diretamente relacionado com uma melhor *performance* física e, por consequência, com um melhor desempenho das tarefas militares. Isto porque uma melhor capacidade aeróbia permite que o corpo reaja de forma mais eficiente ao impacto causado pela carga externa, reduzindo

assim a intensidade das tarefas. Billing et al. (2015) também estimaram que o desempenho físico do militar é reduzido de 0.60% a 1.70%, por cada kg adicional de carga externa. Considerando o impacto de 32% identificado no  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  dos militares no presente estudo, para uma média de carga externa de 23kg, pode-se aferir que o desempenho físico foi reduzido em 1,4%, por cada kg extra de carga externa, estando em concordância com as conclusões anteriores. Desta forma, torna-se crucial compensar este decréscimo no desempenho físico com uma boa condição física.

#### **4.2. Resultados do teste de Velocidade Crítica**

Os testes da VC revelaram um impacto significativo do equipamento individual no desempenho físico dos militares. Observaram-se decréscimos em todos os parâmetros da velocidade, nomeadamente, na velocidade máxima, na velocidade média e na VC, atingida nos últimos 30 segundos de teste, bem como na cinemática da corrida, com reduções registadas no comprimento da passada e na cadência.

Na VC o impacto médio registado foi de 21%, o que está de acordo com estudos de Billing et al. (2015), sendo que, neste caso, por cada kg de carga externa, o impacto no desempenho físico foi de 0,9%. Solomonson et al. (2016) conduziram testes semelhantes, porém com impactos menos acentuados na VC, resultando em uma redução 0,5km/h superior à do presente estudo. No entanto, é importante referir que a média de carga externa utilizada neste estudo foi superior em 5kg, o que justifica o maior decréscimo de *performance*. Este decréscimo na VC tem uma implicação direta no desempenho tático dos militares. A VC representa uma velocidade na qual a dependência do metabolismo oxidativo, para a produção de energia, se mantém sustentável. Trabalhar numa intensidade superior à VC resultará numa maior dependência dos sistemas anaeróbios, que têm como principal fonte de energia as reservas limitadas de glicogénio e de fosfocreatina (Hoffman et al., 2016). Atendendo à predominância da utilização dos sistemas anaeróbios no CAU, dado à elevada intensidade do combate, a redução da VC dos militares, fruto do equipamento individual de combate, afeta negativamente a sua *performance*.

A redução da CTA tem também implicações diretas no desempenho dos militares. Esta capacidade traduz-se na distância a que um indivíduo consegue manter uma intensidade de esforço máxima antes de esgotar a sua capacidade anaeróbia. Neste momento, os sistemas de fosfagénio e glicolítico deixam de ter a capacidade de produzir energia, permanecendo, apenas, a capacidade aeróbia, que não permite manter a intensidade máxima. Segundos os

testes conduzidos neste estudo, verificou-se uma redução de 100 metros na CTA, uma vez com o equipamento envergado, resultando num impacto de 17% no desempenho, ou de 0,7% por kg de carga externa. Ou seja, aferiu-se que a amostra tem a capacidade de correr a distância de 490 metros antes de serem forçados a reduzir permanentemente a velocidade ao utilizar o equipamento. Num momento crítico de confronto, em contexto operacional, esta discrepância pode ser a diferença entre a vida e a morte. Os resultados relativos à CTA não entraram em concordância com os de Solomonson et al. (2016), onde não se verificaram diferenças significativas. No entanto, a percentagem de carga externa do presente estudo rondou os 30%, enquanto que nos estudos de Solomonson et al. foi, em média, de 20%. Estes valores apontam para que o impacto na CTA possa apenas surgir quando a percentagem da carga externa supera os 20%, aproximando-se dos 30%.

As medições da concentração do lactato no fim do teste indicaram uma maior acumulação na prova realizada com equipamento, ainda que o desempenho na prova tenha sido substancialmente inferior. Isto revela que o peso associado à carga externa tem também fortes implicações no desgaste muscular, resultando numa maior acumulação de fadiga.

Sobre a cinemática da corrida, foram registadas alterações tanto na cadência, como no comprimento da passada. No teste realizado com o equipamento a cadência viu-se reduzida, em média, em 10 Ppm e o comprimento da passada em 20 centímetros. Estas descobertas diferem de estudos anteriores, como os de Attwells et al. (2006), Exército Brasileiro (2017) e de Fox et al. (2020), que relatam, um aumento médio da cadência associado ao transporte de carga externa. No entanto, a diferença pode ser atribuída à diferença nas velocidades entre os testes com e sem equipamento. Quando se compara um deslocamento, feito à mesma velocidade, com e sem carga externa, o efeito natural é o aumento da cadência, em compensação do peso. No entanto, nos testes conduzidos neste estudo, verificou-se um aumento significativo na velocidade média no teste sem equipamento, o que resulta numa maior cadência e comprimento de passada. Deve-se, no entanto, realçar o facto de que a redução da cadência está associada a um maior dispêndio energético, bem como a um maior risco de lesão, resultante do aumento do impacto com o solo.

Mais uma vez, fica evidente o impacto do equipamento individual de combate no desempenho físico dos militares. A utilização do mesmo resulta num aumento significativo da intensidade do exercício, tornado o militar mais dependente dos sistemas anaeróbios, que não permitem uma sustentação adequada da atividade. O risco de lesões está também

inerente na medida em que o impacto com o solo se torna consideravelmente maior, exigindo também mais do físico dos militares.

## CONCLUSÃO

O desenvolvimento do equipamento individual de combate trouxe inúmeras vantagens, nomeadamente, o aumento da proteção individual, da eficácia em combate, da gestão do equipamento e da capacidade de sobrevivência no campo de batalha. Porém, a evolução do equipamento individual trouxe consigo um aumento considerável no peso associado ao transporte de carga externa. Este transporte é inerente às operações desempenhadas no âmbito do CAU, nomeadamente, aos militares de Infantaria que desempenham funções de combate.

O transporte excessivo de carga externa está diretamente relacionado com uma sobrecarga física nos soldados, que se reflete num declínio da *performance* física, no aumento do risco de lesão e consequente pior desempenho na consecução de TC. Desta forma, o presente estudo focou-se na avaliação do impacto metabólico do equipamento individual de combate no desempenho físico no TO da RCA, por forma a que este possa ser mitigado, resultando num melhor desempenho dos militares em combate, mas também na prevenção de baixas e lesões. Para tal, cinco militares pertencentes ao BCmds do EP, atualmente em aprontamento para a 13ª FND na RCA, no âmbito da MINUSCA, pertencentes às unidades de manobra, constituíram a amostra do presente estudo. Inicialmente foi feita uma pesquisa e análise bibliográfica sobre o tema em causa, seguida de testes de  $\dot{V}O_{2máx}$  e da VC dos militares, com e sem o equipamento individual, por forma a que se pudesse aferir o seu impacto.

Assim sendo, e respondendo à PD nº 1, “**Como se caracteriza o equipamento individual de combate utilizado em combate na RCA?**”, foi possível identificar que todos os atiradores estão equipados com pistola Glock 17 Gen 5 FS, com dois carregadores adicionais; os Atiradores normais estão equipados com a espingarda de assalto FN SCAR-L, com oito carregadores adicionais; o Atirador Metralhadora Ligeira (ML) com a ML FN Minimi 5.56 Mk, mais oito fitas; e o Atirador especial com a FN SCAR-H com mira ótica Trijicon VCOG, mais oito carregadores. Relativamente ao equipamento de proteção individual, identificou-se o capacete OPS-CORE, o colete balístico THOR e o cinturão Anti Fragmentação THOR. No que concerne o material coletivo são utilizadas as mochilas *Assault Pack* MIL-TEC, equipadas com munições extra, granadas ofensivas e granadas *flashbang*, material de planeamento, água, macas, kit de primeiros socorros; caçadeiras Benelli Super Nova ou Franchi SPAS-15 e o Lança Granadas (LG) 40mm FN40GL-S Mk2.

Relativamente à PD nº 2, “**Qual é o impacto do equipamento individual no  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  e na VC?**”, com base nos resultados dos testes de  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$  e da VC, foi constatado que o equipamento individual teve um impacto significativo na capacidade aeróbia e anaeróbia dos participantes. A redução de 32% no  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , 21% na VC e 17% na CTA demonstra a influência negativa do equipamento na *performance* física dos militares. Ao relacionar estes valores com a percentagem de carga externa, observa-se uma redução de 1,4% na *performance* por cada kg de carga externa no  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , 0,9% na VC e 0,7% na CTA. Estes resultados destacam a importância da gestão adequada da carga externa dos militares em operações terrestres. Verifica-se essencial considerar o peso do equipamento e a sua influência na capacidade física dos soldados, podendo uma carga excessiva comprometer a sua eficiência e sobrevivência no campo de batalha.

Quanto à PD nº 3, “**Qual o impacto do equipamento individual no desempenho físico dos militares em AU?**”, verificou-se que o uso do equipamento individual resulta em várias alterações fisiológicas e biomecânicas nos militares. A redução de 32% do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , de 21% da VC e de 17% da CTA indicam uma diminuição da capacidade aeróbia e anaeróbia. O aumento médio da FC em 4 Bpm e da FR em 6 Rpm resultam num maior esforço cardiovascular e respiratório. A redução dos seus LT, que implicam uma maior concentração de lactato no sangue, em intensidades de exercícios mais baixas. E, por fim, a redução média da cadência em 10 Ppm e do comprimento da passada em 20 centímetros, que levam a um aumento do dispêndio energético e a um maior impacto sobre as articulações e músculos envolvidos na locomoção.

Tendo agora todas as PD respondidas, resta dar resposta àquele que é o objetivo geral do estudo, a PP da investigação, “**Qual o impacto da carga externa no desempenho físico em Ambiente Urbano na RCA?**”. A investigação realizada permitiu concluir que o desempenho físico é significativamente afetado pelo transporte da carga externa. No caso da RCA, os militares estão sujeitos a um transporte médio de 25kg de carga externa, refletido no equipamento individual de combate, numa operação de CAU. A utilização deste equipamento resulta numa redução média de 32% na *performance* aeróbia, de 21% na sua VC e de 17% na CTA dos militares, bem como num aumento substancial da exigência e intensidade das atividades, refletidas num aumento médio da FC, da FR, da concentração de lactato e da PSE. Desta forma, uma boa preparação física torna-se imprescindível, uma vez que permite aos militares uma resposta adequada às necessidades físicas do combate, maximizando a sua eficiência, o desempenho global das tarefas militares e minimizando o risco de fadiga precoce. A preparação física deve contemplar todas as áreas em que os

impactos foram identificados, ou seja, deve ser trabalhada a capacidade aeróbia, mas também a anaeróbia. Ao diminuir a dependência dos sistemas anaeróbios, os militares podem manter um desempenho de combate mais sustentável, já que as reservas de glicogénio e de fosfocreatina são preservadas. Por outro lado, em situações em que a intensidade do combate exija um alto nível de produção de energia, num curto espaço de tempo, como é frequente no CAU, os militares devem também estar preparados para atuar eficientemente nessa zona de intensidade.

Os resultados exortam à necessidade de considerar estratégias de mitigação do impacto da carga externa. Relativamente ao equipamento de combate, torna-se uma prioridade o desenvolvimento de equipamentos mais leves, a adoção de técnicas de distribuição e gestão de carga mais eficientes, bem como uma otimização do *design* do material. Sobre o impacto metabólico, devem ser feitas avaliações contínuas das capacidades físicas dos militares, nomeadamente das capacidades aeróbias e anaeróbias, como o cálculo da VC ou do  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , bem como um acompanhamento personalizado do seu treino físico.

### **Principais Contributos**

Este trabalho apresentou vários contributos, dentro dos quais é possível destacar o impacto do equipamento individual de combate utilizado pelas unidades de manobra na RCA, especialmente em relação ao  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ , à VC e à CTA dos militares. Estes efeitos permitiram avaliar o impacto que cada kg extra de carga externa tem no desempenho aeróbio e anaeróbio dos militares. Com base neste estudo, fica evidente que a carga externa excessiva pode comprometer a sobrevivência dos militares no campo de batalha, bem como o sucesso das operações. Encontrar o equilíbrio entre proteção e a mobilidade deverá, portanto, ser uma prioridade constante na conceção e na utilização do equipamento individual de combate, visando garantir a segurança e o desempenho eficaz dos militares no terreno.

O cálculo de parâmetros como a VC e a CTA dos militares oferece também aos seus comandantes informações preciosas que têm implicações diretas no campo de batalha e no planeamento das missões. No caso da VC identifica-se a velocidade que um dado indivíduo consegue manter por longos períodos sem que haja uma acumulação exponencial de fadiga. Já no caso da CTA prevê-se a distância que indivíduo consegue percorrer, em esforço máximo, antes que se veja forçado a reduzir a intensidade de deslocamento de forma considerável.

### **Limitações do Trabalho**

A principal limitação desta investigação deve-se ao tamanho reduzido da amostra, bem como ao facto desta investigação se prender num estudo de caso, que não permite que seja feita uma generalização para a população em estudo. Ou seja, a falta de heterogeneidade do equipamento individual, implica que os resultados pudessem diferir perante outra tipologia de forças, equipadas de forma diferente.

### **Recomendações**

Recomenda-se que em futuras investigações seja avaliado o impacto do equipamento individual de combate em outros parâmetros físicos, tais como a velocidade de reação, a resistência muscular e a agilidade, que são igualmente importantes no CAU. Além disso, seria relevante realizarem-se as mesmas avaliações com equipamentos individuais de combate distintos, utilizados em outros TO e em outras tipologias de operações, a fim de generalizar o modelo do impacto da carga externa no desempenho físico. Por fim, tendo em conta a já referida limitação do presente estudo, atento ao reduzido tamanho da amostra, seria benéfico conduzirem-se as mesmas avaliações, a uma amostra de maior dimensão, no intuito de confirmar e, até, reforçar, o índice de fiabilidade do mesmo.

Seria também interessante avaliar-se a aplicabilidade do teste de três minutos “*all out effort*” da VC no EP, fruto da pertinência das informações que oferece, tendo em consideração as exigências metabólicas inerentes ao CAU.

## BIBLIOGRAFIA

- Allen, S. E., & Holm, J. L. (2008). Lactate: Physiology and Clinical Utility. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 18(2), 123–132. <https://doi.org/10.1111/j.1476-4431.2008.00286.x>
- Almeida, C. (2023). *A Influência da Composição Corporal e da Aptidão Física no Desempenho de um Circuito Militar* [Universidade Lusófona-Centro Universitário de Lisboa]. <http://hdl.handle.net/10437/13680>
- Alvar, B. A., Sell, K., & Deuster, P. A. (2017). *NSCA's Essentials of Tactical Strength and Conditioning* (Champaign: Human Kinetics, Ed.). [www.HumanKinetics.com](http://www.HumanKinetics.com)
- Alves, J. (2022). *Physical Employment Standards para o Combate em Ambiente Urbano* [Mestrado em Ciências Militares na especialidade de Infantaria, Academia Militar, Lisboa]. <http://hdl.handle.net/10400.26/42038>
- Arkray. (2017). *Lactate Pro 2 LT-1730*. <https://www.arkray.eu/english/products/lt-1730.html>.
- Ashfaq, A., Cronin, N., & Müller, P. (2022). Recent advances in machine learning for maximal oxygen uptake (VO<sub>2</sub> max) prediction: A review. *Informatics in Medicine Unlocked*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2022.100863>
- Attwells, R. L., Birrell, S. A., Hooper, R. H., & Mansfield, N. J. (2006). Influence of carrying heavy loads on soldiers' posture, movements and gait. *Ergonomics*, 49(14), 1527–1537. <https://doi.org/10.1080/00140130600757237>
- Baechele, T. R., & Earle, R. W. (2008). *NSCA's Essentials of Strength Training and Conditioning* (Human Kinetics, Ed.; 3rd ed.). [www.HumanKinetics.com](http://www.HumanKinetics.com)
- Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(1), 70–84. <https://doi.org/https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00012>
- Beltz, N. M., Gibson, A. L., Janot, J. M., Kravitz, L., Mermier, C. M., & Dalleck, L. C. (2016). Graded Exercise Testing Protocols for the Determination of VO<sub>2</sub>max: Historical Perspectives, Progress, and Future Considerations. *Journal of Sports Medicine*, 2016, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2016/3968393>
- Bergstrom, H. C., Housh, T. J., Zuniga, J. M., Traylor, D. A., Lewis Jr, R. W., Camic, C. L., Schmidt, R. J., Johnson, G. O., & Jr, R. (2014). Differences Among Estimates of Critical Power and Anaerobic Work Capacity Derived From Five Mathematical Models

- and the Three-Minute All-Out Test. *Journal of Strength and Conditioning Research* .  
www.nsc.com
- Billing, D. C., Silk, A. J., Tofari, P. J., & Hunt, A. P. (2015). Effects of military load carriage on susceptibility to enemy fire during tactical combat movements. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. www.nsc.com
- Binder, R. K., Wonisch, M., Corra, U., Cohen-Solal, A., Vanhees, L., Saner, H., & Schmid, J. P. (2008). Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. *European Journal of Preventive Cardiology*, *15*(6), 726–734. <https://doi.org/10.1097/HJR.0b013e328304fed4>
- Blount, E. M., Ringleb, S. I., Tolk, A., Bailey, M., & Onate, J. A. (2013). Incorporation of physical fitness in a tactical infantry simulation. *Journal of Defense Modeling and Simulation*, *10*(3), 235–246. <https://doi.org/10.1177/1548512911421343>
- Boffey, D., Harat, I., Gepner, Y., Frosti, C. L., Funk, S., & Hoffman, J. R. (2019). The Physiology and Biomechanics of Load Carriage Performance. *Military Medicine*, *184*(1–2), E83–E90. <https://doi.org/10.1093/milmed/usy218>
- Bossi, L. L. M., Jones, M. L. H., Kelly, A., & Tack, D. W. (2016). A preliminary investigation of the effect of protective clothing weight, bulk and stiffness on combat mobility course performance. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, 701–705. <https://doi.org/10.1177/1541931213601161>
- Campos, L., Santos, J., Vieira, N., & Silva, Y. (2016). O Conflito na República Centro Africana. *Série Conflitos Internacionais*.
- Clarke, A. C., Presland, J., Rattray, B., & Pyne, D. B. (2014). Critical velocity as a measure of aerobic fitness in women’s rugby sevens. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *17*(1), 144–148. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.03.008>
- Clemente-Suárez, V. J., & Robles-Pérez, J. J. (2013). Respuesta psicofisiológica de soldados en combate urbano. *Anales de Psicología*, *29*(2), 598–603. <https://doi.org/10.6018/analesps.29.2.150691>
- Creswell, J. (2014). *Research Design - Qualitative, Quantitative and Mixed Approaches* (Sage, Ed.; 4th ed.).
- Crowder, T. A., Beekley, M. D., Sturdivant, R. X., Johnson, C. A., & Lumpkin, A. (2007). Metabolic Effects of Soldier Performance on a Simulated Graded Road March while Wearing Two Functionally Equivalent Military Ensembles. *Military Medicine*, *172*. <https://academic.oup.com/milmed/article/172/6/596/4578049>

- Dicks, N. D., Mahoney, S. J., Kramer, M., Lyman, K. J., Christensen, B. K., Pettitt, R. W., & Hackney, K. J. (2021). Increased Velocity at VO<sub>2</sub>max and Load Carriage Performance in Army ROTC Cadets: Prescription Using the Critical Velocity Concept. *Ergonomics*, 64(6), 733–743. <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1858186>
- Dicks, N. D., & Pettitt, R. W. (2021). Optimization of the Critical Speed Concept for Tactical Professionals: A Brief Review. *Sports*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/sports9080106>
- Estado-Maior do Exército [EME]. (2011). *PDE 3-07-14 Manual de Combate em Áreas Edificadas*.
- Estado-Maior do Exército [EME]. (2012). *PDE 3-00 Operações*.
- Exército Brasileiro. (2017). *Transporte de Carga Individual* (1st ed.). Instituto de Pesquisa da Capacitação Física do Exército. [www.ipcfex.com.br](http://www.ipcfex.com.br)
- Ferreira, R. (2017). Military involvement in post-conflict transformation in African Peace-Building. *Journal of Military Studies*, 45(1). <https://doi.org/10.5787/45-1-1192>
- Fish, L., & Scharre, P. (2018). *The Soldier's Heavy Load*. <https://about.jstor.org/terms>
- Fortin, M.-F. (1999). *O Processo de Investigação: Da Conceção à Realização* Lusociência
- Fox, B. D., Judge, L. W., Dickin, D. C., & Wang, H. (2020). Biomechanics of Military Load Carriage and Resulting Musculoskeletal Injury: A Review. *Journal of Orthopedics & Orthopedic Surgery*, 1(1), 6–11. <https://www.orthojournal.org/articles/biomechanics-of-military-load-carriage-and-resulting-musculoskeletal-injury-a-review.html#:~:text=View/Download%20pdf,5130/2020/1.1104>
- Friedl, K. E., Knapik, J. J., Ha`kkinen, K., Ha`kkinen, H., Baumgartner, N., Groeller, H., Taylor, N. A. S., Duarte, A. F. A., Kyrö`la`inen, H., Kyrö`la, K., Kyrö`la`inen, K., Jones, B. H., Kraemer, W. J., & Nindl, B. C. (2015). Perspectives on Aerobic and Strength Influences on Military Physical Readiness: Report of an International Military Physiology Roundtable. *Journal of Strength and Conditioning Research*. [www.nsc.com](http://www.nsc.com)
- Fukuda, D. H., Smith, A. E., Kendall, K. L., Cramer, J. T., & Stout, J. R. (2012). An Alternative Approach to the Army Physical Fitness Test Two-Mile Run Using Critical Velocity and Isoperformance Curves. *Military Medicine*, 177, 145. <https://academic.oup.com/milmed/article/177/2/145/4283633>
- Gavetas, S. I. (2018). *Evolução do gasto energético em repouso e do quociente respiratório em recém-nascidos submetidos a cirurgia corretiva de malformações congénitas do trato gastrointestinal* [Universidade de Lisboa Faculdade de Medicina]. <http://hdl.handle.net/10451/39155>

- Håkansson, A. (2013). Portal of Research Methods and Methodologies for Research Projects and Degree Projects. In *Computer Engineering, and Applied Computing WORLDCOMP*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-136960>
- Headquarters Department of the Army. (2006). *Field Manual 3-06 Urban Operations*.
- Headquarters Department of the Army, & Marine Corps, U. S. (2022). *Urban Operations*. <https://doctrine.usmc.mil>
- Hill, D. W., & Ferguson, C. S. (1999). A physiological description of critical velocity. *European Journal of Applied Physiology*. <https://doi.org/10.1007/s004210050509>.
- Hoffman, M. W., Stout, J. R., Hoffman, J. R., Landua, G., Fukuda, D. H., Sharvit, N., Moran, D. S., Carmon, E., & Ostfeld, I. (2016). Critical Velocity is Associated with Combat-Specific Performance Measures en a Special Forces Unit. *Journal of Strength and Conditioning Research*. [www.nscs.com](http://www.nscs.com)
- Jia-Yong, Z., Ye, L. I. U., Xin-Min, M. O., Chong-Wei, H. A. N., Xiao-Jing, M., Qiang, L. I., Yue-Jin, W., & Ang, Z. (2020). A preliminary study of the military applications and future of individual exoskeletons. *Journal of Physics: Conference Series*, 1507(10). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1507/10/102044>
- Johnson, T. M., Sexton, P. J., Placek, A. M., Murray, S. R., & Pettitt, R. W. (2011). Reliability Analysis of the 3-min All-Out Exercise Test for Cycle Ergometry. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(12), 2375–2380. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318224cb0f>
- Jones, A. M., Vanhatalo, A., Burnley, M., Morton, R. H., & Poole, D. C. (2010). Critical Power: Implications for Determination of VO<sub>2</sub>max and Exercise Tolerance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(10), 1876–1890. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181d9cf7f>
- Joseph, A., Wiley, A., Orr, R., Schram, B., & Dawes, J. J. (2018). The Impact of Load Carriage on Measures of Power and Agility in Tactical Occupations: A Critical Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph15010088>
- Kenney, L., Wilmore, J., & Costill, D. (2012). *Physiology of Sport and Exercise* (Human Kinetics, Ed.; 5th ed.).
- King, A. C. (2016). Close Quarters Battle: Urban Combat and “Special Forcification.” *Armed Forces and Society*. <http://hdl.handle.net/10871/17093>
- Knapik, J., & Reynolds, K. (1997). *Load Carriage in Military Operations: A Review of Historical, Physiological, Biomechanical, and Medical Aspects*.

- Knoope, P., & Clarke, S. (2017). *Central African republic: A Conflict Misunderstood*.  
<https://www.africaportal.org/publications/central-african-republic-a-conflict-misunderstood/>
- Kour Buttar, K., Saboo, N., & Kacker, S. (2019). A review: Maximal oxygen uptake (VO<sub>2</sub> max) and its estimation methods. *International Journal of Physical Education, Sports and Health*, 6(6), 24–32. [www.kheljournal.com](http://www.kheljournal.com)
- Lampton, D. R., Clark, B. R., & Knerr, B. W. (2003). Urban Combat: The Ultimate Extreme Environment. *Journal of Human Performance in Extreme Environments*, 7(2).  
<https://doi.org/10.7771/2327-2937.1036>
- Larsson, J., Dencker, M., Olsson, M. C., & Bremander, A. (2020). Development and application of a questionnaire to self-rate physical work demands for ground combat soldiers. *Applied Ergonomics*, 83. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.103002>
- Louhevaara, V., Ilmarinen, R., Griefahn Kfinemund, B. C., & Griefan Kiinemund, B. C. (1995). Maximal Physical work performance with European standard based fire-protective clothing system and equipment in relation to individual characteristics. *European Journal of Applied Physiology*, 71, 223–229.
- Mala, J., Szivak, T. K., Flanagan, S. D., Comstock, B. A., Laferrier, J. Z., Maresh, C. M., & Kraemer, W. J. (2015). The Role of Strength and Power During Performance of High Intensity Military Tasks Under Heavy Load Carriage. *The United States Army Medical Department*, 3–12.
- Maladouangdock, J. (2014). *The Role of Strength and Power in High Intensity Military Relevant Tasks* [University of Connecticut Graduate School].  
[https://opencommons.uconn.edu/gs\\_theses/584](https://opencommons.uconn.edu/gs_theses/584)
- Marôco, J. (2018). *Análise estatística com o SPSS Statistics* (7th ed.). Produtos e Serviços de Estatística.
- Maupin, D., Wills, T., Orr, R., & Schram, B. (2018). Fitness Profiles in Elite Tactical Units: A Critical Review. *International Journal of Exercise Science*, 11(3), 1041–1062.  
<http://www.intjexersci.com>
- Medby, J. J., & Glenn, R. W. (2002). Intelligence Preparation of the Battlefield for Urban Operations. In *Street Smart*. RAND Corporation. <https://doi.org/10.7249/mr1287a.11>
- Medeiros, G., Cardoso, R., Barata, A., & Soares, C. (2018). *As Forças Terrestres na República Centro-Africana, o Caso Português*. <http://hdl.handle.net/10400.26/23237>
- Nevin, J. (2017). The tactical athlete: optimizing physical preparedness for the demands of combat. *Professional Strength & Conditioning*, 44, 25–34.

- <https://www.ukzca.org.uk/ukzca-iq/article/1779/psychology/the-tactical-athlete-optimising-physical-preparedness-for-the-demands-of-combat>
- North Atlantic Treaty Organization [NATO]. (2009). *Optimizing Operational Physical Fitness*. [www.rto.nato.int](http://www.rto.nato.int)
- North Atlantic Treaty Organization [NATO]. (2015). *Urban Combat Advanced Training Technology*. [www.sto.nato.int](http://www.sto.nato.int)
- Orr, R. M., Pope, R., Johnston, V., & Coyle, J. (2014). Soldier occupational load carriage: a narrative review of associated injuries. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 21(4), 388–396. <https://doi.org/10.1080/17457300.2013.833944>
- Pettitt, R. W., & Dick, N. (2017). Applications of the Running 3-Min All-Out Exercise Test: An Update. *MOJ Sports Medicine*, 1(6). <https://doi.org/10.15406/mojm.2017.01.00034>
- Pihlainen, K., Santtila, M., Häkkinen, K., Lindholm, H., & Kyröläinen, H. (2014). Cardiorespiratory Responses Induced by Various Military Field Tasks. *Military Medicine*, 179(2), 218–224. <https://doi.org/10.7205/MILMED-D-13-00299>
- Poole, D. C., Burnley, M., Vanhatalo, A., Rossiter, H. B., & Jones, A. M. (2016b). Critical power: An Important Fatigue Threshold in Exercise Physiology. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(11), 2320–2334. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000939>
- Poole, D. C., & Jones, A. M. (2017). Measurement of the Maximum Oxygen Uptake (VO<sub>2</sub>max): VO<sub>2</sub>peak is no longer acceptable. *Journal of Applied Physiology*, 122(4), 997–1002. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01063.2016>
- Prodanov, C., & Freitas, E. (2013). *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico* (Feevale, Ed.; 2nd ed.). [www.feevale.br/editora](http://www.feevale.br/editora)
- Quinto, L., Gonçalves, S. B., & Tavares Da Silva, M. (2017). *Revisão sistemática de exoesqueletos para membros inferiores*.
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. (1995). *Manual de Investigação em Ciências Sociais* (Gradiva, Ed.; 4th ed.).
- Ribeiro, J. (2010). *Investigação e Avaliação em Psicologia e Saúde* (Placebo, Ed.; 2nd ed.).
- Santos, J. (2021). *Identificação de Requisitos para Desenvolvimento de Exoesqueletos*. Mestrado em Ciências Militares na especialidade de Infantaria, Academia Militar.
- Santos, L., Garcia, F., Monteiro, F., Lima, J., Silva, N., Silva, J., Piedade, J., Santos, R., & Afonso, C. (2016). *Orientações Metodológicas para a Elaboração de Trabalhos de Investigação*.

- Sıradağ, A. (2016). Explaining the Conflict in Central African Republic: Causes and Dynamics. *Epiphany: Journal of Transdisciplinary Studies*, 9(3). <https://doi.org/10.21533/epiphany.v9i2.246>
- Solomonson, A. A., Dicks, N. D., Kerr, W. J., & Pettitt, R. W. (2016). Influence of Load Carriage on High-Intensity Running Performance Estimation. *Journal of Strength and Conditioning Research*. [www.nsga.com](http://www.nsga.com)
- Suárez, V., & Pérez, J. (2013). Mechanical, Physical, and Physiological Analysis of Symmetrical and Asymmetrical Combat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2420–2426. [www.nsga.com](http://www.nsga.com)
- Torday, J. S. (2015). Homeostasis as the Mechanism of Evolution. *Biology*, 4(3), 573–590. <https://doi.org/10.3390/biology4030573>
- Treloar, A. K. L., & Billing, D. C. (2011). Effect of Load Carriage on Performance of an Explosive, Anaerobic Military Task. *Military Medicine*. <https://doi.org/10.7205/milmed-d-11-00017>
- Tsekouras, Y. E., Tambalis, K. D., Sarras, S. E., Antoniou, A. K., Kokkinos, P., & Sidossis, L. S. (2019). Validity and Reliability of the New Portable Metabolic Analyzer PNOE. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1. <https://doi.org/10.3389/fspor.2019.00024>
- Vaara, J. P., Groeller, H., Drain, J., Kyröläinen, H., Pihlainen, K., Ojanen, T., Connaboy, C., Santtila, M., Agostinelli, P., & Nindl, B. C. (2022). Physical training considerations for optimizing performance in essential military tasks. *European Journal of Sport Science*, 22(1), 43–57. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1930193>
- Vanhatalo, A., Doust, J. H., & Burnley, M. (2007). Determination of Critical Power Using a 3-min All-out Cycling Test. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(3), 548–555. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802dd3e6>
- Vautravers, A. (2010). Military operations in urban areas. *International Review of the Red Cross*, 92(878), 437–452. <https://doi.org/10.1017/S1816383110000366>
- Vincent, H. K., Massengill, C., Harris, A., Chen, C., Wasser, J. G., Bruner, M., & Vincent, K. R. (2019). Cadence impact on cardiopulmonary, metabolic and biomechanical loading during downhill running. *Gait and Posture*, 71, 186–191. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.04.022>
- Yin, R. K. (2003). *Case Study Research: Design and Methods* (3rd ed.). Sage Publications.

# APÊNDICES

## APÊNDICE A – CONSENTIMENTO INFORMADO

### DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO INFORMADO

**Título do Estudo:** Exigências Metabólicas do Equipamento Individual no Desempenho Físico em Ambiente Urbano

**Investigador responsável:** Aspirante de Infantaria João Almeida

**E-mail:** [almeida.jmm@exercito.pt](mailto:almeida.jmm@exercito.pt)

**Orientador:** Tenente-Coronel de Cavalaria Rui Lucena

Eu, abaixo-assinado declaro que:

- a) Fui informado de que a presente investigação se destina à realização de um Trabalho de Investigação Aplicada (TIA) no âmbito do treino físico militar sendo necessária a recolha de dados físicos e fisiológicos com base em testes em laboratório e no terreno;
- b) Para tal está prevista a realização dos seguintes testes pela respetiva ordem:
  - a.  $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ ;
  - b. Velocidade Crítica;
- c) É esperado que todos os elementos realizem os testes nas mesmas condições de modo que os resultados sejam o mais corretos possível;
- d) Foi-me garantido, no que diz respeito à confidencialidade dos meus dados, que a identificação dos participantes neste estudo será mantida em anonimato;
- e) Sei que a qualquer momento me posso recusar a participar ou a interromper a participação no presente estudo, sem nenhum tipo de penalização ou repercussão;
- f) Compreendi a informação suprarreferida e tive oportunidade de esclarecer todas as minhas dúvidas.

**Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado.**

**Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato.**

**Aceito participar de livre vontade no estudo acima mencionado.**

**Também autorizo a divulgação dos resultados obtidos no meio científico, garantindo o anonimato.**

Assinatura do Investigador

Assinatura do Participante

---

---

## APÊNDICE B – TABELAS DE ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS $\dot{V}O_{2\text{máx}}$

Tabela n.º 7 -  $\dot{V}O_2$  Com e Sem Equipamento (ml/kg/min)

<b><math>\dot{V}O_2</math> Com Equipamento (ml/kg/min)</b>					
	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Variância</b>
<b>Patamar 1</b>	12,80	11,31	14,32	1,43	2,04
<b>Patamar 2</b>	17,12	14,01	21,75	2,88	8,27
<b>Patamar 3</b>	19,15	16,56	23,13	2,74	7,50
<b>Patamar 4</b>	21,06	17,42	24,70	3,13	9,82
<b>Patamar 5</b>	23,72	20,50	28,51	3,65	13,36
<b>Patamar 6</b>	27,35	21,96	32,42	4,16	17,33
<b>Patamar 7</b>	31,59	26,50	37,92	5,17	26,78
<b>Patamar 8</b>	38,28	33,71	46,29	6,02	36,23
<b>Patamar 9</b>	42,74	33,74	53,53	8,33	69,39
<b>Patamar 10</b>	48,42	40,46	57,61	7,77	60,42
<b>Patamar 11</b>	51,69	47,40	62,93	7,50	56,32
<b>Patamar 12</b>	60,50	50,38	70,63	14,32	205,03
<b><math>\dot{V}O_2</math> Sem Equipamento (ml/kg/min)</b>					
	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Variância</b>
<b>Patamar 1</b>	14,37	12,65	18,74	2,51	6,31
<b>Patamar 2</b>	17,64	14,74	21,23	2,67	7,14
<b>Patamar 3</b>	18,58	15,20	21,20	2,43	5,89
<b>Patamar 4</b>	20,50	18,84	22,59	1,60	2,55
<b>Patamar 5</b>	23,88	20,06	26,12	2,46	6,06
<b>Patamar 6</b>	27,43	23,12	30,14	2,70	7,28
<b>Patamar 7</b>	33,78	27,89	36,98	3,65	13,34
<b>Patamar 8</b>	36,38	29,80	41,32	5,71	32,65
<b>Patamar 9</b>	39,70	34,14	42,67	4,82	23,22
<b>CO<sub>2</sub> Sem Equipamento (ml/kg/min)</b>					
	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Variância</b>
<b>Patamar 1</b>	8,69	7,35	10,24	1,08	1,17
<b>Patamar 2</b>	11,37	9,25	14,12	1,79	3,20
<b>Patamar 3</b>	13,48	11,15	16,11	2,05	4,18
<b>Patamar 4</b>	15,36	12,24	17,71	2,46	6,04
<b>Patamar 5</b>	17,80	15,02	21,37	2,67	7,13
<b>Patamar 6</b>	21,77	17,47	25,34	3,53	12,48
<b>Patamar 7</b>	25,79	22,12	31,38	4,15	17,20
<b>Patamar 8</b>	31,63	26,08	38,09	5,36	28,77
<b>Patamar 9</b>	34,71	27,28	42,38	6,99	48,90
<b>Patamar 10</b>	38,30	30,27	48,06	7,57	57,26
<b>Patamar 11</b>	38,73	31,92	45,14	6,12	37,42
<b>Patamar 12</b>	40,60	37,71	43,49	4,09	16,70
<b>CO<sub>2</sub> Com Equipamento (ml/kg/min)</b>					
	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Variância</b>
<b>Patamar 1</b>	10,09	8,74	12,83	1,65	2,74
<b>Patamar 2</b>	13,12	9,83	17,21	2,75	7,55
<b>Patamar 3</b>	14,23	11,73	16,87	1,95	3,81
<b>Patamar 4</b>	16,31	13,77	18,76	1,85	3,42
<b>Patamar 5</b>	19,92	17,31	22,56	1,94	3,77
<b>Patamar 6</b>	23,97	21,42	26,67	2,41	5,81
<b>Patamar 7</b>	29,68	26,62	31,92	2,72	7,40
<b>Patamar 8</b>	31,21	27,80	33,53	2,59	6,72
<b>Patamar 9</b>	30,45	28,58	32,07	1,76	3,09

Tabela n.º 8 – FC (Bpm) e FR (Rpm) Com e Sem Equipamento

<b>FC Sem Equipamento (Bpm)</b>					
	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Variância</b>
Patamar 1	89,00	85,00	98,00	5,15	26,50
Patamar 2	92,60	88,00	101,00	5,50	30,30
Patamar 3	98,40	94,00	107,00	5,18	26,80
Patamar 4	106,00	101,00	112,00	4,06	16,50
Patamar 5	116,00	104,00	120,00	6,82	46,50
Patamar 6	129,00	115,00	137,00	8,80	77,50
Patamar 7	146,00	128,00	156,00	10,84	117,50
Patamar 8	159,00	141,00	170,00	11,47	131,50
Patamar 9	167,00	144,00	178,00	13,56	184,00
Patamar 10	175,20	159,00	183,00	10,01	100,20
Patamar 11	183,33	177,00	188,00	5,69	32,33
Patamar 12	191,50	191,00	192,00	0,71	0,50
<b>FC Com Equipamento (Bpm)</b>					
	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Variância</b>
Patamar 1	102,80	97,00	113,00	6,38	40,70
Patamar 2	107,60	97,00	115,00	6,62	43,80
Patamar 3	115,80	104,00	130,00	9,50	90,20
Patamar 4	123,80	113,00	138,00	10,13	102,70
Patamar 5	139,00	126,00	156,00	12,19	148,50
Patamar 6	156,00	144,00	171,00	11,51	132,50
Patamar 7	168,80	155,00	184,00	12,75	162,70
Patamar 8	179,50	166,00	186,00	9,15	83,66
Patamar 9	183,00	172,00	191,00	9,85	97,00
<b>FR Sem Equipamento (Rpm)</b>					
	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Variância</b>
Patamar 1	20,40	16,00	25,00	4,16	17,30
Patamar 2	20,40	18,00	22,00	1,82	3,30
Patamar 3	21,60	15,00	26,00	4,50	20,30
Patamar 4	23,60	20,00	30,00	4,16	17,30
Patamar 5	26,00	21,00	31,00	4,12	17,00
Patamar 6	30,00	26,00	30,00	3,67	13,50
Patamar 7	32,25	30,00	34,00	1,71	2,92
Patamar 8	36,60	26,00	48,00	8,08	65,30
Patamar 9	39,60	32,00	50,00	6,58	43,30
Patamar 10	41,67	36,00	53,00	6,31	39,87
Patamar 11	49,75	42,00	59,00	7,41	54,92
Patamar 12	54,50	51,00	58,00	4,95	24,50
<b>FR Com Equipamento (Rpm)</b>					
	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Variância</b>
Patamar 1	29,00	24,00	38,00	5,83	34,00
Patamar 2	28,60	20,00	30,00	6,99	48,80
Patamar 3	30,20	22,00	39,00	7,08	50,20
Patamar 4	30,20	22,00	37,00	6,76	45,70
Patamar 5	34,40	23,00	42,00	7,83	61,30
Patamar 6	37,20	28,00	45,00	6,69	44,70
Patamar 7	44,00	36,00	52,00	5,83	34,00
Patamar 8	49,75	40,00	56,00	6,85	46,92
Patamar 9	55,00	51,00	59,00	4,00	16,00

Tabela n.º 9 – Lactato Com e Sem Equipamento (mmol/l)

<b>Lactato Sem Equipamento (mmol/l)</b>					
	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Variância</b>
<b>Patamar 1</b>	1,40	1,00	1,70	0,32	0,10
<b>Patamar 2</b>	1,25	0,90	1,60	0,29	0,08
<b>Patamar 3</b>	1,25	0,90	1,50	0,30	0,09
<b>Patamar 4</b>	1,44	0,80	2,20	0,53	0,28
<b>Patamar 5</b>	1,58	1,00	2,50	0,55	0,31
<b>Patamar 6</b>	2,20	1,30	3,50	0,80	0,64
<b>Patamar 7</b>	3,57	1,90	5,50	1,57	2,46
<b>Patamar 8</b>	6,40	4,10	10,10	2,59	6,71
<b>Patamar 9</b>	7,76	3,90	14,80	4,49	20,14
<b>Patamar 10</b>	9,98	5,50	14,10	3,91	15,29
<b>Patamar 11</b>	11,88	8,80	17,10	3,60	12,97
<b>Patamar 12</b>	13,42	10,10	18,70	3,80	14,47
<b>Final 3min</b>	14,20	10,40	20,50	5,49	30,19
<b>Final 6min</b>	12,93	10,10	17,30	3,84	14,72
<b>Lactato Sem Equipamento (mmol/l)</b>					
	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Variância</b>
<b>Patamar 1</b>	1,32	1,10	1,60	0,19	0,037
<b>Patamar 2</b>	1,52	1,10	2,20	0,48	0,23
<b>Patamar 3</b>	1,36	1,10	1,60	0,21	0,04
<b>Patamar 4</b>	1,36	1,00	1,60	0,25	0,06
<b>Patamar 5</b>	1,68	1,40	2,00	0,28	0,08
<b>Patamar 6</b>	2,60	1,80	3,30	0,70	0,48
<b>Patamar 7</b>	4,44	2,60	5,80	1,35	1,81
<b>Patamar 8</b>	7,27	4,00	9,80	2,76	7,60
<b>Patamar 9</b>	9,80	5,80	13,40	3,43	11,75
<b>Final 3min</b>	11,06	6,50	15,50	3,92	15,36
<b>Final 6min</b>	11,20	6,00	16,80	5,49	30,16
<b>Final 9min</b>	14,90	13,30	16,50	2,26	5,12

**Tabela n.º 10 – PSE Com e Sem Equipamento**

<b>PSE Sem Equipamento</b>					
	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Variância</b>
<b>Patamar 1</b>	6,60	6,00	9,00	1,34	1,80
<b>Patamar 2</b>	7,20	6,00	11,00	2,17	4,70
<b>Patamar 3</b>	7,60	6,00	11,00	2,30	5,30
<b>Patamar 4</b>	8,40	6,00	11,00	2,51	6,30
<b>Patamar 5</b>	9,80	6,00	13,00	2,77	7,70
<b>Patamar 6</b>	11,20	9,00	14,00	2,28	5,20
<b>Patamar 7</b>	12,40	10,00	14,00	1,82	3,30
<b>Patamar 8</b>	13,20	11,00	15,00	2,05	4,20
<b>Patamar 9</b>	15,00	13,00	16,00	1,41	2,00
<b>Patamar 10</b>	16,60	15,00	18,00	1,52	2,30
<b>Patamar 11</b>	18,33	16,00	20,00	2,08	4,33
<b>Patamar 12</b>	20,00	20,00	20,00	0,00	0,00
<b>PSE Com Equipamento</b>					
	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Variância</b>
<b>Patamar 1</b>	7,60	6,00	9,00	1,52	2,30
<b>Patamar 2</b>	8,20	6,00	11,00	2,28	5,20
<b>Patamar 3</b>	9,80	8,00	12,00	1,79	3,20
<b>Patamar 4</b>	10,80	8,00	13,00	1,92	3,70
<b>Patamar 5</b>	12,60	10,00	14,00	1,67	2,80
<b>Patamar 6</b>	14,20	12,00	15,00	1,30	1,70
<b>Patamar 7</b>	15,80	15,00	17,00	0,84	0,70
<b>Patamar 8</b>	18,25	17,00	20,00	1,26	1,58
<b>Patamar 9</b>	20,00	20,00	20,00	0,00	0,00

## APÊNDICE C – TABELAS ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS VC

Tabela n.º 11 – Estatísticas Descritivas dos Testes de VC

Teste VC C/ Equipamento						
	Velocidade Crítica (km/h)	Velocidade Máxima (km/h)	Velocidade Média (km/h)	Capacidade Distância Anaeróbia (metros)	Cadência Média (Ppm)	Comprimento da Passada Médio (metros)
Indivíduo_1	10,49	22,8	13,7	480	178	1,26
Indivíduo_2	12,49	34,06	14,6	510	165	1,44
Indivíduo_3	11,73	25,3	14,2	520	184	1,28
Indivíduo_4	13,20	21,3	15,1	450	188	1,31
<b>Média</b>	11,98	25,86	14,4	490	178,75	1,32
<b>Desvio Padrão</b>	1,16	5,71	0,59	31,62	10,05	0,08
<b>Variância</b>	1,35	32,60	0,35	999,82	101,00	0,01
Teste VC S/ Equipamento						
	Velocidade Crítica (km/h)	Velocidade Máxima (km/h)	Velocidade Média (km/h)	Capacidade Distância Anaeróbia (metros)	Cadência Média (Ppm)	Comprimento da Passada Médio (metros)
Indivíduo_1	15,7	24,1	17,1	400	192	1,44
Indivíduo_2	15,1	33,5	17,0	610	175	1,57
Indivíduo_3	15,3	28,5	17,7	560	191	1,51
Indivíduo_4	14,8	30,02	17,6	800	196	1,50
<b>Média</b>	15,23	29,03	17,35	593	188,50	1,51
<b>Desvio Padrão</b>	0,38	3,90	0,35	164,80	9,26	0,05
<b>Variância</b>	0,14	15,21	0,12	27159,04	85,75	0,01

## ANEXOS

### ANEXO A – EQUIPAMENTO E ARMAMENTO DO ATIRADOR



Figura n.º 12 – Equipamento e Armamento do Atirador

Fonte: Santos (2021)

## ANEXO B – PESO DO ARMAMENTO


Designação do Armamento	Representação do Armamento	Peso do Armamento
Espingarda de Assalto FN SCAR-L		3,50kg
Espingarda de Atirador especial FN SCAR- H		3,90kg
Pistola Glock 17 Gen 5 FS		0,63kg

Figura n.º 13 – Peso do Armamento Individual

Fonte: Alves (2022)

<p>Lança Granadas FN40GL-S Mk2</p>		<p>2,92kg</p>
<p>ML FN MINIMI 5,56 Mk3</p>		<p>8,00kg</p>
<p>Benelli Super Nova</p>		<p>3,40kg</p>
<p>Franchi SPAS-15</p>		<p>4,40kg</p>

Figura n.º 14 – Peso do Armamento Coletivo

Fonte: Alves (2022)

Designação do Armamento	Capacidade do carregador/fita	Peso do carregador/fita
Espingarda de Assalto FN SCAR-L	Carregador 30 munições 5,56x45 mm (NATO)	0,57kg
Espingarda de Atirador especial FN SCAR- H	Carregador 20 munições 7,62x51 mm (NATO)	0,75kg
Pistola Glock 17 Gen 5 FS	Carregador 17 munições 9x19 mm (NATO)	0,28kg
ML FN MINIMI 5,56 Mk3	Fita 100 munições 5,56x45 mm (NATO)	0,53kg

Figura n.º 15 – Peso dos Carregadores Muniçados

Fonte: Alves (2022)

## ANEXO C – PERCEÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO

### PERCEÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO

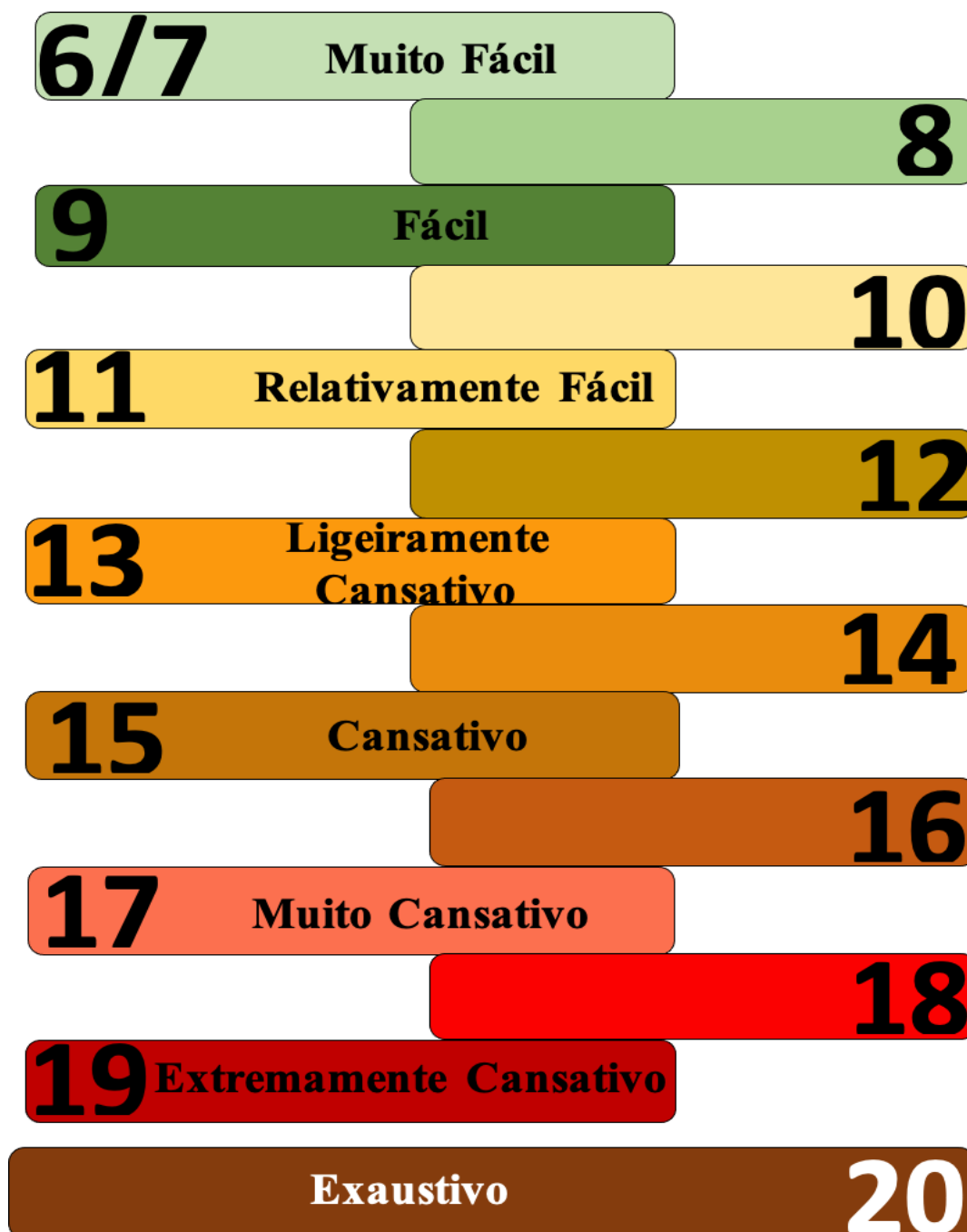


Figura n.º 16 – Escala da PSE

Fonte: Alves (2022)

## ANEXO D – FOLHAS DE REGISTO LABORATORIAL

Tabela n.º 12 - Tabela de Registo da Caracterização da Amostra

DATA	LABORATÓRIO				
INDIVÍDUO VARIÁVEIS	C1	C2	C3	C4	C5
PESO (Kg)					
ESTATURA (cm)					
IDADE (anos)					
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )					
PESO TOTAL DO EQUIPAMENTO (Kg)					
PESO COM EQUIPAMENTO (Kg)					
CARGA EXTERNA (%)					

Fonte: Alves (2022)

Tabela n.º 13 - Tabela de Registo dos Testes de  $\dot{V}O_{2\text{máx}}$

<b>TESTE VO2Máx</b>			
<b>Sem/Com Equipamento</b>			
<b>VELOCIDADE</b>	<b>INCLINAÇÃO</b>	<b>PSE</b>	<b>LACTATO (m.mol/L)</b>
4.5Km/h	2%		
4.5Km/h	4%		
4.5Km/h	6%		
4.5Km/h	8%		
5.5 Km/h	8%		
6.5 Km/h	8%		
7.5 Km/h	8%		
8.5 Km/h	8%		
9.5 Km/h	8%		
10.5 Km/h	8%		
11.5 Km/h	8%		
12.5 Km/h	8%		

<b>NOME</b>		<b>LACTATO INICIAL</b>	
<b>TEMPO TOTAL</b>		<b>LACTATO FINAL</b>	
<b>DATA</b>			

Fonte: Alves (2022)