



Influência dos Equipamentos de Proteção Pessoal Utilizados pelos Operadores do Bope-Al nas Demandas Fisiológicas da Marcha, Passo Tático e Trote: Um Estudo Piloto

Influence of Personal Protective Equipment Used by BOPE-AL Operators on the Physiological Demands of Walking, Tactical Stepping, and Jogging: A Pilot Study

Joacy Galdino da Silva Júnior

Filipe Antônio de Barros Sousa

Resumo: O Batalhão de Operações Policiais Especiais (BOPE) requer uma grande exigência física em suas operações e no exercício da função, visto que seus integrantes adotam diferentes formas de movimentação para garantir o deslocamento de modo eficaz, adaptando-se às características e objetivos específicos de cada missão. Também utilizam equipamentos de proteção pessoal de acordo com as operações, desde o capacete balístico nas ações táticas especiais até o traje antibomba nas ações que envolvem artefatos explosivos. O objetivo central deste estudo piloto foi investigar os efeitos dos equipamentos de proteção pessoal utilizados pelos operadores do BOPE da PMAL (Polícia Militar de Alagoas) em relação ao consumo energético dos participantes, nas demandas fisiológicas da marcha, do passo tático e do trote. Os testes foram realizados no Laboratório de Ciências Aplicadas ao Esporte (LACAE) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), onde quatro trajes foram analisados: (a) treinamento físico militar (linha de base), (b) antitumulto, (c) ações táticas e (d) antibomba. Os participantes realizaram tarefas de marcha (4 km/h), passo tático (1,6 km/h) e trote (8 km/h), a fim de monitorar a frequência cardíaca (FC), volume de oxigênio (VO_2), gasto calórico (GC), quociente respiratório (QR) e percepção subjetiva de esforço (PSE). Os resultados apontaram que o traje antibomba requer uma demanda cardiovascular mais elevada, bem como um maior consumo de oxigênio e gasto calórico em comparação com os demais trajes. Além disso, o quociente respiratório indica uma tendência à transição do uso de lipídios para carboidratos como substrato energético na intensidade de trote quando usando os trajes de ações táticas e antitumulto. Concluiu-se que os trajes de proteção utilizados pelos operadores do BOPE impactam consideravelmente em suas demandas fisiológicas, por isso, é indispensável considerar a massa dos mesmos no planejamento de treinamentos específicos para a preparação dos policiais, para otimizar o desempenho e a segurança desses profissionais durante as operações.

Palavras-chave: equipamentos de proteção pessoal; operadores do BOPE; marcha; passo tático; trote.

Abstract: The Special Police Operations Battalion (BOPE) faces high physical demands during operations and in the performance of its duties, as its members adopt different forms of movement to ensure effective mobility while adapting to the specific characteristics and objectives of each mission. They also use personal protective equipment according to operational requirements, ranging from ballistic helmets in special tactical operations to bomb suits in operations involving explosive devices. The main objective of this pilot study was to investigate the effects of the personal protective equipment used by BOPE operators

from the Military Police of Alagoas (PMAL) on participants' energy expenditure and the physiological demands associated with walking, tactical stepping, and jogging. The tests were conducted at the Laboratory of Applied Sports Sciences (LACAE) of the Federal University of Alagoas (UFAL), where four types of gear were analyzed: (a) military physical training gear (baseline), (b) riot-control gear, (c) tactical operations gear, and (d) bomb-disposal gear. Participants performed walking (4 km/h), tactical stepping (1.6 km/h), and jogging (8 km/h) tasks to monitor heart rate (HR), oxygen consumption (VO_2), caloric expenditure (CE), respiratory quotient (RQ), and rating of perceived exertion (RPE). The results showed that bomb-disposal gear imposes greater cardiovascular demands, as well as higher oxygen consumption and caloric expenditure, compared with the other types of gear. In addition, the respiratory quotient indicated a tendency toward a shift from lipid to carbohydrate utilization as an energy substrate during jogging while wearing tactical operations and riot-control gear. It was concluded that the protective gear used by BOPE operators considerably affects their physiological demands. Therefore, the mass of this equipment must be considered when planning specific training programs for police officers in order to optimize their performance and safety during operations.

Keywords: personal protective equipment; BOPE operators; walking; tactical stepping; jogging.

INTRODUÇÃO

O Batalhão de Operações Policiais Especiais (BOPE) é uma Unidade de Intervenção Tática da Polícia Militar (PM), constituída por profissionais altamente qualificados para combater à criminalidade, principalmente, em ocorrências de alta complexidade (Oliveira *et al.*, 2024). As situações extremas enfrentadas pelo BOPE variam de acordo com o contexto de cada estado, especialmente, em ocorrências de atos ilícitos, demandando a intervenção de policiais com treinamento específico (Vicentinni, 2015).

Art. 411. São atribuições do BOPE, no exercício das missões de polícia ostensiva, em sua especialidade:

- I - planejar, coordenar e executar as ações policiais especiais;
- II - atender ocorrências de alta complexidade e realizar intervenções de alto risco;
- III - atender ocorrências que envolvam o uso de artefatos explosivos ou a necessidade de intervenções visando eliminar ou minimizar o potencial risco oferecido por este tipo de artefato;
- IV - gerenciar ações de resgate e libertação de reféns localizados, bem como negociações em ocorrências de altíssimo risco;
- V - realizar ações preventivas e repressivas contra guerrilha urbana e rural;

VI - desencadear ações repressivas contra assaltos e sequestros;

VII - realizar ações e operações terrestres e aquáticas e táticas especiais;

VIII - apoiar a execução das atividades operacionais das demais unidades;

IX - apoiar a execução das atividades operacionais de outros órgãos ao extinguir suas possibilidades de ação, quando autorizado pelo Comandante Geral;

X - realizar policiamento a pé, quando determinado; e

XI - exercer outras atividades correlatas às Operações Especiais (Alagoas, 2023, s.p.).

De acordo com Rezende (2022, p. 29), “os policiais lotados no BOPE têm em suas missões/operações uma maior exigência física e técnica e a aptidão física é condição indispensável para que o policial exerça suas funções preservando não só a sua vida durante as operações como a dos colegas de batalhão”. No exercício da função, eles adotam diferentes formas de movimentação para garantir o deslocamento de modo eficaz, adaptando-se às características e objetivos específicos de cada incursão (Leandro, 2023). Destaca-se que movimentar-se durante um combate evita a exposição prolongada e torna o policial um alvo mais difícil de ser atingido. Posto isto, dentre as formas de movimentação ao trabalho do policial são comuns a marcha, o trote e uma forma específica de movimentação, nomeada de passo tático. Pormenorizadamente, a marcha é um movimento ordenado e uniforme dos policiais (Leandro, 2023).

Enquanto isso, no passo tático, o operador adota uma postura com o tronco à frente da linha do quadril, o quadril e as pernas realizam uma ligeira flexão, a abertura das pernas fica na largura dos ombros e os pés devem ser voltados para frente (Nogueira, 2021). No deslocamento do passo tático, “... o calcanhar é a primeira parte do pé ao tocar o solo. Depois do contato dos calcanhares, o restante do pé vai aos poucos chegando ao contato com o chão, como se fosse uma roda, com a ponta e os dedos chegando por último” (Nogueira, 2021, p. 203). Por sua vez, o trote é caracterizado por mudanças significativas na cadência e na biomecânica do movimento, sendo aproximadamente o dobro da velocidade da marcha, permitindo deslocamento mais rápido, mantendo a coordenação e a eficiência energética (Leandro, 2023). Sabe-se, que a tríade motora é formada pela resistência aeróbia, força e velocidade, logo, o treinamento requer um planejamento adequado para equilibrar essas capacidades e melhorar o desempenho do indivíduo (Berti Júnior, 2020).

Segundo Berti Júnior (2020), há uma complexidade no equilíbrio entre o treinamento de força e resistência, visto que essas grandezas são inversamente proporcionais. À vista disso, a eficiência do treino depende do equilíbrio e da

combinação adequada das cargas para cada capacidade (Berti Júnior, 2020). Assim, as velocidades com que os policiais realizaram as tarefas com os equipamentos, no presente estudo, foram adequadas ao contexto operacional, permitindo um deslocamento compatível com as exigências habituais de uma missão. Analogamente, para garantir que as condições internas do corpo estejam equilibradas e propícias para o desempenho das atividades exigentes e de alto risco, é vital que os policiais do BOPE estejam em estado de homeostase, que favoreça uma resposta eficiente e adaptativa às demandas extremas de suas funções. Para tanto, é necessária uma boa adaptação às mudanças nos diversos parâmetros fisiológicos, como a frequência cardíaca (FC), o volume de consumo de oxigênio (VO_2), o volume de produção de CO_2 (VCO_2) e o quociente respiratório (QR).

A FC é utilizada como parâmetro para analisar o comportamento cardíaco de indivíduos saudáveis e não saudáveis, bem como a resposta em situações de estresse e esforço físico, tendo potencial para ser útil na prescrição de exercícios físicos em diferentes contextos. Complementando, é representada pela medida da quantidade de vezes que o coração realiza batidas por minuto (BPM), e por ser um parâmetro de fácil medição, seu comportamento tem sido amplamente estudado durante diferentes tipos e condições associadas ao exercício (Malta, 2018). Não obstante, a FC “(...) pode ser utilizada para estimar a tolerância de carga do exercício, o gasto de energia e ajustar a intensidade do treinamento, direcionando para garantir eficácia e segurança da atividade” (Arantes *et al.*, 2017, p. 344). Dentre os parâmetros específicos dentro do espectro da FC, destaca-se a Frequência Cardíaca Máxima (FCMáx), uma vez que facilita o planejamento da atividade física, permitindo o cálculo do gasto energético e a formulação de diagnósticos clínicos (Silva *et al.*, 2016).

O VO_2 refere-se à quantidade de oxigênio que o corpo utiliza durante a atividade física, sendo comumente utilizado para avaliar a capacidade aeróbica e a eficiência com que o corpo utiliza o oxigênio durante o exercício. Sendo o consumo máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) definido como o maior volume de oxigênio que um indivíduo é capaz de captar, transportar e utilizar, por unidade de tempo, a nível celular (Arantes *et al.*, 2017). Em contrapartida, o VCO_2 indica a quantidade de dióxido de carbono produzido pelo corpo durante a atividade física e é um componente essencial na análise dos gases respiratórios, que fornece informações sobre o metabolismo energético e a eficiência da troca gasosa nos pulmões (Malta, 2018). A relação entre o VCO_2 e o VO_2 é referida como Quociente Respiratório (QR) e pode ser empregada para conhecer o tipo de substrato que está sendo oxidado pelo indivíduo em estudo (Barradas, 2018).

Além disso, é comum a utilização dos equipamentos de proteção pessoal de acordo com as operações do BOPE, tais como capacete balístico, colete e fuzil de assalto nas ações táticas; escudo, capacete antitumulto e exoesqueleto nas ações de choque ou controle de distúrbios civis; traje antibomba nas ações que envolvem artefatos explosivos (PMAL, 2010). Nesse cenário, é relevante o estudo para fornecimento de informações a PM sobre a exigência física desses profissionais para suportar o sobrepeso dos equipamentos utilizados ao realizar diferentes tarefas

durante as missões. Sendo assim, surge a hipótese de que o uso de diferentes trajes protetivos, em diferentes padrões de movimento, pode vir a comprometer a demanda energética dos policiais, refletindo em uma alteração severa nos parâmetros fisiológicos. O objetivo central deste estudo piloto foi investigar os efeitos dos equipamentos de proteção pessoal utilizados pelos operadores do BOPE - AL em relação ao consumo energético dos participantes, nas demandas fisiológicas da marcha, do passo tático e do trote.

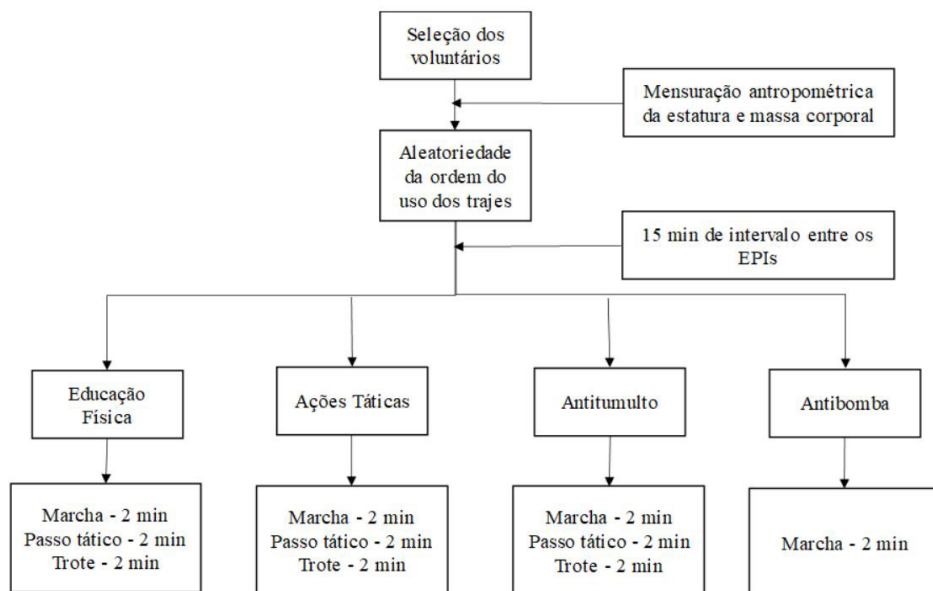
Tendo como objetivos específicos (a) avaliar as demandas fisiológicas do operador de Ações Táticas com seus uniformes, equipamentos e armamentos específicos durante esses tipos de deslocamentos (tarefas); (b) analisar as demandas fisiológicas do operador de Choque nas mesmas condições; e (c) do operador Antibomba durante a marcha com seu traje e equipamentos específicos.

Os resultados aqui apresentados podem servir de base para futuros estudos focados na necessidade de previsão estratégica de tempo em atividade a depender do tipo de traje e da frequência de uso de padrões de movimento menos eficientes, e até mesmo estudos voltados para o treinamento específico para aumentar a tolerância de policiais a tarefas específicas da corporação.

METODOLOGIA

O delineamento experimental, quanto à escolha dos participantes, adotado foi o ensaio clínico não randomizado, com distribuição aleatória e sem grupo controle, no qual todos os participantes foram submetidos aos testes. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Ciências Aplicadas ao Esporte (LACAE), situado no Instituto de Educação Física e Esporte (IEFE), localizado no campus A.C. Simões da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), em Maceió, Alagoas.

O trabalho foi realizado em conjunto com a Universidade Federal de Viçosa (UFV), responsável pela análise biomecânica dos policiais, sob respaldo do Comitê de Ética 5.928.854, conforme o delineamento experimental disposto na Figura 1.

Figura 1 - Delineamento experimental.**Fonte: Autor (2024).**

Segundo dados do processo SEI nº E:01206.0000053388/2023, datado de 14/11/2023, o Batalhão de Operações Policiais Especiais (BOPE) de Alagoas conta com um efetivo total disponível de 93 (noventa e três) policiais militares. Destes, 25 (vinte e cinco) policiais preenchem o requisito de possuir cursos de especialização em operações/ações táticas especiais. Para a amostra desse estudo piloto foram selecionados 5 integrantes.

A princípio, os voluntários foram convidados a participar da presente pesquisa, sendo previamente informados dos propósitos do estudo, bem como das avaliações realizadas, e das expectativas em relação aos resultados esperados. Subsequente, aqueles que concordaram em participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), disposto no Apêndice A, para formalizar a inclusão no estudo e composição da amostra.

Os participantes do estudo apresentaram média de idade de 34 anos com desvio padrão de 4 anos. Os resultados antropométricos mostraram uma média de 81,3 kg de massa corporal e 174 cm de estatura, com desvio padrão de 7,3 kg e 5,3 cm, respectivamente.

Na anamnese, o tempo de serviço dos participantes variou entre 5 e 15 anos. A carga horária semanal apresentou uma média de 48 horas, com uma frequência média de 2 a 3 operações (na área das ações táticas, choque ou antibomba) por semana. Todos os participantes relataram praticar atividade física pelo menos 3 vezes por semana, com duração de 45 a 90 minutos. A amostra abrangeu agentes com as seguintes características: idade inferior a 50 anos; ser policial militar do BOPE; possuir cursos de especialização na área de ações táticas e/ou operações

especiais; ser praticante regular de atividade física. Os critérios de exclusão adotados foram não possuir patologia que impedisse a realização do teste e não ter apresentado lesão ósteo-mio-articular nos últimos seis meses.

Os participantes preencheram a anamnese, disposta no Apêndice B, um formulário contendo perguntas relacionadas ao tempo de atuação profissional, rotinas de treinamento, histórico de lesões e condições de trabalho. A mensuração antropométrica da estatura e massa corporal foi realizada por um único avaliador utilizando uma balança analógica da marca *Welmy*. Os participantes compareceram ao laboratório em uma visita, onde realizaram tarefas com quatro trajes diferentes, separadas pelo intervalo mínimo de 15 minutos. Durante essas visitas, os participantes foram submetidos a uma familiarização com a esteira (SuperATL, Inbramed, Brasil), com o ergoespirômetro e analisador de gases (QUARK PFT CPET – COSMED), com a escala de percepção subjetiva de esforço (PSE) de Borg (6-20) (Borg, 1998) e ao monitor cardíaco de pulso (Garmin Instinct).

As variáveis cardiorrespiratórias e o gasto calórico foram monitorados de forma contínua. A partir disso, a percepção de esforço e a frequência cardíaca foram registradas antes e após cada teste. Nesta etapa, quatro trajes foram analisados: (a) treinamento físico militar (linha de base), (b) antitumulto, (c) ações táticas e (d) antibomba (Quadro 1), cujo sinal “ $\pm$ ” significa a variação da massa dos equipamentos individuais dos operadores.

Para cada um dos trajes, exceto o antibomba, os voluntários realizaram 3 tarefas, sendo elas: marcha a 4 km/h por 2 minutos, passo tático a 1,6 km/h por 2 minutos e trote a 8 km/h por 2 minutos. Apenas com o traje antibomba, a tarefa se limitou a marcha a 2 km/h, pela incapacidade de locomoção no mesmo e por ser a única velocidade compatível com a realidade do operador explosivista.

Ao longo das sessões de teste, foi solicitado que os participantes mantivessem sua rotina alimentar e que evitassem o consumo de bebidas à base de cafeína, além de não realizarem treinamento vigoroso com um mínimo de 24 horas antes da sessão.

Durante cada tarefa, foram medidos FC, VO₂, QR, gasto calórico e a PSE, na qual a média dos últimos 30 segundos foi escolhida com base na compreensão de que, até esse ponto, as variáveis monitoradas já estariam estabilizadas e seriam representativas da tarefa em execução.

Quadro 1 - Descrição dos trajes utilizados nas atividades.

TRAJES	DESCRIÇÃO DOS TRAJES
	Educação física composto por 1 par de tênis, bermuda e camisa
	Ações Táticas (16,58 ± 1,54 kg) composto por capacete balístico, colete balístico, fuzil com carregadores, cinto de guarnição, coldre com pistola, porta carregador, porta algemas e uniforme
	Antitumulto (18,96 ± 1,16 kg) composto por capacete antitumulto, exoesqueleto, escudo, bastão polímero, cinto de guarnição, coldre com pistola, porta carregador, porta algemas e uniforme
	Antibomba (31,2 ± 1,06 kg) composto pelo equipamento EOD® 9N Bomb Suit & Helmet

Fonte: Autor (2024).

Variáveis de Estudo

A Frequência Cardíaca Máxima (FC_{máx}) foi calculada pela seguinte equação:

Equação 1 - Frequência Máxima.

$$FC_{máx} = 220 - \text{Idade}$$

Fonte: Arantes et al. (2017).

Onde FC_{máx} representa a frequência cardíaca máxima em batimentos por minuto (bpm) e a idade utilizada foi a média dos participantes, expressa em anos, correspondente a 34 anos.

A unidade de medida do VO₂ foi expressa em mililitros de oxigênio por quilograma de massa corporal por minuto, abreviada como mL/kg·min, onde pré representa o VO₂ calculado a partir das 10 respirações imediatamente antes do teste realizado na esteira. Optou-se por usar apenas a pré-caminhada da linha de base como pré-esforço, uma vez que os demais foram realizados em sequência, sem intervalo de descanso entre eles. O VO₂ pós, por sua vez, refere-se ao consumo médio de oxigênio nos últimos 30 segundos do teste.

A interpretação do QR considerou o valor de 0,7 um indicativo de 100% de oxidação de lipídios, ou seja, a predominância de gordura. Enquanto valores maiores ou iguais a 1,00 foram associados a uma predileção majoritária por carboidratos na respiração celular, podendo indicar hiperatividade ou condições anaeróbicas (Quadro 2).

Quadro 2 - Interpretação do Quociente Respiratório.

UTILIZAÇÃO DO SUBSTRATO	QR
Oxidação lipídica	0,71
Oxidação proteica	0,82
Oxidação de substratos mistos	0,85
Oxidação glicídica	1,0
Lipogênese	1,0-1,2

Fonte: Barradas (2018).

O gasto energético médio, expresso em kcal por hora, foi calculado considerando os últimos 30 segundos de esforço, para assegurar a estabilização dos valores e proporcionar uma medição precisa do consumo energético.

Quanto a Percepção Subjetiva de Esforço (PSE), salienta-se que se trata de uma medida que avalia a intensidade do esforço percebido pelos indivíduos durante a realização de atividades físicas. Comumente, é geralmente mensurada por meio de escalas subjetivas, como a Escala de Borg, onde os participantes classificam a intensidade do esforço de acordo com sua própria sensação.

Análise de Dados

A análise estatística foi descritiva com média de desvio padrão das amostras através de gráficos, onde foram analisados os efeitos dos 4 tipos de trajes, isto é,

os 4 tipos de equipamentos de proteção pessoal: uniforme de treinamento físico militar (para linha de base); ações táticas; antitumulto e antibombas, em 3 níveis de tarefa (tipos e velocidades de deslocamento): marcha a 4 km/h, passo tático a 1,6 km/h e trote a 8 km/h. Não foram realizados testes de hipótese probabilística por conta do tamanho amostral, portanto, os resultados serão discutidos a partir de suas tendências de mudança percentuais individuais e médias.

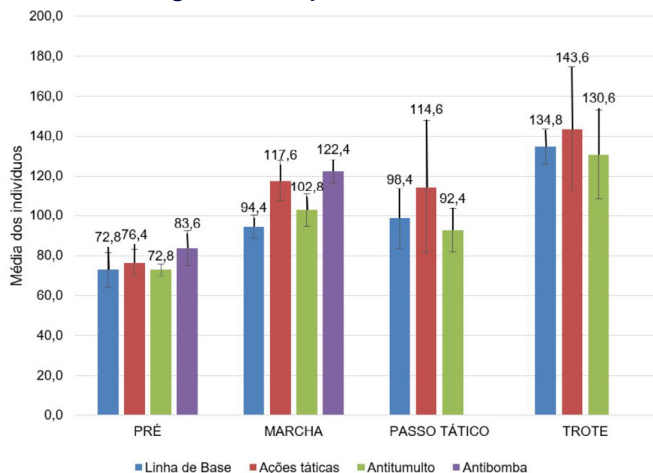
RESULTADOS

O traje de educação física (Quadro 1) foi utilizado como linha de base, servindo como controle antes de qualquer manipulação experimental, permitindo, assim, avaliar os efeitos das variáveis em estudo. Os dados obtidos foram dispostos em gráficos nos quais as barras representam as médias dos dados e as hastes ilustram o desvio padrão, demonstrando a variabilidade dos dados em torno das médias.

É bem sabido que a medição em repouso requer a observância de protocolos específicos, como o indivíduo estar sentado e ter permanecido sem realizar atividades físicas por um período determinado. Dessa maneira, conforme apresentado na Figura 2, verificou-se que no pré-teste e no movimento de marcha a média da FC dos indivíduos foi mais elevada no traje antibomba. Vale frisar que, no movimento de marcha, devido às limitações do traje, a velocidade foi equivalente à metade daquela submetida aos outros trajes.

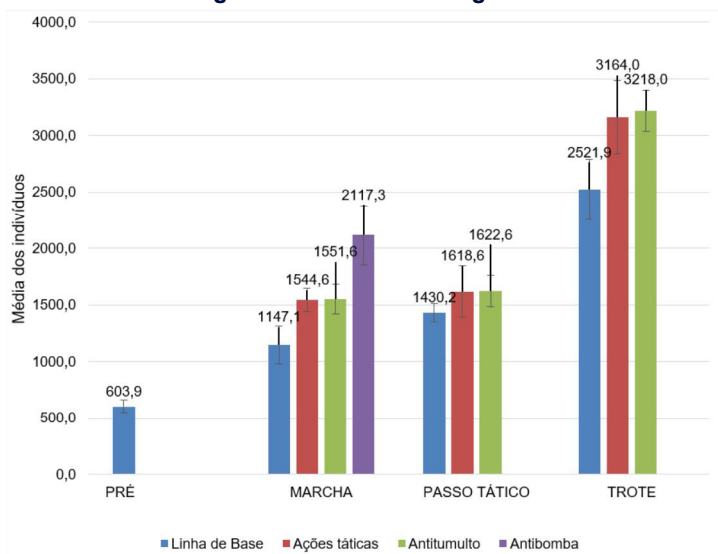
Ao comparar com a linha de base, no movimento de marcha, observou-se que o traje de ações táticas apresentou maiores valores de frequência cardíaca, em média, 24,58% a mais. Similarmente, os resultados obtidos por esse traje também foram superiores aos do traje antitumulto, sendo este 14,39% maior. No passo tático, observou-se o mesmo padrão, com o traje de ações táticas exibindo valores 16,46% mais elevados, porém, o desvio padrão foi quase o triplo, indicando uma maior variabilidade.

É plausível alegar que os resultados são pertinentes, levando em consideração que o traje de ações táticas tem uma massa menor que o traje antitumulto, sendo, em média, 2,5 kg mais leve.

Figura 2 - Frequência Cardíaca.**Fonte: Autor (2024).**

A priori, no passo tático, esperava-se que o traje antitumulto superasse os valores de FC da linha de base. No entanto, observou-se que os resultados obtidos foram bastante similares entre os dois, com uma variação da média de 6,09% em favor da linha de base. Como previsto, no trote, a frequência cardíaca foi maior, em relação à marcha, em todos os trajes: educação física, ações táticas e antitumulto, com incrementos de 42,80%, 22,11% e 27,04%, respectivamente.

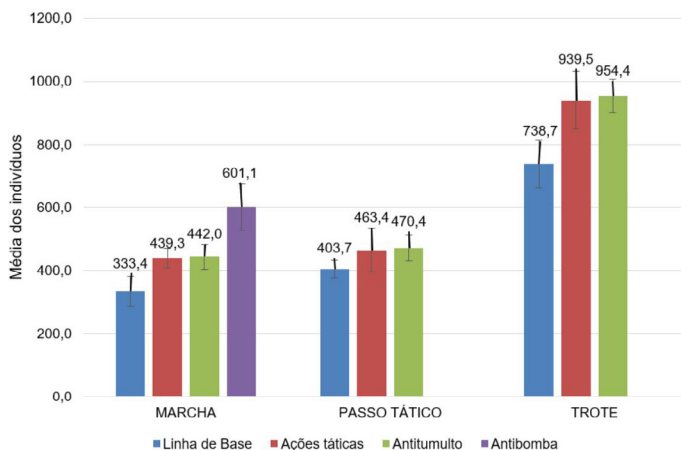
A Figura 3 ilustra os resultados do VO_2 , demonstrando que, durante a marcha, o VO_2 é aproximadamente 1,5 a 3 vezes maior em comparação à condição pré-exercício, independentemente do traje utilizado. O passo tático apresentou um aumento similar, apesar de ocorrer a menos da metade da velocidade. Enquanto o trote exibiu elevações ainda mais acentuadas, sendo estas cerca de 4 a 5 vezes maiores, em relação à condição pré-exercício, considerando todas as categorias de trajes.

Figura 3 - Volume de Oxigênio.**Fonte: Autor (2024).**

Percebe-se que durante a marcha a média registrada de VO₂ no traje antibomba foi cerca de 84,57% superior à média registrada na linha de base e aproximadamente 36,76% maior em relação aos demais trajes. Averiguou-se semelhança no comportamento dos resultados obtidos para os trajes de ações táticas e antitumulto, cuja variação registrada foi inferior a 0,5%, tanto na marcha quanto no passo tático.

Contudo, no passo tático, o desvio padrão do traje de ações táticas é 66,45% maior que o proveniente do antitumulto. Além disso, constatou-se que, embora a velocidade registrada neste teste tenha sido inferior à velocidade de marcha, os resultados obtidos foram bastante similares. Subsequentemente, no trote, o consumo de VO₂ nos trajes de ações táticas e antitumulto foi superior à linha de base, sendo 20,29% e 21,63%, respectivamente.

O gasto energético médio, apresentado na Figura 4, indica que na marcha o traje antibomba apresentou um gasto energético 80,30% maior em relação à linha de base. Isso representa um gasto energético adicional médio de quase 300 kcal/hora apenas por usar esse traje. De modo análogo, o resultado neste teste foi cerca de 32% superior ao dos trajes de ações táticas e antitumulto. No passo tático, houve pouca variação, com uma diferença em torno de 15,70% a mais em relação ao traje linha de base, tanto para o traje de ações táticas quanto para o de antitumulto.

Figura 4 - Gasto Energético Médio.

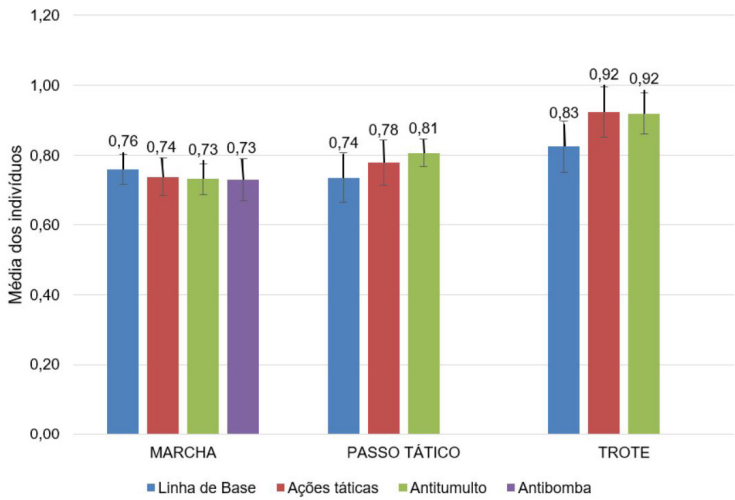
Fonte: Autor (2024).

No trote, os resultados obtidos foram similares para os trajes de ações táticas e antitumulto, com valores de 939,53 e 954,39 kcal/h, respectivamente. Ao comparar com a linha de base, verificou-se que o gasto calórico do traje de ações táticas foi cerca de 27,18% superior ao do traje linha de base, enquanto o traje antitumulto apresentou um aumento em torno de 29,20% em relação ao traje linha de base. Ou seja, ambos os trajes parecem aumentar o gasto energético em cerca de ~200 kcal/hora em uma intensidade de tarefa moderada, apenas pelo uso do traje de ações táticas ou antitumulto.

Para o Quociente Respiratório (QR) (Figura 5) na marcha, todos os trajes apresentaram resultados semelhantes, cuja média obtida foi 0,74. No passo tático, observa-se uma diferença para os trajes de ações táticas e antitumulto, com resultados próximos de 0,8, sugerindo uma possível utilização de um substrato energético alternativo, como a proteína.

Em contrapartida, no trote, o traje de linha de base indica o uso predominante de proteína como substrato energético. Enquanto os trajes de ações táticas e antitumulto, os resultados indicam uma oxidação mista com predominância de carboidratos, exibindo valores mais altos, superiores a 0,9.

Figura 5 - Quociente Respiratório.



Fonte: Autor (2024).

Na análise individual (Tabela 1), o quinto participante (Indivíduo nº 5) apresentou o maior QR em todas as condições de trote, sendo que, com o traje antitumulto, o QR foi maior que 1. Esses resultados demonstram que, dependendo do indivíduo, o impacto do uso desse tipo de traje pode ser maior, sugerindo a necessidade de uma análise individualizada sobre as respostas fisiológicas dos policiais para melhor pormenorização do seu treinamento e alimentação.

Tabela 1 - Quociente Respiratório dos Participantes durante o Trote.

TRAJES	Linha de base	Ações táticas	Antitumulto
INDIVÍDUO Nº 1	0,75	0,82	0,86
INDIVÍDUO Nº 2	0,74	0,90	0,90
INDIVÍDUO Nº 3	0,84	0,99	0,88
INDIVÍDUO Nº 4	0,89	0,91	0,93
INDIVÍDUO Nº 5	0,90	1,00	1,02

Fonte: Autor (2024).

Quanto a PSE, os resultados obtidos (Tabela 2) demonstraram uma maior percepção de esforço com o uso dos trajes em comparação ao traje de linha de base.

Tabela 2 - Percepção Subjetiva de Esforço dos Participantes após as Atividades.

	Marcha		Passo tático		Trote	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Linha de base	6,6	0,48	7,4	0,64	9	0,8
Ações táticas	8,2	0,96	10,8	0,72	13,2	0,72
Antitumulto	7,6	0,72	11	2,4	13,6	1,52
Antibomba	10,6	1,92	-	-	-	-

Fonte: Autor (2024).

O traje antibomba apresentou uma percepção de esforço consideravelmente mais alta durante a caminhada e houve um aumento na PSE com os trajes de ações táticas e antitumulto durante o passo tático e o trote, quando comparados à linha de base. No que tange ao desvio padrão da PSE, os dados indicam que há um aumento diretamente proporcional à intensidade do movimento, equivalente a $\frac{1}{4}$ em relação à linha de base.

Contraposto, no traje de ações táticas, observa-se uma redução de 25% no desvio padrão ao deslocar-se da marcha para o passo tático, enquanto no trote o desvio padrão permanece constante. No traje antitumulto, o desvio padrão oscila, aumentando cerca de 3 vezes durante o passo tático e reduzindo quase 1,6 vezes ao longo do trote.

No traje antibomba, identificou-se um desvio padrão correspondente a 1,92 na marcha, sendo este quatro vezes maior em comparação à linha de base, sugerindo que, devido à massa do equipamento, há uma necessidade maior de esforço por parte do indivíduo para realizar os movimentos.

DISCUSSÃO

Os trajes estudados possuem diferentes massas (Quadro 1), com o traje antibomba apresentando a maior carga em comparação aos outros trajes. Sendo esta discrepância 88,17% superior ao traje de ações táticas e 64,55% mais pesado do que o traje antitumulto. A variação percentual da massa do traje antitumulto em relação ao traje de ações táticas é de aproximadamente 14,55% a mais.

Ainda assim, as configurações de uso desses equipamentos podem influenciar consideravelmente o esforço percebido e os parâmetros fisiológicos. Por exemplo, a necessidade de empunhar o fuzil ao utilizar o traje de ações táticas no passo tático provoca uma alavanca de resistência distinta daquela gerada pelo escudo, que é segurado mais próximo ao centro de massa do policial durante a mesma tarefa.

O entendimento dessas diferenças é essencial para avaliar o impacto dos trajes no desempenho dos indivíduos submetidos aos testes. Ademais, como apontado por Cochrane-Snyman *et al.* (2019), a escala Borg 6–20 (Borg, 1962,

1970, 1982) é amplamente empregada para analisar a relação entre as percepções subjetivas da intensidade do exercício e variáveis fisiológicas, como a FC e o VO_2 .

Frequência Cardíaca

No pré-teste observou-se que o resultado do traje antibomba foi consideravelmente superior ao de todos os outros trajes, indicando que a massa do equipamento por si só já impõe uma carga cardiovascular substancial. Similarmente, o traje de ações táticas apresentou um desempenho inferior ao do traje antibomba.

De acordo com o esperado, a FC tende a aumentar tanto com o aumento da velocidade quanto com o aumento da massa do equipamento. Posto isto, em relação à linha de base, justifica os valores obtidos durante a marcha para os trajes de ações táticas e antitumulto, com aumentos substanciais de 19,73% e 12,58%, respectivamente.

O passo tático exige uma maior concentração do operador, com um nível de atenção mais aguçado. Além disso, o operador deve manter uma posição atlética agressiva, com o corpo levemente agachado e o tronco inclinado para frente. Em decorrência disso, apesar da velocidade ser 60% menor do que na caminhada, os resultados obtidos para essa tarefa são bastante similares.

Segundo Arantes *et al.* (2017), os índices de frequência são um dos parâmetros mais investigados, devido à relevância que exercem no treinamento, como também na capacidade de predizer a efetividade do treinamento. Por isso, os resultados dispostos neste estudo podem contribuir para a programação de um treinamento físico sistematizado e contínuo para os operadores, uma vez que é tangível explorar as zonas de treinamento baseadas na Frequência Cardíaca Máxima (FCMáx) (Quadro 3).

Elucidando, o resultado obtido com o traje de ações táticas e o traje antibomba, mesmo durante a caminhada e o passo tático, atingiu a Zona de Treinamento Z2. Em contraste, nas mesmas condições de velocidade e tempo, mas utilizando apenas o traje de educação física, a Zona de Treinamento identificada foi a Z1. Conjuntamente, no trote com os trajes de ações táticas e antitumulto, os indivíduos atingiram a Zona de Treinamento Z3.

Quadro 3 - Zonas-alvo de treinamento.

Zona de Treinamento	Frequência Cardíaca Máxima	Intensidade
Z1 (Recuperação Ativa)	50 – 60% da $\text{FC}_{\text{Máx}}$	Intensidade leve, até o primeiro limiar
Z2 (Endurance)	60 – 70% da $\text{FC}_{\text{Máx}}$	Intensidade moderada, entre os limiares
Z3 (Tempo)	70 – 80% da $\text{FC}_{\text{Máx}}$	Intensidade pesada, após o segundo limiar
Z4 (Limiar de Lactato)	80 – 90% da $\text{FC}_{\text{Máx}}$	Intensidade severa, próximo ao máximo

Zona de Treinamento	Frequência Cardíaca Máxima	Intensidade
Z5 (Máxima)	90 – 100% da $FC_{Máx}$	Intensidade máxima

Fonte: Adaptado de Sartor (2016) *apud* Edwards (1994).

Embora a frequência cardíaca com o traje de educação física também tenha aumentado durante essa tarefa, a utilização dos trajes sugere que, se o tempo de atividade fosse prolongado, o resultado poderia alcançar as zonas Z4 e Z5, visto que a amplitude do desvio padrão foi maior, possivelmente influenciada por resultados individuais mais acentuados que reduziram a média geral com os trajes de ações táticas e antitumulto.

A utilização de zonas de treinamento permite o monitoramento da intensidade do exercício, bem como o ajuste dos programas de treinamento de acordo com as respostas fisiológicas dos militares (Godinho *et al.*, 2024). Especificamente, no âmbito militar, a aptidão física emerge como elemento crucial, uma vez que afeta o recrutamento e a participação de vários integrantes nas Forças Armadas, pois impacta no atendimento às demandas operacionais ao longo da carreira (Inbar; Petluk; Dubnov, 2019).

Todavia, sabe-se que a precisão na previsão da demanda metabólica da FC é comprometida por fatores externos, como calor e estresse, comumente encontrados em ambientes militares (Inbar; Petluk; Dubnov, 2019). Dessa maneira, sugere-se o direcionamento para treinamento dos operadores com base nas zonas de FC e com incremento de equipamentos e trajes, assim como o Exército Brasileiro realiza.

Visto que as Forças Armadas brasileiras utilizam a FC para controlar a carga e prescrever atividades cardiopulmonares, como corrida contínua e intervalada com uniforme de Educação Física, treino concorrente cardiopulmonar-neuromuscular como o cross operacional e os treinamentos utilitários como o circuito operacional com o uniforme e equipamentos de combate (Brasil, 2019).

VOLUME DE OXIGÊNIO CONSUMIDO

O resultado obtido com o traje antibomba indica que o uso deste traje impõe uma demanda muito maior sobre a capacidade aeróbica do operador explosivista. Durante o trote, os trajes de ações táticas e antitumulto demonstraram um consumo de oxigênio muito superior ao do traje de linha de base, sugerindo que os operadores que utilizam esses trajes também devem possuir uma excelente capacidade aeróbica.

Minuciosamente, verificou-se que durante a marcha, ao usar o traje antibomba, o VO_2 foi o dobro em relação à linha de base. Analogamente, durante o trote observou-se a duplicação do VO_2 para todos os trajes propostos. No que diz respeito aos equipamentos de proteção individual, Carli e Oliveira (2012) constataram que ao utilizá-los, devido à massa dos mesmos, os indivíduos necessitam que o $VO_{2máx}$ seja no mínimo $50 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Em concordância com o estudo realizado por Inbar, Petluk e Dubnov (2019), que propôs algumas atividades para simular as ações de combate e identificou que a intensidade do esforço durante a tarefa foi considerada moderada e o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ correspondeu a 57,7% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ dos participantes. É bem sabido que o treinamento de alta intensidade é comumente utilizado para melhorar o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ dos indivíduos.

No estudo de Inbar *et al.* (2019), o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ dos militares das forças especiais foi de $54,0 \pm 6,1$ ml/kg/min. Nele, considerou-se uma massa média de 76 kg; isso representaria um $\text{VO}_{2\text{máx}}$ em torno de 3840 a 4112,1 ml/min. Assim, partindo do pressuposto de que a amostra do presente trabalho, por se tratar também de militares de ações e operações especiais, apresenta um $\text{VO}_{2\text{máx}}$ similar ao apresentado na literatura, a tarefa de trote a 8 km/h representaria em torno de 60% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ e, ao usar os trajes, esse valor subiria para em torno de 80% do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ dos avaliados.

Diante disso, usar os trajes de ação tática e antitumulto representa um aumento considerável no consumo de oxigênio, podendo trazer a tarefa de um domínio de intensidade moderado para um pesado (Cochrane-Snyman *et al.*, 2019; Inbar *et al.*, 2019), onde os parâmetros fisiológicos tendem a ter um comportamento muito mais desafiador e uma tarefa considerada de intensidade moderada passa a ser pesada apenas pelo uso do traje.

De acordo com Rubio Andres (2024), a inserção de treinamento de alta intensidade favorece o $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Além disso, a análise longitudinal aponta que os benefícios provenientes dos treinos são sustentáveis ao longo do tempo, contudo, é essencial equilibrar o treinamento intenso com a recuperação para evitar o overtraining.

Posto isto, a análise do $\text{VO}_{2\text{máx}}$ dos integrantes do BOPE permite o desenvolvimento de treinamentos cardiorrespiratórios, visando otimizar a capacidade aeróbica, incluindo a massa dos equipamentos em seus regimes de treinamento. Analogamente a FC, explicam-se os resultados no passo tático em virtude da exigência de manter uma maior concentração do operador e um nível de atenção mais aguçado.

Gasto Energético Médio

O traje antibomba, devido à sua massa elevada, resulta em um gasto energético consideravelmente maior. Os dados sugerem que o uso do traje antibomba, mesmo durante a caminhada, demanda que o operador esteja bem alimentado, com um consumo de calorias que pode ser até o dobro em comparação com um indivíduo realizando a mesma tarefa sem o uso do traje.

Por outro lado, os trajes de ações táticas e antitumulto, embora apresentem um aumento menor no gasto calórico em atividades de menor intensidade, também demonstram um impacto relevante em termos de consumo energético. Sendo assim, é indicado direcionar uma prescrição dietética elaborada por um profissional da área para cada tipo de operador, levando em consideração o gasto calórico registrado, para atender às necessidades energéticas específicas associadas ao uso desses trajes.

Em concordância com Castanho (2014), a avaliação dos efeitos do consumo de carboidrato na ativação cerebral durante o exercício físico revelou que o carboidrato ativou áreas cerebrais associadas à capacidade de tomada de decisões. Capacidade é crucial tanto para o desempenho esportivo quanto para a atuação policial, pois a compreensão do processo de tomada de decisão é fundamental para aprimorar a qualidade das decisões policiais e assegurar um serviço de excelência, entendendo como lidam com a complexidade de suas atividades e os fatores que influenciam suas escolhas, especialmente devido ao impacto crítico dessas decisões em situações que envolvam ameaça à vida (Alves, 2013).

Quociente Respiratório

Os resultados do QR, assim como o gasto calórico, indicam a necessidade de mais estudos para um entendimento mais completo. Com base nas observações, pode-se direcionar uma prescrição dietética elaborada por um profissional da área para cada tipo de operador, levando em consideração o substrato energético predominante identificado.

Além disso, a depender da duração e da intensidade demandada durante as missões, é possível que haja uma necessidade de reposição energética de carboidratos, similar à reposição de atletas durante provas. Confirmando o mencionado, Castanho (2014) enfatiza que os carboidratos estão relacionados com o melhor desempenho esportivo, por isso, em atividades prolongadas, com mais de 60 minutos, é recomendado consumir carboidratos durante o exercício.

Em condições metabólicas padrão e com função respiratória estável, a variação do QR em humanos situa-se entre 0,7 e 1. Como apontado por Barradas (2018), o QR de 0,7 indica predominantemente a oxidação de lipídios, enquanto 0,8 está associado à oxidação de proteínas. Sucessivamente, um valor de 0,85 revela uma dieta mista, e um QR de 1 corresponde à oxidação de carboidratos (Barradas, 2018).

Neste estudo, constatou-se que à medida que a intensidade do exercício aumenta, a média do QR eleva-se, sugerindo a oxidação glicídica. Observa-se que há um incremento considerável durante o trote, indicando que a intensidade do esforço está diretamente relacionada ao aumento na utilização de substratos glicídicos, como a principal fonte de energia. Especificamente, a ingestão de carboidratos pode ser feita através de bebidas esportivas, géis ou barras energéticas que contenham carboidratos de fácil digestão (Castanho, 2014).

Tendo em vista que se trata de um estudo piloto, este estudo reconhece que a obtenção de resultados fidedignos pode ser limitada devido à variabilidade dos dados e à amostra reduzida, ou seja, a variação acentuada nos dados de qualquer voluntário influencia a média geral, podendo tanto reduzi-la quanto aumentá-la. Portanto, para futuros estudos, recomenda-se utilizar uma amostra mais representativa para validar os resultados e aumentar a precisão das conclusões.

Também é aconselhável incluir participantes com diferentes níveis de condicionamento físico para analisar como diversos perfis influenciam a resposta

ao uso dos trajes. Além disso, incorporar uma avaliação mais detalhada das necessidades nutricionais e de treinamento físico específicas para operadores que utilizam trajes pesados, com a orientação de nutricionistas e treinadores especializados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstraram que o traje antibomba gera um aumento significativo na frequência cardíaca, refletindo a carga cardiovascular adicional devido à massa. Além disso, o mesmo demonstrou um consumo de oxigênio substancialmente superior aos demais trajes e resultou em um gasto energético consideravelmente maior.

Os trajes de ações táticas e antitumulto também elevaram a FC, em relação à linha de base, especialmente durante a marcha e o passo tático, atingindo zonas de treinamento mais intensas. No que tange ao QR, os resultados ressaltam a importância da formulação de dietas específicas e da inclusão de reposição de carboidratos durante as missões, para manter o desempenho e a eficiência energética.

Conclui-se que os trajes de proteção utilizados pelos operadores do BOPE impactam significativamente suas demandas fisiológicas, por isso, é indispensável considerar a massa dos mesmos no planejamento de treinamentos específicos e dietas para a preparação dos policiais, para otimizar o desempenho e a segurança desses profissionais durante as operações.

REFERÊNCIAS

ALAGOAS (Estado). **Decreto nº 93.446, de 4 de setembro de 2023**. Dispõe sobre a organização básica da Polícia Militar do Estado de Alagoas e dá outras providências. 2023. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/al/decreto-n-93446-2023-alagoas-dispoe-sobre-a-organiza-cao-basica-da-policia-militar-do-estado-de-alagoas-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 6 jun. 2024.

ALVES, B. D. F. **A tomada de decisão na atuação policial**. 2013. Dissertação (Mestrado Integrado em Ciências Policiais) – Instituto Superior de Ciências Policiais e Segurança Interna, XXV Curso de Formação de Oficiais de Polícia, Lisboa.

ARANTES, F. J.; VIEIRA, P. F.; BORGES, D. L.; PEREIRA, A. A. Podem o consumo máximo de oxigênio e a frequência cardíaca máxima medidos em teste laboratorial ser preditos por equações em corredores amadores? **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 11, n. 66, p. 343-352, jun. 2017.

BARRADAS, S. I. G. **Evolução do gasto energético em repouso e do quociente respiratório em recém-nascidos submetidos a cirurgia corretiva**

de malformações congênitas do trato gastrointestinal. 2018. Dissertação (Mestrado em Nutrição Clínica) – Universidade de Lisboa, Faculdade de Medicina, Lisboa.

BERTI JÚNIOR, J. A. **Efeitos de diferentes densidades de treino aeróbio sobre indicadores fisiológicos e físicos de adultos saudáveis.** 2020. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

BRASIL. [Ministério da Defesa]. **Programa de treinamento físico para militares em preparação para missões de paz da ONU.** 2019. [S.l.]. Disponível em: <<https://www.ipcfex.eb.mil.br/ima-ges/TFM/7.-Programa-de-Treinamento-Fsico-para-Militares-em-Preparao-para-Misses-de-Paz-da-ONU.pdf>>. Acesso em: 06 ago. 2024.

CARLI, A. G.; OLIVEIRA, R. S. Efeito do uso dos equipamentos de proteção individual e respiratória sobre o VO₂ máximo dos integrantes do 16º Grupamento de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 6, n. 35, p. 501-505, set./out. 2012.

CASTANHO, G. K. F. **Efeito do consumo de carboidrato na ativação cerebral durante exercício físico.** 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência do Esporte) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

COCHRANE-SNYMAN, K. C.; HOUSH, T. J.; SMITH, C. M.; HILL, E. C.; JENKINS, N. D. M. Treadmill running using an RPE-clamp model: mediators of perception and implications for exercise prescription. **European Journal of Applied Physiology**, v. 119, p. 2083–2094, 2019.

GODINHO, S. DE M.; OLIVEIRA, L. C. DE; BASTOS, P. A. D. N.; GAMA, V. H. DO C.; SIMÕES, V. B.; MAINENTI, M. R. M. Efeitos fisiológicos agudos da primeira sessão de Treinamento Físico Militar Operacional (TFMO): um estudo quase-experimental. **Revista de Educação Física / Journal of Physical Education**, v. 92, n. 4, p. 416–426, jun. 2024.

INBAR, O.; PETLUK, L.; DUBNOV-RAZ, G. Counter-terror fighting task: metabolic demand and energy systems' contributions. **Military Medicine**, v. 184, n. 3/4, p. e238, 2019.

LEANDRO, L. M. **Efeitos dos diferentes equipamentos de proteção individual, utilizados pelos policiais do Batalhão de Operações Policiais Especiais na cinemática tridimensional da marcha, do passo tático e do trote.** 2023. Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

LIRA, J. **Análise do nível de aptidão física relacionada à qualidade de vida e ao trabalho de policiais militares do 4º Batalhão de Polícia Militar da Paraíba.** 2014. Monografia (Licenciatura em Educação Física) – Universidade de Brasília. Duas Estradas-PB.

MALTA, F. P. **Análise experimental da variabilidade da frequência cardíaca e sua relação com o sistema de controle cardiorrespiratório em condições de exercício físico moderado e intenso**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica de Energia e Fluidos) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

NOGUEIRA, R. **Tiro de combate e sobrevivência policial**. 1ªed. Brasília-DF: Método RCS, 2021.

OLIVEIRA, L. F. N. DE; NOGUEIRA, M. D. DE A.; ROLIM, L. R.; MATOS, R. S. DE; BEZERRA, I. N.; MAIA, C. S. C.; LOUREIRO, A. C. C. Associação entre a qualidade do sono e indicadores do consumo alimentar e do nível de atividade física de policiais militares do batalhão de operações especiais. **Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde**, v. 11, n. 1, p.e12998, mai. 2024.

PMAL. Polícia Militar de Alagoas. **Procedimentos Operacionais Padrão - Volume I. Comissão de Elaboração: Comissão instituída pela Portaria nº 015/2009-GCG/ASS de 03/04/2009**. 2010. Disponível em: <<https://e-sic.al.gov.br/login/?next=/index/>>. Acesso em: 26 ago. 2024.

REZENDE, L. C. **Desempenho físico de policiais militares: uma análise longitudinal por especialidades/atribuições de função**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências do Movimento do Instituto) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

RUBIO ANDRES, L. Avançando na resistência: uma análise longitudinal dos efeitos do treinamento de alta intensidade na corrida e no desenvolvimento do VO₂ máximo. **Revista FT**, v. 28, n. 134, p. 14-15, mai. 2024.

SARTOR, F. Z. **Correlação entre a frequência cardíaca e a percepção subjetiva de esforço em aulas de Zumba®**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Educação Física), Universidade do Extremo Sul Catarinense.

SILVA, J. A. D.; SILVA, A. G.; FERREIRA, F. G.; MARINS, J. C. B. Comportamento da frequência cardíaca máxima em exercício no remoergômetro. **Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo – Supl**, v. 27, n. 1, p.16–19, 2018.

VICENTINI, L. C. **Liderança autêntica em contexto extremo: as vivências do Bope - Batalhão de Operações Policiais Especiais de Santa Catarina**. 2015. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Florianópolis.