

MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO  
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

## CURSO DE INSTRUTOR DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Aluno: **Matheus Alves Rodrigues** Gonçalves – 1º Ten  
Orientadora: **Adriane Mara de Souza Muniz** – Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup>

AVALIAÇÃO DO CUSTO ENERGÉTICO DA MARCHA EM MILITARES  
UTILIZANDO COTURNO COM E SEM PLACA DE CARBONO NO SOLADO:  
RESULTADOS PRELIMINARES

Rio de Janeiro – RJ  
2023

ALUNO: **Matheus Alves Rodrigues** Gonçalves - 1º Ten

**AVALIAÇÃO DO CUSTO ENERGÉTICO DA MARCHA EM MILITARES  
UTILIZANDO COTURNO COM E SEM PLACA DE CARBONO NO SOLADO:  
RESULTADOS PRELIMINARES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para conclusão da graduação em Educação Física na Escola de Educação Física do Exército.

ORIENTADORA: Adriane Mara de Souza Muniz - Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>

Rio de Janeiro – RJ  
2023

MINISTÉRIO DA DEFESA  
EXÉRCITO BRASILEIRO  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO  
CENTRO DE CAPACITAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO

ALUNO: **Matheus Alves Rodrigues** Gonçalves - 1º Ten

AVALIAÇÃO DO CUSTO ENERGÉTICO DA MARCHA EM MILITARES  
UTILIZANDO COTURNO COM E SEM PLACA DE CARBONO NO SOLADO:  
RESULTADOS PRELIMINARES

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aprovado em 08 de DEZEMBRO de 2023

Banca de Avaliação



(Miriam Raquel Meira Mainenti - Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>) Avaliadora



(Cláudia de Mello Meirelles - Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>) Avaliadora



(Adriane Marcelle Souza Muniz - Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>) Avaliadora

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** Nos últimos dez anos houve uma evolução significativa nos calçados esportivos, demonstrando melhorias no consumo energético durante a corrida com tênis de placa de carbono no solado, entretanto poucos estudos propuseram avaliar o consumo energético durante utilização de diferentes calçados. **OBJETIVO:** Este estudo preliminar tem como objetivo comparar o consumo metabólico da marcha ( $VO_2$ ) entre um coturno com solado de poliuretano (PU) com placa de carbono (PUCP) e um coturno com solado de PU sem placa (PUSP). **MÉTODOS:** Neste estudo, participaram 16 militares voluntários da Polícia Militar do Estado de São Paulo, com idade de  $35,4 \pm 3,4$ , altura de  $177,2 \pm 4,7$  cm e massa corporal de  $79,4 \pm 7,7$  kg. Os voluntários foram submetidos a caminhada em uma esteira a 5 km/h por cinco minutos utilizando cada um dos modelos de coturno (PUCP e PUSP). O protocolo de marcha foi realizado vestindo camiseta, shorts, e colete tático de 10 kg e uma mochila que ao todo continha uma carga de 20% do peso corporal. Para avaliar o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) e a produção de dióxido de carbono, durante o teste de marcha, foi utilizado o analisador de gases Metalyzer/Cortex, (Alemanha). A ordem do teste foi espelhada para cada modelo de calçado, sendo avaliado em duas tentativas. A média do  $VO_2$  obtido foi utilizada para comparar os resultados. **RESULTADOS:** O  $VO_2$  (PUCP:  $13,5 \pm 1,0$  ml/min/kg; PUSP:  $13,7 \pm 1,2$  ml/min/kg;  $p= 0,03$ ;  $d=0,50$ ), a taxa metabólica (PUCP:  $3,97 \pm 0,32$  W/kg; PUSP:  $4,03 \pm 0,37$  W/kg;  $p= 0,027$ ;  $d=0,52$ ) e o custo da marcha (PUCP:  $2,86 \pm 0,23$  W/kg; PUSP:  $2,90 \pm 0,26$  W/kg;  $p= 0,027$ ;  $d=0,52$ ) foram menores para o coturno com a inserção de placa de carbono comparado ao coturno sem a placa. **CONCLUSÃO:** Esses resultados são promissores, pois demonstram a potencialidade/funcionalidade do coturno com placa de carbono em otimizar em média 1,5% o consumo metabólico da marcha militar, utilizando o protótipo de coturno com placa de fibra de carbono.

**Palavras-chave:** análise da marcha, placa de fibra de carbono, coturno, consumo de oxigênio, desempenho físico.

## ABSTRACT

**INTRODUCTION:** In the past decade there has been significant evolution in athletic footwear, demonstrating improvements in energy consumption during running with carbon-plated shoes. However, few studies have aimed to assess energy consumption during the use of different footwear. **OBJECTIVE:** This preliminary study aims to compare the metabolic cost of walking ( $\text{VO}_2$ ) between military boots with a polyurethane (PU) sole with a carbon plate (PUCP) and military boots with a PU sole without a plate (PUSP). **METHODS:** In this study, 16 voluntary military participants from the Military Police of the State of São Paulo, aged  $35.38 \pm 3.44$ , height  $177.25 \pm 4.68$  cm, and body mass  $79.44 \pm 7.75$  kg, took part. Participants underwent walking on a treadmill at 5 km/h for five minutes using each boot model (PUCP and PUSP). The walking protocol involved wearing a t-shirt, shorts, a 10 kg tactical vest, and a backpack with a load totaling 20% of body weight. To assess the consumption of oxygen and carbon dioxide volumes during the walking test, the Metalyzer/Cortex gas analyzer (Germany) was used. The test order was mirrored for each footwear model, with two attempts evaluated. The mean  $\text{VO}_2$  obtained was used to compare the results. **RESULTS:** The  $\text{VO}_2$  (PUCP:  $13.5 \pm 1.0$  ml/min/kg; PUSP:  $13.7 \pm 1.2$  ml/min/kg;  $p=0.03$ ;  $d=0.50$ ), metabolic rate (PUCP:  $3.97 \pm 0.32$  W/kg; PUSP:  $4.03 \pm 0.37$  W/kg;  $p=0.027$ ;  $d=0.52$ ), and walking cost (PUCP:  $2.86 \pm 0.23$  W/kg; PUSP:  $2.90 \pm 0.26$  W/kg;  $p=0.027$ ;  $d=0.52$ ) were lower for the boot with carbon fiber plate compared to the boot without the plate. **CONCLUSION:** These results are promising, as they demonstrate the potential/functionality of the boot with a carbon fiber plate in optimizing, on average, 1.5% of the metabolic cost of military walking, using the prototype boot with a carbon fiber plate.

**Keywords:** gait analysis, carbon fiber plate, boot, oxygen consumption, physical performance.

## INTRODUÇÃO

Na última década os calçados evoluíram buscando melhorar o desempenho dos atletas de corrida, com aumento no retorno de energia (1-3). O trabalho de Hoogkamer et al (1) observou melhora de 4% no consumo energético da corrida com tênis com fibra de carbono, assim, se ao correr em uma mesma velocidade, um atleta conseguir diminuir seu gasto energético, então ele deve ser capaz de correr mais rápido com sua capacidade fisiológica existente (4).

Dentro dessa linha de pesquisa, alguns fatores se destacam, como a massa do calçado, amortecimento e retorno energético produzido, que afetam diretamente o gasto energético da corrida (3), uma vez que tênis mais leves reduzem o gasto energético (1). Com esse conhecimento, praticamente todos os tênis de corrida modernos têm entressolas feitas de vários materiais de espuma que, em graus variados, conseguem amortecer o impacto, armazenar e devolver a energia mecânica (2).

Segundo Hoogkamer et al (2), correr com tênis com placa de carbono não mudou a cinemática do quadril ou do joelho, mas reduziu a quantidade de trabalho realizado na articulação do tornozelo, tanto na fase de apoio quanto na propulsão. Em geral, a redução no consumo metabólico durante a corrida utilizando calçados com placa de carbono, pode ser explicada pela capacidade da entressola do tênis de armazenar e liberar energia como uma mola, além dos efeitos de alavanca na articulação do tornozelo e dos efeitos de rigidez da placa na articulação metatarsofalangeana (2).

Com o objetivo de inovar os calçados militares, nosso grupo de pesquisa desenvolveu um protótipo de coturno com o solado de poliuretano (PU) com a inserção de uma placa de fibra de carbono na entressola. A placa foi retirada de um tênis de corrida (5,6). Os resultados iniciais mostraram maior rigidez do protótipo com a placa de fibra de carbono quando comparado ao coturno sem a placa de fibra de carbono (5). Foi encontrado aumento na velocidade da força de reação do solo no pré-balanço quando utilizado coturno com placa de carbono (5).

Em estudo subsequente, foram realizados testes dos componentes vertical e ânteroposterior da força de reação do solo durante uma marcha com a utilização de carga de mochila de 20 Kg e foi observado aumento do impulso, o que sugere maior economia de movimento durante a locomoção de militares (6).

A placa de fibra de carbono embutida na entressola dos tênis de corrida aumenta a rigidez da flexão longitudinal, podendo trazer melhorias na economia energética durante a corrida (1,3), bem como a placa de fibra de carbono embutida na entressola dos coturnos

apontam para resultados semelhantes (5,6), o que pode deixar o militar menos desgastado para desempenhar a atividade que lhe for proposta após a marcha. Porém faltam estudos sobre o consumo energético durante a marcha com diferentes modelos de coturno. A presente lacuna já foi apontada em estudos anteriores (5,6).

Desta forma, este estudo visa comparar o custo energético da marcha em militares com transporte de carga utilizando um protótipo de coturno com e sem placa de fibra de carbono. A hipótese desse estudo é que o protótipo de coturno com placa de fibra de carbono inserido na entressola reduzirá o custo energético da marcha em militares, o que pode melhorar o desempenho da marcha quando comparado com os coturnos militares sem placa de fibra de carbono.

## **MÉTODOS**

### **Delineamento Experimental**

O presente estudo foi quase-experimental e buscou comparar as taxas de consumo de oxigênio durante a realização da marcha utilizando o protótipo de coturno com solado de fibra de carbono e outro sem a placa de carbono. Para isso, foi realizado um teste ergométrico de caminhada a 5 km/h por 5 min com cada modelo de coturno para avaliar se existe diferença no custo energético do indivíduo utilizando os diferentes modelos de coturno.

### **Amostra**

O tipo de amostragem foi por conveniência, sendo uma amostra não probabilística, com a participação de 16 militares voluntários da Polícia Militar do Estado de São Paulo, com idade de  $35,38 \pm 3,44$ , altura de  $177,25 \pm 4,68$  cm e massa corporal de  $79,44 \pm 7,75$  kg. O cálculo do tamanho amostral foi realizado no software “G Power” e indicou um tamanho amostral de 27 participantes, para um teste t de amostras pareadas, com tamanho de efeito 0,5, alfa 0.05 e poder do teste de 0.8. Serão ainda avaliados 14 participantes para completar o estudo. Desta forma, esse estudo apresenta os resultados preliminares.

Todos os participantes tinham experiência em atividades de marchas com a utilização de coturnos. Militares com histórico de lesões musculoesqueléticas nos membros inferiores nos últimos seis meses foram excluídos do estudo. Todos os voluntários assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo 1), aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, CAAE de número 09674319.1.0000.9047.

### **Procedimentos experimentais**

A avaliação do custo energético durante a marcha foi realizada em um dia de coleta no laboratório de fisiologia do exercício da Escola de Educação Física da Polícia Militar de São Paulo (PMSP). A coleta foi possibilitada devido ao projeto em conjunto da EsEFEx e da Escola de Educação Física da PMSP aprovado pela CADESM (Pro-pesquisa 2023) do Departamento de Educação e Cultura do Exército (DECEX).

Os participantes foram orientados para não realizar atividade física antes da coleta. Inicialmente, os participantes foram informados sobre os procedimentos de coleta e quem concordou em participar do estudo assinou o TCLE e continuou a coleta de dados. Em seguida foram coletadas as informações antropométricas (peso e altura) e a presença de histórico de lesões prévias através de uma entrevista e por fim, foi calculado a massa necessária para



aumentar 20% do peso corporal, utilizando os seguintes equipamentos: colete balístico de 10kg, mochila e coturno (Figura 1).



Figura 1 – Exemplo de um participante durante a coleta de dados ergoespirométricos

O custo energético da marcha foi avaliado utilizando dois modelos de coturno: coturno com solado de PU com placa de carbono inserida no solado (PUCP) (Figura 2A) e outro sem a placa de carbono (PUSP) (Figura 2B). A massa dos calçados foi igualada com a adição de placas de 10g coladas na lateral do coturno para que o fator peso não interferisse nos resultados.



Figura 2 – Coturno com a placa de carbono na entressola (PUCP) (A) e coturno sem a placa de carbono (PUSP) (B).

Os participantes caminharam por 5 min a 5 km/h com cada modelo de coturno em uma esteira ergométrica (Centurion 300, Micromed, Brasil). Para a avaliar o consumo dos volumes de oxigênio e dióxido de carbono consumidos e liberados durante o teste de marcha foi utilizado o analisador de gases Metalyzer (Cortex, Alemanha). A ordem dos coturnos foi aleatorizada para cada sujeito e espelhada, com duas tentativas de teste para cada modelo de coturno, tendo ao final quatro tentativas para cada sujeito. Como exemplo da ordem espelhada tivemos um participante: PUCP, PUSP, PUSP e PUCP. Entre cada tentativa, os participantes tiveram 10 min

de repouso, enquanto trocavam o calçado. Para cada variável analisada, a média de duas tentativas foi utilizada para cada calçado.

### **Processamento dos Dados**

A taxa média de consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono foram analisados nos dois últimos minutos de cada coleta (Hoogkamer et al., 2018). Foram avaliadas as seguintes variáveis: taxa de consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) em ml/kg/min, a frequência cardíaca (FC), a relação de troca respiratória (RER), que representa a quantidade de  $CO_2$  produzido dividido pela quantidade de  $O_2$  (adimensional). A equação de Brockway (8) [1] foi usada para calcular a taxa metabólica em W/kg e o custo metabólico da marcha [2] foi calculado em ml/Kg/m (9).

$$Taxa\ metabólica = 16,58VO_2 + 4,51VCO_2 \quad [1]$$

onde  $VO_2$  e o  $VCO_2$  (mL/min) representam a média do  $VO_2$  e  $VCO_2$  nos dois últimos minutos de coleta.

$$Custo\ da\ Marcha = \frac{VO_2}{Velocidade\ da\ marcha} \quad [2]$$

onde o  $VO_2$  (ml/kg/min) e a velocidade da marcha em m/min. No caso do nosso estudo era 83,3m/min, ou seja, 5 km/h.

### **Análise estatística**

As variáveis de cada coturno foram avaliadas através de estatística descritiva com apresentação de média e desvio padrão. O teste de Shapiro Wilk foi utilizado para testar a normalidade das variáveis. Como os dados de todas as variáveis foram aderentes à normalidade, foi utilizado o teste t pareado para comparar as variáveis do consumo de oxigênio, frequência cardíaca, taxa metabólica e custo das marchas, com os dois modelos de coturno. O tamanho do efeito foi calculado utilizando o d de Cohen em que seu tamanho de efeito é pequeno se for entre  $d = 0,2$  a  $0,49$ , médio se  $d = 0,5$  a  $0,79$  e grande se  $d = 0,8$  a  $1,29$ . O nível de significância adotado foi de  $\alpha = 0.05$ . O software usado para as análises, foi o Jasp 0.18.1 (JASP Team, 2023).

## RESULTADOS

Foram observadas diferenças estatísticas nas variáveis  $VO_2$ , taxa metabólica e custo da marcha entre os calçados, sendo que marcha com o coturno PUCP apresentou os menores valores para estas variáveis.

Tabela 1 – Valores médios  $\pm$  desvio padrão das variáveis ergoespirométricas com cada coturno avaliado.

Variáveis	PUCP	PUSP	p	Tamanho de Efeito
$VO_2$ (ml/kg/min)	13,5 $\pm$ 1,0	13,7 $\pm$ 1,17	0,030	0,506
RER	0,88 $\pm$ 0,03	0,88 $\pm$ 0,03	0,541	0,026
FC (batimentos/min)	92,0 $\pm$ 5,66	92,4 $\pm$ 6,43	0,126	0,298
Taxa Metabólica (W/kg)	3,97 $\pm$ 0,32	4,03 $\pm$ 0,37	0,027	0,522
Custo Marcha (ml/kg/m)	2,86 $\pm$ 0,23	2,90 $\pm$ 0,26	0,027	0,522

PUCP: coturno de poliuretano com placa de fibra de carbono

PUSP: coturno de poliuretano sem placa de fibra de carbono

É possível observar que o consumo do  $VO_2$  foi menor para o PUCP quando comparado ao coturno PUSP (Tabela 1), o que resultou em uma redução de 1,5% no consumo de  $VO_2$  ao utilizar-se a placa de fibra de carbono na entressola no coturno. Também foi observado uma redução de 1,5% para a taxa metabólica e de 1,4% para o custo metabólico da marcha. As variáveis FC e RER não apresentaram diferenças estatísticas significativas.

## DISCUSSÃO

O estudo teve como objetivo comparar o custo metabólico da marcha, utilizando protótipos de coturno com placa e sem placa de fibra de carbono na entressola. A hipótese do estudo foi corroborada, com redução em torno de 1,5% do consumo metabólico da marcha com carga de 20% do peso corporal utilizando o coturno com placa de fibra de carbono. Essas descobertas são consistentes com estudo anterior que encontrou redução de 4% da taxa metabólica da corrida com protótipo de tênis com placa de fibra de carbono (1,3).

De acordo com Griffin et al. (2003), o custo metabólico da marcha de militares com carga é explicado pela geração de força muscular durante o período de apoio para deslocar o centro de gravidade (10). A redução de 1,5% pode ser benéfica para militares, principalmente durante a atividade de marchas de longas distâncias. Uma marcha militar de vinte e quatro quilômetros em estrada é realizada em seis horas por uma tropa constituída (11). Dessa forma, a utilização de um coturno com placa de carbono, poderia deixar o militar mais preparado para desempenhar a atividade que lhe for proposta após a marcha.

Esses resultados são promissores, pois mostraram a viabilidade de aplicação do protocolo de gasto energético para comparação de coturnos diferentes e a potencialidade do coturno com placa de carbono em reduzir o consumo energético de uma marcha militar.

Em estudo similar feito por Hoogkamer et al., (2) foi investigado os efeitos do uso de tênis de corrida com placa de fibra de carbono na entressola e foram encontrados diversos resultados significativos. Os corredores usando os tênis com placa de carbono apresentaram uma frequência de passada ligeiramente menor e passos mais longos em comparação com os tênis sem a placa e com a placa de fibra de carbono tradicional. Embora o tempo de contato com o solo não tenha diferido entre os calçados, o tempo no ar foi cerca de 3,2% maior nos tênis com placa de carbono. Os padrões de força de reação do solo também foram distintos, com pico de força vertical ligeiramente maior nos tênis com placa de carbono. O impulso vertical por passada também foi superior nesses tênis. A fase propulsiva iniciou mais cedo na fase de apoio nos tênis com placa de carbono.

Estudo prévio do nosso grupo de pesquisa verificou um aumento na força propulsiva, no impulso e na velocidade da força de reação do solo utilizando esse mesmo protótipo de coturno usado no presente estudo (12), sugerindo melhora na propulsão durante a marcha militar com carga. Esses resultados, associados ao resultado do presente estudo corroboram para destacar o papel da placa de carbono em melhorar o desempenho da marcha militar ao usar um coturno com essa nova tecnologia.

Os resultados indicam que a inclusão da placa de fibra de carbono na entressola dos coturnos pode proporcionar uma marcha mais eficiente, com menor consumo de oxigênio e menor desgaste metabólico. Isso sugere benefícios significativos para os militares em termos de economia de energia durante a locomoção. Portanto, os achados deste estudo têm implicações práticas importantes para o desenvolvimento de calçados militares mais eficazes, que podem melhorar o desempenho e reduzir a fadiga em situações de marcha prolongada.

As limitações encontradas no presente estudo foram a pequena amostra, sendo apenas um estudo preliminar. A ampliação para 30 sujeitos, como previsto inicialmente, pode melhorar o poder estatístico do teste e ainda auxiliar a conclusões mais assertivas. A avaliação apenas em esteira e não em uma situação real de marcha em combate, além da falta de avaliações em velocidades superiores e com tempos maiores de marcha na esteira, podendo gerar um resultado mais expressivo.

## CONCLUSÃO

Este estudo visou comparar o custo energético da marcha em militares com transporte de carga utilizando um protótipo de coturno com e sem placa de fibra de carbono. A hipótese foi que o protótipo de coturno com placa de fibra de carbono inserido na entressola reduziria o custo energético da marcha em militares. Os resultados obtidos confirmaram essa hipótese, indicando que o uso do protótipo de coturno com placa de fibra de carbono resultou em uma significativa diminuição no gasto energético, evidenciando potencial para aprimorar o desempenho em comparação com o uso dos coturnos militares convencionais.

Esses resultados são promissores, pois mostraram a potencialidade do coturno com placa de carbono em reduzir o consumo energético de uma marcha militar e a viabilidade de aplicação do protocolo para avaliação do gasto energético durante a marcha comparando diferentes modelos de coturnos.

Sabendo que a massa do calçado, o amortecimento e o retorno energético produzido afetam diretamente o gasto energético da corrida, estudos futuros poderiam explorar características específicas dos coturnos com a inserção da placa de fibra de carbono na entressola, bem como, diferentes modelos de placa de carbono, além de diferentes alturas do solado, para entender melhor suas influências na biomecânica e no custo metabólico.

## REFERÊNCIAS

1. Hoogkamer W, Kipp S, Frank JH, Farina EM, Luo G, Kram R. A comparison of the energetic cost of running in marathon racing shoes. *Sports Med.* 2018;48:1009-19.
2. Hoogkamer W, Kipp S, Kram R. The Biomechanics of Competitive Male Runners in Three Marathon Racing Shoes: A Randomized Crossover Study. *Sports Med.* 2019; 49: 133-143.
3. Patoz A, Lussiana T, Breine B, Gindre C. The Nike Vaporfly 4%: a game changer to improve performance without biomechanical explanation yet. *Footwear Sci.* 2022; 14:1-4.
4. Hoogkamer W, Kipp S, Spiering BA. Altered running economy directly translates to altered distance-running performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2016; 48:2175-80.
5. Costa, IN. Avaliação da marcha utilizando um protótipo de coturno com solado de fibra de carbono. Trabalho de conclusão de curso. Rio de Janeiro (RJ). *EsEFEx.* 2021; 1:5-15.
6. Brandão, DP. Avaliação da força de reação do solo durante a marcha de um protótipo de coturno com solado de fibra de carbono. Trabalho de conclusão de curso. Rio de Janeiro (RJ) *EsEFEx.* 2022; 1:5-14.
7. Priebe JR, Kram R. Why is walker-assisted gait metabolically expensive, *Gait and Posture.* 2011 Jun; 34 (2):265-9. doi: 10.1016/j.gaitpost.2011.05.011.
8. Brockway JM. Derivation of formulae used to calculate energy expenditure in man. *Human Nutr Clin Nutr* 1987; 41:463–71.
9. Masahiro H, Junko E, Yukari H, Daijiro A. Comparisons of energy cost and economical walking speed at various gradients in healthy, active younger and older adults. *Journal of Exercise Science & Fitness.* 2015; 13: 79-85.
10. Griffin M, Roberts J, Kram R. Metabolic cost of generating muscular force in human walking: insights from load-carrying and speed experiments. *J Appl Physiol.* 2003; 95: 172–183.
11. Manual de Campanha EB70-MC-10.304, Marchas a pé. Ministério da Defesa, Exército Brasileiro, Comando de Operações Terrestres, 3ª Edição, 2019.
12. Muniz AM, et al. Ground reaction force analysis of a prototype military boot with carbon fiber plate mixed in midsole during gait: a preliminary study. *Footwear Science* 2023; 15:1-4.

## ANEXO 1

### TERMO DE PARTICIPAÇÃO CONSENTIDA LIVRE E ESCLARECIDA (TCLE)



**MINISTÉRIO DA DEFESA EXÉRCITO BRASILEIRO DEPARTAMENTO DE  
EDUCAÇÃO E CULTURA DO EXÉRCITO DIRETORIA DE PESQUISA E ESTUDOS  
DE PESSOAL ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DO EXÉRCITO**

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) da pesquisa denominada “AVALIAÇÃO BIOMECÂNICA E METABÓLICA DE MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO UTILIZANDO DIFERENTES MODELOS DE COTURNO COM E SEM TRANSPORTE DE CARGA”, realizada no âmbito do Divisão de Pesquisa e Extensão/ Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx) e que diz respeito a um projeto de projeto de iniciação científica.

1. OBJETIVO: nesta pesquisa pretendemos avaliar quais são as influências de diferentes tipos de coturnos na marcha humana com e sem a utilização da mochila. O motivo que nos leva a estudar esse assunto consiste em entender melhor os efeitos dos diferentes modelos de coturno na sobrecarga dos membros inferiores durante a caminhada e se os coturnos apresentam um comportamento diferenciado com e sem o uso da mochila.

2. PROCEDIMENTOS: Você foi selecionado (a) por apresentar pelo menos índice muito bom (MB) no teste de aptidão física (TAF) e não apresentar lesões musculoesqueléticas nos membros inferiores nos últimos 6 meses. Sua participação consiste em vir ao laboratório de Biociências da Escola de Educação Física do Exército (EsEFEx) em quatro visitas com intervalo mínimo de três dias entre os testes. No primeiro dia serão coletados seus dados de peso e altura. Em seguida você fará um aquecimento por 5 minutos pedalando em uma bicicleta ergométrica e será solicitado que você realize cinco repetições submáximas de saltos verticais contramovimento e squat jump para se familiarizar as condições de teste. Posteriormente você realizará os mesmos saltos com força de explosão máxima por 3 repetições com 1 min de intervalo entre cada salto. Após descansar por 15 min sete sensores inerciais na sua pelve e membros inferiores serão fixados e em seguida será solicitado que você salte por cinco repetições de uma caixa com 60cm



de altura e realize um salto contramovimento. Nesse mesmo dia, seu consumo de oxigênio máximo será avaliado através do teste ergoespirométrico (análise da troca gasosa) realizado em esteira. Nesse teste você irá correr sobre uma esteira com intensidade progressivamente crescente até atingir seu máximo de cansaço. O exercício somente será interrompido antes do cansaço máximo caso os avaliadores identifique alguma alteração que justifique a interrupção precoce, assim como também será interrompido a qualquer momento no caso de sua solicitação. Entre a segunda e a quarta visita ao laboratório, você repetirá os testes de salto antes e após caminhar por 4km em esteira na velocidade de 5km/h. Durante a marcha na esteira, você andarás com um modelo de coturno diferente e com mochila de 15kg e equipamento individual de combate. Serão fixados um acelerômetro na tíbia, sensores inerciais nos membros inferiores, frequencímetro no seu peito e uma máscara de medida de troca de gases em sua boca. Durante a marcha você será questionado sobre o nível de esforço da atividade e após sobre o conforto do coturno utilizando durante a caminhada.

3. POTENCIAIS RISCOS E BENEFÍCIOS: Toda pesquisa oferece algum tipo de risco. Nesta pesquisa, o risco pode ser avaliado como baixo, isto é, o participante pode apresentar dor muscular mínima tardia nos testes de marcha. Objetivando minimizar esses riscos, você tem a possibilidade realizar um período de descanso entre cada avaliação. Os riscos no teste de consumo de oxigênio máximo são baixos, mas você pode apresentar aumento da pressão arterial, alterações do ritmo cardíaco, que podem ser de pequena ou maior gravidade, além de outras alterações muito incomuns que podem necessitar de internação hospitalar. Para aumentar sua segurança durante esse teste, teremos a presença de um médico da EsEFEx nos acompanhando durante toda a avaliação. Para realizar este procedimento, a EsEFEx dispõe de estrutura e suportes necessários para o atendimento de emergência caso alguma complicação grave incomum aconteça, tais como desfibrilador, oxigênio,ambu, cânulas para intubação endotraqueal e medicamentos específicos. Por outro lado, são esperados os seguintes benefícios da participação na pesquisa: melhorar a caracterização do coturno usado por militares do Exército Brasileiro o que propiciara que a escolha do calçado mais confortável e que reduza os riscos de lesão.

4. GARANTIA DE SIGILO: os dados da pesquisa serão publicados/divulgados em livros e revistas científicas. Asseguramos que a sua privacidade será respeitada e o seu nome ou qualquer informação que possa, de alguma forma, o(a) identificar, será mantida em sigilo. O(a) pesquisador(a) responsável se compromete a manter os dados da pesquisa em arquivo, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa.

5. LIBERDADE DE RECUSA: a sua participação neste estudo é voluntária e não é obrigatória. Você poderá se recusar a participar do estudo ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar. Se desejar sair da pesquisa você não sofrerá qualquer prejuízo.

6. CUSTOS, REMUNERAÇÃO E INDENIZAÇÃO: a participação neste estudo não terá custos adicionais para você. Também não haverá qualquer tipo de pagamento devido a sua participação no estudo. Fica garantida indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, nos termos da Lei. Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelo procedimento deste estudo, você terá direito a tratamento médico na instituição, bem como a indenizações legalmente estabelecidas

7. ESCLARECIMENTOS ADICIONAIS, CRÍTICAS, SUGESTÕES E RECLAMAÇÕES: você receberá uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e a outra ficará com a pesquisadora. Caso você concorde em participar, as páginas serão rubricadas e a última página será assinada por você e pela pesquisadora. A pesquisadora garante a você livre acesso a todas as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências. Você poderá ter acesso a pesquisadora Adriane Mara de Souza Muniz pelo telefone 21 2586-2249 ou pelo e-mail: [adriane\\_muniz@yahoo.com.br](mailto:adriane_muniz@yahoo.com.br). Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do Colégio Pedro II (CEP/CPII), situado no Endereço: Campo de São Cristóvão nº 177, prédio da Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa, Extensão e Cultura (PROPGPEC), sala 202-B – São Cristóvão – Rio de Janeiro, CEP 29921-903, pelo telefone: 21 3891-0020 ou pelo e-mail: [cep@cp2.g12.br](mailto:cep@cp2.g12.br)

### CONSENTIMENTO

Eu, \_\_\_\_\_ li e concordo em participar da pesquisa.

Assinatura do(a) participante	Data: ___ / ___ / ____
-------------------------------	------------------------

Eu, \_\_\_\_\_ obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido do(a) participante da pesquisa.

Assinatura do(a) pesquisador(a)	Data: ___ / ___ / ____
---------------------------------	------------------------