

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: Thiago **Rodrigues** Feitosa - 2º Ten
ORIENTADOR(A): **Danielli** Braga de **Mello** - Profª Drª

ANÁLISE DA TEMPERATURA DO PÉ DE MILITARES DO EXÉRCITO BRASILEIRO USANDO DOIS CALÇADOS DIFERENTES: ESTUDO PRELIMINAR

Rio de Janeiro – RJ
2023

ALUNO: Thiago **Rodrigues** Feitosa - 2º Ten

ANÁLISE DA TEMPERATURA DO PÉ DE MILITARES DO EXÉRCITO
BRASILEIRO USANDO DOIS CALÇADOS DIFERENTES: ESTUDO
PRELIMINAR

Trabalho de conclusão de curso apresentado como
requisito para a conclusão da graduação em Educação
Física na Escola de Educação física do Exército.

ORIENTADORA: Danielli Braga de Mello - Prof^a
Dr^a

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: Thiago **Rodrigues** Feitosa - 2º Ten

ANÁLISE DA TEMPERATURA DO PÉ DE MILITARES DO EXÉRCITO
BRASILEIRO USANDO DOIS CALÇADOS DIFERENTES: ESTUDO
PRELIMINAR

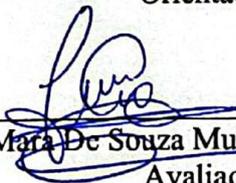
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aprovado em 22 de Novembro de 2023

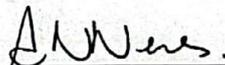
Banca de Avaliação



Danielli Braga de Mello – Profª Drª - EsEFEx
Orientadora



Adriane Maria De Souza Muniz – Profª Drª - EsEFEx
Avaliadora



Ângela Nogueira Neves – Profª Drª - EsEFEx
Avaliadora

RESUMO

INTRODUÇÃO: A termografia infravermelha (TIV) tem se mostrado eficaz na avaliação das respostas termorreguladoras da pele e do corpo durante o exercício físico. O pé possui elevada importância para termorregulação do corpo, assim um coturno adequado pode contribuir significativamente para a saúde e o desempenho dos atletas táticos. O objetivo do estudo foi analisar a temperatura dos pés utilizando o coturno de combate distribuído pela cadeia de suprimento do Exército Brasileiro (EB) e tênis de corrida **MÉTODOS:** Participaram do estudo 8 atletas táticos ($27,13 \pm 2,1$ anos). Fizeram teste ergométrico com protocolo de rampa, em laboratório com ambiente termoneutro em duas ocasiões: com novo fardamento do EB (camisa e calça) e coturno de combate preto da cadeia de suprimento com meia ou com short e tênis de corrida Olympikus® Corre 3. A TIV da planta dos pés foi coletada pré e pós-teste com câmera infravermelha Flir E76®. As Regiões de Interesse (ROIs) foram: Hálux (HA), 2 ao 5 dedo (DD), Metatarso 1 (M1), Metatarso 2 a 4 (M4), Metatarso 5 (M5), Arco medial (AM), Arco lateral (AL), Calcanhar interno (CI) e Calcanhar externo (CE) no pé direito (D) e esquerdo (E). Foi utilizado o teste estatístico *Wilcoxon* para comparar os momentos pré e pós teste e o teste estatístico *Mann-Whitney* para comparar a diferença entre os dois grupos. **RESULTADOS:** Foi observado aumento significativo de temperatura (pré x pós) com os dois calçados em todas as ROIs. Quando comparado a variação de temperatura ocorrida com coturno ou tênis entre os momentos pré x pós apenas na ROI CI D foi observado diferença significativa. **CONCLUSÃO:** Portanto, pode-se concluir que o comportamento termorregulatório do pé foi similar com coturno de combate ou tênis de corrida.

Palavras-Chave: Tactical Athlete, Regulação da Temperatura Corporal, Vestimenta.

ABSTRACT

INTRODUCTION: Infrared thermography (TIV) has been shown to be effective in evaluating the thermoregulatory responses of the skin and body during physical exercise. The foot is highly important for the body's thermoregulation, so adequate combat boots can significantly contribute to the health and performance of tactical tactics. The objective of the study was to analyze foot temperature using combat boots distributed by the Brazilian Army (EB) supply chain and running shoes **METHODS:** 8 tactical athletes (27.13 ± 2.1 years) participated in the study. They carried out an ergometric test with a ramp protocol, in a laboratory with a thermoneutral environment, on two occasions: with new EB uniforms (shirt and pants) and black combat boots from the supply chain with socks or with shorts and Olympikus® Corre 3 running shoes. The TIV of the soles of the feet was collected pre- and post-test with a Flir E76® infrared camera. The Regions of Interest (ROIs) were Hallux (HA), 2nd to 5th toes (DD), Metatarsus 1 (M1), Metatarsus 2 to 4 (M4), Metatarsus 5 (M5), Medial arch (AM), Lateral arch (AL), Inner heel (CI) and Outer heel (CE) on the right (R) and left (E) foot. The Wilcoxon statistical test was used to compare the pre and post-test moments and the Mann-Whitney statistical test was used to compare the difference between the two groups. **RESULTS:** A significant increase in temperature (pre x post) was observed with both shoes in all ROIs. When compared to the temperature variation occurred with combat boots or sneakers between the pre x post moments, only in the CI D ROI was a significant difference observed. **CONCLUSION:** Therefore, it can be concluded that the thermoregulatory behavior of the foot was like combat boots or running shoes.

Keywords: Thermography, Body temperature regulation, Clothing.

INTRODUÇÃO

A termografia infravermelha (TIV) é uma técnica para medir a temperatura da superfície da pele, medindo de forma precisa alterações de calor no tecido cutâneo, podendo ser utilizada em diversas regiões do corpo, as regiões de interesse (ROIs), sem contato físico, não invasiva, podendo ser verificada a uma distância de 60 a 80cm da pessoa avaliada (1). Através da emissão de ondas infravermelhas é possível diferenciar a temperatura superficial da pele, separando em cores o calor que a visão a olho nu não é capaz de captar, por ser de origem eletromagnética (2).

A temperatura da pele é influenciada pelos processos de termorregulação, o qual visa controlar temperatura do corpo de acordo com as variações do ambiente externo e/ou interno, bem como controlar a temperatura decorrente da atividade ou exercício físico e/ou no esporte, e se reflete na capacidade de dissipar o calor gerado pelo esforço muscular (3).

A utilização da TIV tem se mostrado eficaz na avaliação das respostas termorreguladoras da pele e do corpo durante o exercício físico (4), bem como na identificação de possíveis alterações fisiológicas, evidenciadas por reações inflamatórias por sobrecarga que aumentam a temperatura podendo indicar um risco maior de lesões musculares em uma área específica (5). Esse potencial tem gerado aumento do interesse na termografia infravermelha, especialmente no esporte, que se mostrou eficaz na prevenção de lesões musculares (6,7).

Os atletas táticos - membros das forças militares, policiais, bombeiros, por exemplo, são pessoas que desempenham um trabalho que exige um elevado condicionamento físico (8). Para este grupo, além das lesões musculoesqueléticas, deve-se atentar para a prevenção das doenças causadas pelo calor, uma vez que realizam atividades físicas laborais em ambientes quentes e úmidos, representando um risco para a saúde desses atletas, elevando a importância de medidas de controle de temperatura, como o uso de roupas leves e respiráveis (9). Isso significa que a escolha do calçado adequado pode contribuir significativamente para a saúde e o desempenho dos atletas táticos, especialmente em ambientes quentes e úmidos, onde a regulação da temperatura do corpo pode ser um desafio.

O coturno é item obrigatório do uniforme do soldado brasileiro (10), assim todas as atividades que esses atletas táticos desempenharem com tal uniforme será equipado com esse calçado, incluindo atividades de caminhada, como marchas e deslocamentos, as quais podem representar parcelas significativas de suas atividades diárias (11). Sabe-se que o pé possui elevada importância para a termorregulação, pois existem na face plantar grande quantidade de glândulas sudoríparas (12), atuando sempre que o fluxo sanguíneo que passar pelos vasos capilares desta região estiver com temperatura mais elevada que o normal (13).

Por isso, o calçado ideal ajuda a manter a temperatura do corpo sob controle, o que contribui para o bom funcionamento das funções fisiológicas e garante um melhor conforto térmico (14). Além disso, a informação térmica do pé pode ser utilizada para orientar o design funcional e o tipo de calçado adequado para diferentes atividades físicas e ambientes (15).

Assim, um coturno que atenda às necessidades de conforto térmico poderá ser fator preponderante para garantir as funções termorreguladoras de militares durante o esforço físico. Atualmente no Exército Brasileiro é distribuído pela cadeia de suprimento o coturno de combate, o qual é composto por cabedal e solado pretos. O solado é confeccionado em borracha látex e borracha de butadienoestireno – SBR, a palmilha de acabamento e limpeza é de poliuretano poliéster expandido revestida na face superior com tecido poliéster com furos para ventilação. O cabedal é feito com vaqueta hidrofugada (couro), tecido de poliamida e a biqueira é feita em polipropileno ou poliamida moldada por injeção, de acordo com o Regulamento de Uniformes do Exército – RUE (EB10-R-12.004) (10).

Durante a corrida a temperatura plantar do pé se eleva consideravelmente (13,16), no entanto esses mesmos estudos avaliaram a variação da temperatura somente com uso de tênis. Por outro lado, a percepção da temperatura do pé e conforto podem ser diferentes da real temperatura fisiológica do pé, demonstrado em estudo com diferentes tipos de tênis e meias (17). Em estudos anteriores este coturno foi comparado a outros dois modelos com relação a absorção de impacto e a percepção subjetiva de conforto, no entanto o estudo sugeriu que este coturno foi menos confortável, porém sem avaliar as variáveis térmicas (18).

Neste sentido, o objetivo do estudo foi analisar a temperatura dos pés utilizando o coturno de combate distribuído pela cadeia de suprimento do Exército Brasileiro (EB) e tênis de corrida.

MÉTODOS

Delineamento do estudo

O estudo apresentou um modelo quase experimental, de corte transversal com análise quantitativa. Os estudos quase experimentais procuram adequar o delineamento a ambientes mais parecidos com o real, e ainda assim controlar o maior número possível de ameaças à validade interna (19).

Ética em pesquisa

Os voluntários foram previamente informados sobre os procedimentos e objetivo do estudo e preencheram o termo de consentimento livre e esclarecido em um momento inicial, antes do início do pré-teste. Ele relatou o objetivo do estudo, procedimentos de avaliação, caráter de voluntariedade da participação do sujeito e isenção de responsabilidade por parte do avaliador e da Instituição. Neste momento também responderam ao questionário PAR-Q (Anexo 1) (20).

O estudo faz parte do macroprojeto intitulado “Efeitos do exercício, fardamento e ambiente sobre a termorregulação de militares do Exército Brasileiro sob estresse térmico pelo calor” foi submetido ao Comitê de Ética e Pesquisa do Centro de Capacitação Física do Exército (CEP-CCFEX) por meio da Plataforma Brasil aprovado sob o número 6.478.744.

Amostra

Foi utilizada amostra por conveniência (não probabilística) propondo um estudo piloto com 8 militares, seguindo os seguintes critérios de inclusão: ser voluntário e considerado um atleta tático, ou seja, indivíduos em atividades ocupacionais com requisito significativo de aptidão física e desempenho, fisicamente ativo, do sexo masculino, com idade entre 25 e 30 anos, praticantes de atividade física pelo menos três vezes por semana por um período de seis meses e com menção Muito Bom (MB) ou Excelente (E) no último Teste de Avaliação Física (TAF). Foram excluídos do estudo, militares que se enquadrarem nos seguintes critérios de exclusão: sujeitos que apresentem lesões musculoesqueléticas nos últimos seis meses, que não puderam cumprir com o calendário proposto para coleta de dados e se possuísem qualquer dispensa médica de exercício físico.

Coleta de dados

Foi realizada no Laboratório de Biocências da Escola de Educação Física do Exército, localizada na Av. João Luiz Alves, Fortaleza São João, Urca, Rio de Janeiro, RJ, sendo dividida em dois dias, com intervalo de cinco a sete dias entre elas.

Inicialmente foi explicado aos voluntários como se daria a coleta de dados, aplicado o TCLE, o questionário PAR-Q (20), e identificado o último resultado do teste de corrida em 12min do Teste de Aptidão Física (TAF) para mensuração do VO₂máx, estimado através da fórmula de Cooper (21). Foram repassadas orientações, onde os voluntários precisaram seguir as orientações não realização de atividade física 12 horas antes da avaliação. A evitar bebidas alcoólicas, fumo, cafeína, grandes refeições, pomadas, cosméticos e banho durante quatro horas antes da avaliação, além de evitar banhos de sol (por exemplo, sessões de UV ou sol direto sem proteção), antes da avaliação da temperatura da pele através da TIV (22). Serão orientados ainda a ingerir de 400 a 600ml de líquido até 2h antes da realização do teste (23). Para avaliar a percepção térmica e umidade da pele, os voluntários seguiram as recomendações de não utilização de creme hidratante, desodorante e/ou protetor solar.

Os participantes compareceram ao laboratório em dois dias distintos, com intervalo mínimo de 72h entre os dias, onde realizaram o teste utilizando ou o uniforme inteligente do Exército Brasileiro ou o TFM. A ordem do tipo de traje utilizado pelos voluntários nos dois dias foi determinada de forma aleatória por sorteio.

Desta forma o teste foi dividido em três fases distintas: pré-teste (M1), teste (M2) e pós-teste (M3), as quais foram aplicadas aos voluntários em ambos os dias.

Pré-teste (M1)

No pré-teste foi coletada a urina dos participantes e comparada com a escala de cores, sendo também coletado a temperatura e a densidade urinária (Du), a qual mede a massa relativa dos solutos e solventes em uma amostra de urina em relação à água pura, a gravidade de urina dentro da normalidade irá variar entre 1.002 e 1.040 g/cm³ (24), com uso de refratômetro portátil (modelo Redi-P-501, Megabrix®).

Em seguida foi avaliado a massa corporal total (MCT pré) com uso de uma balança (modelo 2098PP, Toledo®) para caracterização da amostra. Posteriormente ocorreu a aclimação de 15 minutos com o indivíduo sentado com as pernas estendidas em ambiente termoneutro (18 a 25°C), com temperatura controlada através de termo-higrômetro digital de leitura direta (MINIPA-MT-240). Após aclimação foi realizada a coleta da imagem termográfica da região plantar do pé, foi utilizado uma câmera infravermelha FLIR®, modelo Flir E76®, com fator de emissividade de 0.98, faixa espectral 7,5 – 14,0, resolução 240 x 320 (768000 pixels). As imagens foram obtidas com a câmera na vertical a uma distância de 0,70 a 1,20 metro (22), da ROI plantar do pé (14). As imagens foram processadas usando o *software* ThermoHuman®.

Para análise da temperatura a parte plantar do pé foi dividida em 9 Regiões de Interesse

(ROIs): Hálux (HA), 2 ao 5 dedo (DD), Metatarso 1 (M1), Metatarso 2 a 4 (M4), Metatarso 5 (M5), Arco medial (AM), Arco lateral (AL), Calcânhar interno (CI) e Calcânhar externo (CE) no pé direito (D) e esquerdo (E), conforme figura 1.

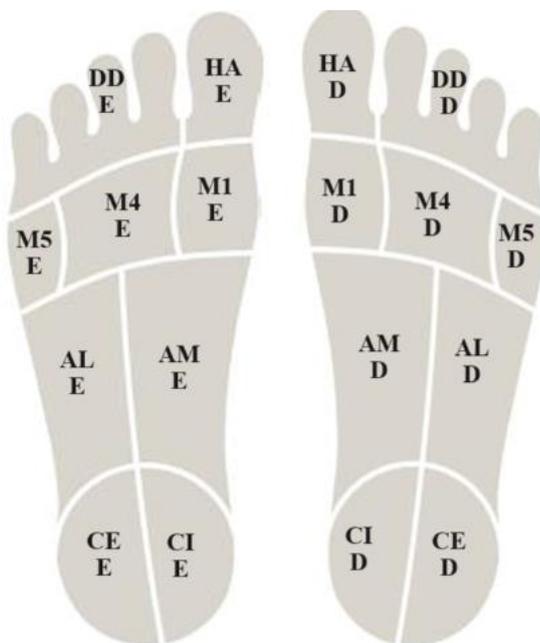


Figura 1 – Divisão das ROIs da planta dos pés

Posteriormente o participante foi orientado a vestir o TFM ou o Uniforme com coturno, conforme sorteio. Sendo o TFM composto apenas por short de poliéster, tênis de corrida modelo Olympikus® Corre 3, sem camisa. Optou-se por utilizar esse tênis, pois já é o modelo utilizado pela amostra, que demonstra adaptação, objetivando minimizar possíveis vieses ao estudo. Já o Uniforme inteligente foi composto por camisa de combate e calça camuflada, composto de tecido 50% poliamida e 50% algodão (tolerância de $\pm 5\%$) com o coturno distribuído pela cadeia de suprimento, o coturno de combate. Em ambas as vestimentas o participante utilizou meia branca padrão nova para não ter interferência do desgaste na composição (Algodão 65%, Poliamida 34%, outra fibra 1%).

Teste (M2)

Esta fase ocorreu com a aplicação de um teste ergométrico em esteira modelo R-3500E, marca Rigoetto®, com uso do protocolo de rampa (25), o qual consistiu em 3 minutos de aquecimento iniciando em 9km/h, com aumento progressivo da velocidade da esteira em 0,5km/h a cada 2 minutos em cada estágio. Foi utilizado também um sensor de frequência cardíaca Polar® H10 (Polar OY, Kempele, Finland), para monitorar variação no decorrer do teste e interromper caso ultrapasse a FC máxima ou quando o voluntário pediu para interromper por motivos variados de desconforto ou exaustão. Todo o teste ocorreu em ambiente termoneutro (18 a 25 °C).

Pós-teste (M3)

Imediatamente após a finalização do protocolo de rampa foi removido o uniforme, avaliado a massa corporal total do indivíduo e coletada nova imagem termográfica da região plantar do pé através da TIV. Bem como realizada a medida do peso da meia e do uniforme inteligente utilizados no teste.

Tratamento de dados

Os dados antropométricos foram analisados através da estatística descritiva por meio de média, desvio padrão, valores mínimos e máximos. A normalidade dos dados termográficos da amostra foi analisada pelo teste de *Shapiro-Wilk*, indicando que os dados não eram aderentes a normalidade. Na estatística inferencial foi utilizado o teste estatístico *Wilcoxon* para comparar os momentos pré e pós teste e o teste estatístico *Mann-Whitney* (análise de variância) para comparar a diferença entre os dois grupos, o nível de significância foi $p < 0,05$, e o teste de tamanho de efeito foi o *Glass rank biserial* (r). Para análise dos dados foi utilizado o *software JASP* ®.

RESULTADOS

Para melhor caracterizar a amostra estudada os dados descritivos antropométricos e de aptidão cardiorrespiratória dos militares foram organizados na tabela 1. Participaram do estudo 8 militares, no entanto um deles realizou a coleta apenas com o coturno de combate.

Tabela 1 – Caracterização da amostra

	Média	SD	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	27,13	2,100	25,00	30,00
MCT (kg)	79,53	10,324	68,50	100,05
Urina (Du – g/cm ³)	1021,63	8,348	1005,00	1032,00
VO2 máximo (mlO ₂ /kg/min)	58,78	3,466	53,48	64,64

Legenda: **MCT** (Massa Corporal Total); **VO2max** (consumo de oxigênio máximo); **SD** (desvio padrão)

Os indivíduos apresentaram densidade urinária (Du) que mede a massa relativa dos solutos e solventes em uma amostra de urina em relação à água pura entre 1.005 e 1.032 g/cm³, níveis considerados dentro da normalidade (23). A aptidão cardiorrespiratória, por meio do VO2máximo é classificada como excelente segundo a tabela de classificação da *American Heart Association* publicada em 1972.

As tabelas 2 e 3 apresentam os dados termográficos das regiões de interesse anteriormente citado neste trabalho, comparando os momentos pré e pós com os calçados: coturno de combate ou tênis de corrida, tanto do lado esquerdo quanto do lado direito da planta do pé. Os dados foram representados pela mediana da temperatura de cada ROI no momento pré e pós teste por se tratar de variáveis com distribuição não paramétrica.

Tabela 2 – Dados termográficos por ROIs com tênis pré x pós.

ROIs	Pré			Pós			p	Δ °C
	Md.	Mín.	Máx.	Md.	Mín.	Máx.		
HA D	23,73	20,48	31,03	31,14	29,79	34,42	0,016	7,86
HA E	22,76	20,36	30,78	30,51	29,74	33,95	0,016	7,67
DD D	23,52	21,22	30,78	31,13	29,83	34,16	0,016	7,55
DD E	23,43	21,21	30,59	31,34	30,21	33,56	0,016	7,65
M1 D	24,92	22,82	30,71	31,88	31,25	33,59	0,016	6,59
M1 E	24,20	22,95	30,84	31,73	30,75	33,90	0,016	6,43
M4 D	25,26	23,40	30,24	31,35	31,06	32,84	0,016	5,82
M4 E	25,15	23,31	30,36	31,72	31,37	33,15	0,016	5,86
M5 D	24,25	22,55	29,94	31,00	30,04	33,62	0,016	6,25
M5 E	24,41	22,36	29,67	31,43	30,21	33,18	0,016	6,47
AM D	26,53	25,34	31,86	32,85	32,28	34,43	0,016	5,73
AM E	26,96	24,98	31,87	32,81	32,51	34,48	0,016	5,82
AL D	25,03	23,76	30,49	31,50	30,25	33,64	0,016	5,59

AL E	25,43	23,42	30,15	32,09	30,38	34,10	0,016	6,00
CI D	24,78	22,76	30,33	30,35	28,61	32,45	0,016	4,92
CI E	24,95	22,67	30,40	30,61	28,48	32,82	0,016	5,22
CE D	24,73	22,96	30,55	30,40	28,71	32,42	0,016	4,97
CE E	25,08	22,76	30,45	30,77	29,37	32,99	0,016	5,59

Legenda: **HA** (Hálux), **DD** (2 ao 5 dedo), **M1** (Metatarso 1), **M4** (Metatarso 2 a 4), **M5** (Metatarso 5), **AM** (Arco medial), **AL** (Arco lateral), **CI** (Calcânhar interno), **CE** (Calcânhar externo), **Md.** (Mediana); **Min.** (Mínimo); **Máx.** (Máximo); **D** (Direito); **E** (Esquerdo); $\Delta^{\circ}\text{C}$ (delta em Graus Celsius); **p** (valor de significância $\alpha = 0,05$)

Na tabela 2 inicialmente são apresentados os resultados do teste realizado com o tênis de corrida modelo Olympikus® Corre 3. O teste de Wilcoxon indicou que o protocolo de rampa em esteira provocou alterações significativas na temperatura de todas as ROIs, $Z = -2,366$, $p = 0,016$. Havendo aumento significativo de temperatura em todas as regiões da planta do pé.

Tabela 3 – Dados termográficos por ROIs com coturno pré x pós.

ROIs	Pré			Pós			p	$\Delta^{\circ}\text{C}$
	Md.	Min.	Max.	Md.	Min.	Max.		
HA D	22,13	20,40	23,89	32,04	28,08	34,91	0,008	9,76
HA E	21,74	20,40	23,62	31,68	29,45	34,83	0,008	9,66
DD D	22,17	20,91	23,22	32,17	28,42	34,71	0,008	9,73
DD E	22,40	20,53	24,31	32,46	28,84	34,99	0,008	9,63
M1 D	24,27	22,24	25,86	32,03	28,80	33,80	0,008	7,73
M1 E	23,99	21,84	25,76	31,51	29,30	33,92	0,008	7,81
M4 D	24,44	23,29	26,08	31,71	29,08	33,32	0,008	6,96
M4 E	25,19	22,34	26,18	31,90	29,08	33,46	0,008	6,92
M5 D	23,38	22,23	25,34	31,42	28,27	33,58	0,008	7,59
M5 E	24,29	22,14	25,32	32,00	27,90	33,22	0,008	7,39
AM D	25,93	24,87	28,18	33,33	31,05	33,78	0,008	6,68
AM E	25,59	24,61	27,86	32,86	30,75	33,89	0,008	6,67
AL D	24,39	23,51	27,20	32,02	29,46	33,51	0,008	6,89
AL E	24,72	23,59	26,71	32,13	29,06	33,42	0,008	6,61
CI D	23,78	22,28	26,25	31,05	27,83	33,13	0,008	6,73
CI E	23,95	22,55	25,98	31,24	28,01	33,20	0,008	6,63
CE D	23,79	22,50	26,44	31,07	27,58	32,99	0,008	6,83
CE E	23,94	22,61	26,29	31,36	27,84	33,38	0,008	6,83

Legenda: **HA** (Hálux), **DD** (2 ao 5 dedo), **M1** (Metatarso 1), **M4** (Metatarso 2 a 4), **M5** (Metatarso 5), **AM** (Arco medial), **AL** (Arco lateral), **CI** (Calcânhar interno), **CE** (Calcânhar externo), **Md.** (Mediana); **Min.** (Mínimo); **Máx.** (Máximo); **D** (Direito); **E** (Esquerdo); $\Delta^{\circ}\text{C}$ (delta em Graus Celsius); **p** (valor de significância $\alpha = 0,05$)

Na tabela 3 são apresentados os resultados do teste realizado com o coturno de combate distribuído pela cadeia de suprimento Exército Brasileiro. O teste de Wilcoxon indicou que o protocolo de rampa em esteira provocou alterações significativas na temperatura de todas as ROIs, $Z = -2,521$, $p = 0,008$. Assim como com o tênis também houve aumento de temperatura.

Para melhor visualização dos dados na Figura 2 a variação média de temperatura entre os momentos pré e pós de cada ROI são comparadas com o tipo de calçado utilizado, coturno de combate e tênis de corrida. Observa-se que a variação média de temperatura foi maior com a utilização do coturno, no entanto o teste de *Mann-Whitney* indicou que houve diferença significativa apenas na ROI Calcânhar Interno D (CI D), $U = 45,5$, $p = 0,049$, $rb = 0,625$, para as demais regiões analisadas o teste indicou que não houve diferença significativa.

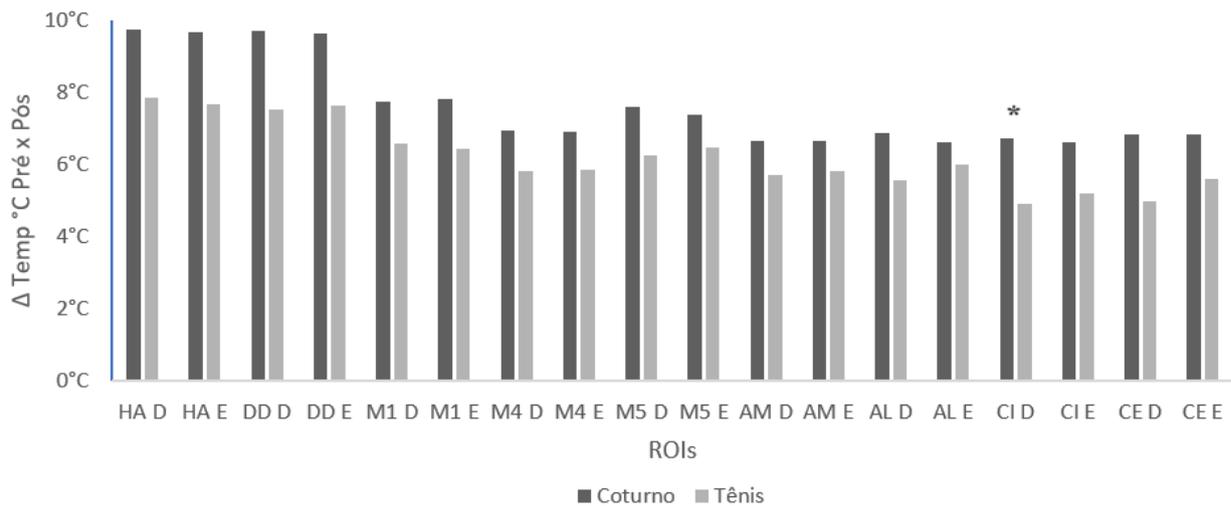


Figura 2 – Diferença média de temperatura entre os momentos Pré e Pós teste para os dois calçados.

Legenda: Δ Temp °C Pré x Pós (diferença de temperatura em Graus Celsius entre o pré e o pós teste), **HA** (Hálux), **DD** (2 ao 5 dedo), **M1** (Metatarso 1), **M4** (Metatarso 2 a 4), **M5** (Metatarso 5), **AM** (Arco medial), **AL** (Arco lateral), **CI** (Calcânhar interno), **CE** (Calcânhar externo).

DISCUSSÃO

O objetivo principal do estudo foi analisar a temperatura das ROIs da planta dos pés, buscando observar a diferença entre a termorregulação dessa região utilizando o coturno de combate e tênis de corrida após a realização de um teste ergométrico com protocolo de rampa. O principal resultado foi que não foram observadas diferenças significativas entre a temperatura do pé da maioria das regiões com o uso dos diferentes calçados testados.

Esse estudo permitiu observar o incremento da temperatura em todas as regiões da planta dos pés após o teste, indicando a função termorreguladora que essa região possui (13). Outros estudos também observaram tal aumento após realização de teste de esforço físico (26). Entretanto, deve-se considerar que os pés recebem toda a carga do corpo durante a corrida, realizando a fase de contato com o solo, hipótese também levantada em outro estudo avaliando a temperatura da planta dos pés após uma corrida de 30km (27).

A hipótese do estudo era de que a variação de temperatura dos pés seria influenciada pelo tipo de calçado utilizado, no entanto apenas na ROI Calcânhar interno direito a diferença foi significativa ($p = 0,049$). Quesada et al. (2017) associaram um aumento na temperatura dessa região ao tipo de pisada com o calcânhar e ao atrito gerado em um teste de corrida (28). Porém tal variação merece ser mais bem avaliada em estudos futuros.

Sabe-se que o tipo de calçado utilizado exerce influência nos processos termorregulação (29), porém vários outros fatores também são preponderantes para tal, incluindo a aptidão física (30), e neste estudo a média do VO₂ máximo da amostra foi classificada como excelente, indicando um dos motivos para tal resultado.

Apesar da diferença de temperatura entre os dois calçados ser não significativa na maioria das ROIs, numericamente a variação de temperatura foi maior em todas as ROIs com uso do coturno de combate, com temperaturas pós teste maiores que aquelas com tênis de corrida, indicando que o isolamento/respirabilidade pode ter influenciado tais resultados (31). Tal aumento significativo de temperatura no coturno pode ser explicado pela natureza desse calçado que tem como principal função a proteção dos pés e não o conforto. Em estudo avaliando outros dois modelos de coturno este modelo foi avaliado como menos confortável (18).

A principal limitação ao presente estudo foi o número amostral, para melhor obtenção dos resultados recomenda-se aumentar os dados amostrais permitindo melhor análise estatística. Sugere-se ainda o estudo da relação dos dados termográficos com o desempenho no teste.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados houve aumento significativo na temperatura dos pés após a realização do teste com os dois calçados. No entanto quando comparado esta variação de temperatura utilizando coturno de combate ou tênis de corrida a diferença somente foi significativa na ROI Calcâneo interno direito. Podendo concluir que o comportamento de termorregulação dos pés foi mantido mesmo com uso do coturno de combate.

A TIV se mostrou uma ferramenta eficiente para avaliar as variações de temperatura das regiões estudadas, sendo um instrumento sem contato físico e não invasivo podendo ser primordial para responder questões relacionadas a temperatura da pele. No entanto, faz-se necessário que em próximas pesquisas sejam submetidos um número maior de amostras, para que com mais dados tenha maior suporte das respostas aqui encontradas. Bem como que seja relacionado as variáveis de desempenho com calçados diferentes.

Assim, a análise da temperatura dos pés por meio da TIV pode auxiliar no desempenho do atleta tático e colaborar para uma melhor condição de operacionalidade. Pois o coturno desempenha um papel importante fornecendo proteção, durabilidade, estabilidade e suporte aos pés, além de contribuir para a uniformidade e o simbolismo das forças armadas.

REFERÊNCIAS

1. Wang Q, Zhou Y, Ghassemi P, McBride D, Casamento JP, Pfefer TJ. Infrared thermography for measuring elevated body temperature: clinical accuracy, calibration, and evaluation. *Sensors*. 2022;22(1):215.
2. Priego Quesada JI, Salvador Palmer R, Cibrián Ortiz de Anda RM. Physics principles of the infrared thermography and human thermoregulation. Em: Priego Quesada JI, organizador. *Application of Infrared Thermography in Sports Science*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing; 2017. p. 25–48.
3. Cramer MN, Gagnon D, Laitano O, Crandall CG. Human temperature regulation under heat stress in health, disease, and injury. *Physiol Rev*. 2022;102(4):1907–89.
4. Romão W, Mello D, Neves EB, Dias T, Santos AOB, Alkmim R, et al. The use of infrared thermography in endurance athletes: a systematic review. *Motricidade*. 2021;17(2):193–203.
5. Côrte AC, Hernandez AJ. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. *Rev Bras Med Esporte*. 2016;22(4):315–9.
6. Côrte AC, Pedrinelli A, Marttos A, Souza IFG, Grava J, José Hernandez A. Infrared thermography study as a complementary method of screening and prevention of muscle injuries: pilot study. *BMJ Open Sport Exerc Med*. 2019;5(1).
7. Rodrigues Júnior JL, Duarte W, Falqueto H, Andrade AGP, Morandi RF, Albuquerque MR, et al. Correlation between strength and skin temperature asymmetries in the lower limbs of Brazilian elite soccer players before and after a competitive season. *J Therm Biol*. 2021;99:102919.
8. Sefton JM, Burkhardt LCTA. Introduction to the tactical athlete special issue. *J Athl Train*. 2016;51(11):845.
9. Wise SR, Trigg SD. Optimizing health, wellness, and performance of the tactical athlete. *Curr Sports Med Rep*. 2020;19(2):70–5.
10. Exército Brasileiro. Regulamento de Uniformes do Exército - RUE (EB10-R-12.004). Portaria nº 1424 de 8 outubro 2015.
11. Orr RM, Pope R, Johnston V, Coyle J. Operational Loads Carried by Australian Soldiers on Military Operations. *J Health Saf Environ*. 2015;31(1):451–67.
12. Taylor NAS, Machado-Moreira CA, Van Den Heuvel AMJ, Caldwell JN. Hands and feet: physiological insulators, radiators and evaporators. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114(10):2037–60.
13. Shimazaki Y, Murata M. Effect of gait on formation of thermal environment inside footwear. *Appl Ergon*. 2015;49:55–62.
14. Gil-Calvo M, Jimenez-Perez I, Pérez-Soriano P, Priego Quesada JI. Foot temperature assessment. Em: Priego Quesada JI, organizador. *Application of Infrared Thermography in Sports Science*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing; 2017. p. 235–63.

15. Luo Y, Tong Y, Hu Y. Thermal increasing information for foot surface during jogging. *Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering*. 2015;24:70–6.
16. Wang M, Song Y, Fekete G, Gu Y. The variation of plantar temperature and plantar pressure during shod running with socks or not. *Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering*. 2018;35:1–8.
17. Barkley RM, Bumgarner MR, Poss EM, Senchina DS. Physiological Versus Perceived Foot Temperature, and Perceived Comfort, during Treadmill Running in Shoes and Socks of Various Constructions. *Am J Undergrad Res*. 2011;10(3).
18. Muniz AMS, Bini RR. Shock attenuation characteristics of three different military boots during gait. *Gait Posture*. 2017;58:59–65.
19. Shadish W, Cook TD, Campbell DT. *Experimental and quasi-experimental designs for generalized causal inference*. Houghton Mifflin Boston, MA; 2002.
20. Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS. ACSM’s new preparticipation health screening recommendations from ACSM’s guidelines for exercise testing and prescription, ninth edition. *Curr Sports Med Rep*. 2013;12(4):215–7.
21. McNaughton L, Hall P, Cooley D. Validation of Several Methods of Estimating Maximal Oxygen Uptake in Young Men. *Percept Mot Skills*. 1998;87(2):575–84.
22. Moreira DG, Costello JT, Brito CJ, Adamczyk JG, Ammer K, Bach AJE, et al. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: a delphi study and consensus statement on the measurement of human skin temperature. *J Therm Biol*. 2017;69:155–62.
23. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do exercício. Nutrição, energia e desempenho humano*. 8º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2016.
24. Hall JE, Hall ME. *Guyton y Hall. Tratado de fisiologia médica*. 14º ed. Barcelona: Elsevier Health Sciences; 2021.
25. Meyer K, Samek L, Schwaibold M, Westbrook S, Hajric R, Beneke R, et al. Interval training in patients with severe chronic heart failure: analysis and recommendations for exercise procedures. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29(3):306–12.
26. Gil-Calvo M, Herrero-Marco J, González-Peña R de J, Perez-Soriano P, Priego-Quesada JI. Acute effect of induced asymmetrical running technique on foot skin temperature. *J Therm Biol*. 2020;91.
27. Dorado VR. Variaciones termométricas en la planta del pie y piernas valorada en corredores antes y después de correr 30 km. *Revista Internacional de Ciencias Podológicas*. 2015;10(1).
28. Priego Quesada JI, Gil-Calvo M, Jimenez-Perez I, Lucas-Cuevas ÁG, Pérez-Soriano P. Relationship between foot eversion and thermographic foot skin temperature after running. *Appl Opt*. 2017;56(19):5559.
29. Havenith G. Interaction of Clothing and Thermoregulation. *Exogenous Dermatology*. 2002;1(5):221–30.

30. Ichinose-Kuwahara T, Inoue Y, Iseki Y, Hara S, Ogura Y, Kondo N. Sex differences in the effects of physical training on sweat gland responses during a graded exercise. *Exp Physiol.* 2010;95(10):1026–32.
31. Kuklane K. The use of footwear insulation values measured on a thermal foot model. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics.* 2004;10(1):79–86.

APÊNDICE 01

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (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

O Sr. está sendo convidado como voluntário a participar da pesquisa “A saúde do atleta tático - como a composição corporal e fardamento influenciam na termorregulação e no desempenho operacional”. Nesta pesquisa pretende-se estudar as alterações fisiológicas, metabólicas e termorreguladoras em militares submetidos a um protocolo de estresse de calor metabólico.

Objetivos: Analisar as alterações fisiológicas, metabólicas e termorreguladoras em militares submetidos a um protocolo de estresse de calor metabólico.

Procedimentos da pesquisa: Você foi selecionado (a) por ser considerado um atleta tático, ou seja, indivíduos em atividades ocupacionais com requisito significativo de aptidão física e desempenho, composto de policiais, bombeiros, socorristas e militares das Forças Armadas. Sua participação não é obrigatória. A qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa, desistência ou retirada de consentimento não acarretará qualquer prejuízo.

A coleta será realizada no laboratório de biociências da Escola de Educação Física do Exército. Inicialmente, os voluntários receberão explicações sobre todos os procedimentos e orientações para as avaliações que farão parte desta pesquisa, preencherão este TCLE, responderão ao questionário PAR-Q e será identificado o último conceito do Teste de Aptidão Física (TAF) para o teste de 12min. Serão necessárias duas visitas para realização da coleta de dados (Visita A – com uniforme inteligente e Visita B – com roupa esportiva), que será realizada de forma aleatória, e dividida em 3 momentos: pré-teste (M1), teste (M2) e pós-teste (M3).

A coleta de dados ocorrerá em dois dias distintos com intervalo de 5 a 7 dias entre estes, respeitando os mesmos protocolos e procedimentos.

No pré-teste (M1) serão realizadas as seguintes medidas: avaliação da composição corporal por meio de bioimpedância, avaliação da temperatura da pele e interna por meio de sensor de temperatura e termografia infravermelha com aclimação de 15 min, análise do nível de hidratação por meio de refratômetro e escala de cores, medida da frequência cardíaca por meio de frequencímetro cardíaco, das escalas subjetivas de percepção de esforço e sensação térmica, e do lactato sanguíneo por meio de lactímetro capilar.

No teste (M2) será realizado um teste de ergométrico em esteira (teste de estresse de calor), utilizando o protocolo de Rampa que consiste em 3 minutos de aquecimento iniciando em 9km/h, com aumento progressivo da velocidade da esteira em 0,5km/h a cada 2 minutos em cada estágio. O teste será interrompido quando a temperatura interna chegar a 38,5°C ou quando o voluntário pedir para interromper por motivos variados de desconforto ou exaustão. Serão monitoradas a temperatura da pele e interna por meio de sensor de temperatura, frequência cardíaca por meio de frequencímetro cardíaco, escalas subjetivas de percepção de esforço e sensação térmica, e lactato sanguíneo por meio de lactímetro capilar. Todo o teste ocorrerá em ambiente termoneuro (18 a 25 °C).

No pós-teste (M3) serão realizados os mesmos procedimentos descritos no pré-teste.

A visita A será realizada com uniforme inteligente, que consistirá em gandola e calça camuflada com 50% de tecido poliamida e 50% algodão (tolerância de $\pm 3\%$). Também será utilizado o coturno distribuído pela cadeia de suprimento do Exército Brasileiro e previsto no Regulamento de Uniforme do Exército, que possui material de borracha de butadieno estireno (SBR). A Visita B será realizada com roupa esportiva padronizada: shorts, meia e tênis.

Desconforto e possíveis riscos associados à saúde: Os riscos associados às avaliações podem incluir mínima dor, desconforto. Dor muscular de início tardia em função do esforço físico realizado. Durante a execução do teste poderão ocorrer lesões musculoesqueléticas relacionadas à incidentes que possam ocorrer decorrentes das condições de execução do teste. Existirá um risco mínimo relacionado a qualquer mal-estar que venha a surgir decorrente da execução do teste, além daqueles presentes no seu dia a dia, porém no caso de ocorrer algum tipo de desconforto durante o estudo, será realizado um imediato atendimento, sem nenhum tipo de ônus material ou pessoal aos envolvidos na pesquisa. Toda as coletas e intervenção seguirão as recomendações e normas de saúde.

Benefícios da pesquisa: Você e futuros participantes poderão se beneficiar com os resultados desse estudo. Os indivíduos desse estudo serão beneficiados diretamente com um *feedback* da avaliação dos resultados individuais, onde espera-se nortear de maneira correta os treinamentos, minimizando o risco de lesões e danos à saúde. Além disso, espera-se que o produto dessa pesquisa venha a contribuir com a tomada de decisões estratégicas, operacionais e administrativa nas forças armadas e auxiliares, e possa ser divulgado com finalidades acadêmicas e científicas.

Esclarecimentos e direitos: Para participar deste estudo o Sr. (a) não terá custo algum, nem receberá qualquer vantagem financeira, porém será indenizado e ressarcido diante de possíveis despesas e eventuais danos provocados pela pesquisa. Terá o esclarecimento sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão.

O Sr. (a) não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar do presente estudo.

Caso você concorde em participar desta pesquisa, assine ao final deste documento, que possui duas vias, sendo uma delas sua, e a outra, do pesquisador responsável/ coordenadora da pesquisa. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida ao senhor (a). Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com a pesquisadora responsável por um período de 5 (cinco) anos, e após esse tempo serão destruídos.

Seguem os telefones e o endereço institucional do pesquisador responsável e do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, onde você poderá tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação nele, agora ou a qualquer momento.

Caso você tenha alguma reclamação ou queira denunciar qualquer abuso ou improbidade desta pesquisa, denuncie ao Comitê de Ética e Pesquisa do Centro de Capacitação Física do Exército (CEP-CCFEX), que é constituído por um colegiado interdisciplinar e independente, de relevância pública, de caráter consultivo, deliberativo e educativo, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos. Você pode fazê-lo pelo telefone, no número (21) 2586 2297, por e-mail (cep@ccfex.eb.mil.br) ou ir ao local, localizado à Av. João Luiz Alves, s/nº, sala do CEP-CCFEX no prédio da EsEFEx, Urca. Os horários de funcionamento do CEP-CCFEX são: 2ª a 4ª feira, das 09h às 12h.

Consentimento Pós-Informação

Eu, _____, portador da carteira de identidade nº _____, fui informado (a) dos objetivos da pesquisa “A saúde do atleta tático - como a composição corporal e fardamento influenciam na termorregulação e no desempenho operacional” e por me considerar devidamente informado(a) e esclarecido (a) sobre o conteúdo deste termo e da pesquisa a ser desenvolvida, livremente expresseo meu consentimento para inclusão, como sujeito da pesquisa.

_____/_____/_____
Assinatura do Participante Voluntário Data

_____/_____/_____
Assinatura do Pesquisador Responsável Data

Contatos dos pesquisadores responsáveis:

Profa. Dra. Danielli Braga de Mello, Escola de Educação Física do Exército, Av. João Luiz Alves, S/N – Urca – Rio de Janeiro, RJ, e-mail: danielli.mello@gmail.com; telefone: 21 2586-2249.

ANEXO 01

Questionário PAR-Q

Nome: _____

1. O seu médico alguma vez disse que você apresenta um problema cardíaco e que você deveria realizar apenas atividades físicas recomendadas por ele?

Sim () Não ()

2. Você sente dor no peito ao realizar uma atividade física?

Sim () Não ()

3. No último mês, você apresentou dor no peito quando não estava realizando uma atividade física?

Sim () Não ()

4. Você perde o equilíbrio por causa de tontura ou já chegou a perder a consciência?

Sim () Não ()

5. Você apresenta algum problema ósseo ou articular que poderia piorar por uma alteração de sua atividade física?

Sim () Não ()

6. O seu médico prescreveu atualmente medicações para a sua pressão arterial ou condição cardíaca?

Sim () Não ()

7. Você tem conhecimento de alguma outra razão pela qual você não deveria realizar atividade física?

Sim () Não ()

TERMO DE CESSÃO DE DIREITOS SOBRE TRABALHO CIENTÍFICO

Título do trabalho científico:

Análise da temperatura do pé de militares do exército brasileiro usando dois calçados diferentes

Nome completo do autor:

Thiago Rodrigues Feitosa

1. Este trabalho, nos termos da legislação que resguarda os direitos autorais, é considerado de minha propriedade.
2. Autorizo a Escola de Educação Física do Exército a utilizar meu trabalho para uso específico no aperfeiçoamento e evolução da Força Terrestre, bem como a divulgá-lo por meio de publicação em revista técnica do Exército ou outro veículo de comunicação.
3. A Escola de Educação Física do Exército poderá fornecer cópia do trabalho mediante ressarcimento das despesas de postagem e reprodução. Caso seja de natureza sigilosa, a cópia somente deverá ser fornecida se o pedido for encaminhado por meio de organização militar, fazendo-se necessária a anotação do destino no Livro de Registro existente na Biblioteca.
4. É permitida a transcrição parcial de trechos do trabalho para comentários e citações, desde que sejam transcritos os dados bibliográficos dos mesmos, de acordo com a legislação sobre direitos autorais.
5. A divulgação do trabalho, em outros meios não pertencentes ao Exército, somente poderá ser feita com a autorização do autor ou da direção de ensino da Escola de Educação Física do Exército.

Rio de Janeiro, _____ de _____ de 2023.

Thiago Rodrigues Feitosa – 2º Ten PMPA

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO NA BIBLIOTECA DIGITAL DE TRABALHOS
CIENTÍFICOS**

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a Escola de Educação Física do Exército a disponibilizar através do site www.esefex.ensino.eb.br/, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998 (Lei de Direito Autoral), o texto integral da obra abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso

Título do TCC:

Análise da temperatura do pé de militares do exército brasileiro usando dois calçados diferentes.

Nome completo do autor:

Thiago Rodrigues Feitosa

Idt: 42783

CPF: 001.025.872-80

e-mail: feitosa.tr@gmail.com

Autorizo disponibilizar e-mail na Base de Dados de Trabalhos de Conclusão de Curso da Biblioteca Digital de Trabalhos Científicos: (X) SIM () NÃO

Orientador:

Idt: _____ CPF: _____ email: _____

Membro da banca:

Membro da banca:

Membro da banca:

Data de apresentação: ____ / ____ / ____ Titulação: _____

Área de conhecimento: _____

Palavras-chave (até seis): _____ - _____
_____ - _____ - _____ - _____

Rio de Janeiro, ____ de _____ de 2023.

Thiago Rodrigues Feitosa – 2º Ten PMPA