

# Correlação Entre Medidas de Desempenho e Temperatura da Pele em Mulheres Atletas de Alto Rendimento de Pentatlo Militar

Thiago Dias Sales<sup>1,2</sup>, Danielli Braga de Mello<sup>1,3</sup>, Wagner Siqueira Romão<sup>1,3</sup>, Rodrigo Gomes de Souza Vale<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório do Exercício e do Esporte, Instituto de Educação Física e Esportes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

<sup>2</sup> Programa de Pós-graduação em Ciências do Exercício e do Esporte, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

<sup>3</sup> Escola de Educação Física do Exército, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

## Resumo

**Objetivo:** Correlacionar o desempenho por meio da velocidade máxima em teste incremental ( $vVO_2$  pico), tempo em sprint de 20m (S20) e a execução da PPM com a temperatura da pele de atletas de pentatlo militar do sexo feminino. **Método:** 7 atletas da seleção brasileira foram avaliadas em três momentos distintos. Foram realizadas avaliação antropométrica, ergoespirometria, teste de S20, termografia infravermelha e execução da PPM. **Resultados:** Houve correlação entre  $vVO_2$  pico e performance na PPM ( $r = 0,837$ ;  $p = 0,017$ ). No momento 20h pós PPM observou-se correlação entre o  $vVO_2$  pico e as ROIs perna externa direita ( $r = 0,819$ ), perna interna esquerda ( $r = 0,821$ ) e pé esquerdo ( $r = 0,853$ ). Já na vista posterior, foram verificadas correlação com as ROIs: antebraço interno direito ( $r = 0,827$ ), Aquiles esquerdo ( $r = 0,875$ ) e calcanhar esquerdo ( $r = 0,830$ ). Observou-se correlação negativa entre S20 e as ROIs perna interna esquerda e perna externa direita. Já na vista posterior foram: tríceps esquerdo, adutor esquerdo, perna externa direita e esquerda, perna interna direita e esquerda, Aquiles direito e esquerdo e calcanhar esquerdo. Não houve correlação entre S20, temperatura da pele e performance na PPM. Todas as correlações apresentaram  $p < 0,05$ . **Conclusão:** Pode-se concluir que as atletas com maior  $vVO_2$  pico e menor tempo no S20 apresentaram maior temperatura nas ROIs identificadas 20h pós PPM, indicando a necessidade de utilização de estratégias de recuperação muscular nessas.

**Palavras-chave:**  $VO_2$ max; aptidão física; termografia; desempenho atlético; mulher.

## Abstract

**Objective:** To correlate performance through maximum speed in incremental test ( $vVO_2$  peak), time in 20m sprint (S20) and PPM execution with the skin temperature of female military pentathlon athletes. **Method:** 7 athletes from the Brazilian team were evaluated at three different times. Anthropometric assessment, ergospirometry, S20 test, infrared thermography and PPM were performed. **Results:** There was a correlation between  $vVO_2$  peak and PPM performance ( $r = 0.837$ ;  $p = 0.017$ ). At the moment 20h post PPM, there was a correlation between the  $vVO_2$  peak and the ROIs right outer leg ( $r = 0.819$ ), left inner leg ( $r = 0.821$ ) and left foot ( $r = 0.853$ ). In the posterior view, correlation with ROIs was verified: right inner forearm ( $r = 0.827$ ), left Achilles ( $r = 0.875$ ) and left heel ( $r = 0.830$ ). There was a negative correlation between S20 and the ROIs left inner leg and right outer leg. In the posterior view, they were: left triceps, left adductor, right and left external leg, right and left internal leg, right and left Achilles and left heel. There was no correlation between S20, skin temperature and PPM performance. All correlations showed  $p < 0.05$ . **Conclusion:** It can be concluded that athletes with higher  $vVO_2$  peak and shorter time in S20 had higher temperature in the ROIs identified 20h post PPM, indicating the need to use muscle recovery strategies in these.

**Keywords:**  $VO_2$ max; physical fitness; thermography, athletic performance, women.

DOI: <http://dx.doi.org/10.18073/pajmt.2023.10.001>

## INTRODUÇÃO

O Pentatlo Militar é o esporte considerado como de maior destaque no âmbito militar com praticantes em mais de 30 países. É um esporte individual, no qual o atleta deve realizar cinco modalidades: tiro, pista de pentatlo militar (PPM), natação utilitária, lançamento de granadas e corrida através do campo (4km ou 8km). O resultado final é composto pelo somatório de pontos alcançados em cada uma das cinco modalidades (1).

A PPM é composta por 20 obstáculos ao longo de uma pista de 500m, no entanto, por convenção, atletas do sexo feminino executam somente 16 obstáculos (excluindo os obstáculos que envolvem grandes quedas). A performance da prova é medida através de tempo, vencendo o atleta que executar a pista mais rápido (1).

A intensidade da prova de PPM é elevada, sendo executada com predominância da via anaeróbia láctica (2,3), uma vez que o tempo médio de execução é equivalente a provas de 800 e 1500m ou a High Intensity Interval Training - HIIT de baixo volume (4). Nesses tipos de prova a capacidade de correr em uma alta fração do VO<sub>2</sub>max, sem grande acúmulo de lactato, é um possível fator de sucesso, quando fatores aeróbios são relativamente homogêneos (5). Além disso, a capacidade de aceleração (Sprint até 20m) mostra-se determinante para diversos esportes (6,7).

Os atletas são regularmente submetidos ao treinamento e competições, o que causam sobrecarga e por isso estão sujeitos a lesões (8). Por meio da termografia infravermelha é possível o monitoramento da carga de treinamento, bem como o diagnóstico de lesões musculares ou possíveis riscos (9,10). Além disso, uma assimetria térmica pode evidenciar um possível risco de lesão devido à sobrecarga de treinamento e/ou competição (11). Outrossim, os estudos referentes às alterações fisiológicas durante a realização da PPM são escassos. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi analisar as associações entre desempenho por meio da velocidade máxima em teste incremental (vVO<sub>2</sub>pico),

tempo em sprint de 20m (S20) e a performance na PPM com a temperatura da pele de atletas mulheres de pentatlo militar.

## METODOLOGIA

Foi realizada uma pesquisa do tipo descritiva exploratória e correlacional, de corte transversal, tendo em vista que a seleção da amostra não atender todas as características de um experimento verdadeiro no que tange à realização da intervenção (12).

A amostra foi constituída de atletas da seleção brasileira de pentatlo militar do sexo feminino, com idade entre 20 e 32 anos. Estas atletas fazem parte das categorias de elite do esporte. Para a seleção das participantes, o estudo adotou os seguintes critérios de inclusão: a) sexo feminino, b) fazer parte de uma equipe de treinamento, c) apresentar índice igual ou superior a 930 pontos de pentatlo, ou seja, obter um tempo de performance igual ou inferior a 2min 50seg na prova de PPM.

Adotou-se como critérios de exclusão: a) não realizaram treinamento supervisionado pela comissão técnica b) atletas com algum tipo de lesão osteoarticulares ou musculoesqueléticas e outros quadros clínicos que os impediram de realizar ou pudessem mascarar alguma das avaliações, que limitassem movimentos ou em tratamentos médicos restritivos, c) atletas que estivessem fazendo uso de qualquer substância ou fármaco capaz de alterar as análises de sangue, d) que não puderam comparecer à todas as etapas da coleta de dados. Dessa forma, fizeram parte do presente estudo todas as atletas de elite da seleção brasileira de pentatlo militar do EB (n=7), com idade  $26,13 \pm 3,69$  anos. Não houve perda amostral ao longo do estudo.

O presente estudo atendeu às Normas para a Realização de Pesquisa em Seres Humanos, Resolução 466/12, do Conselho Nacional de Saúde. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi assinado pelos participantes do estudo. Essa pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética e Pesquisa do Centro de Capacitação Física do

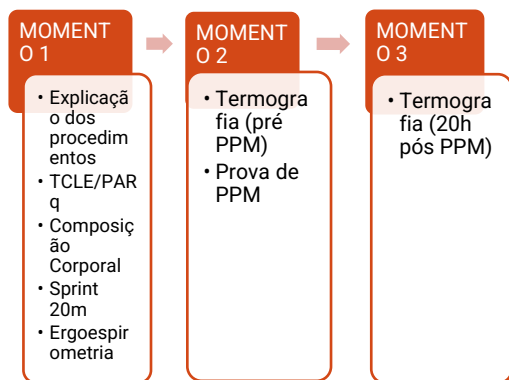
Exército (CEP-CCFEX) por meio da Plataforma Brasil e aprovado sob o número CAAE 45250321.5.0000.9433.

As avaliações ocorreram durante a semana de competição do Campeonato Brasileiro de Pentatlo Militar 2021 realizado na Vila Militar no Rio de Janeiro. A tabela 1 ilustra o cronograma das avaliações e provas realizadas pelas atletas.

**Tabela 1.** Cronograma da semana de competição.

	Segunda-feira	Terça-feira	Quarta-feira	Quinta-feira	Sexta-feira
<b>Manhã</b>	Antropometria Sprint 20m		Prova Tiro	Prova Natação	Prova Corrida
<b>Tarde</b>	Ergoespirometria	Reunião Preparatória	Prova PPM	Prova Granada	Livre

As voluntárias foram analisadas em três diferentes momentos conforme descrito na Figura 1.



**Figura 1.** Fluxograma do desenho do estudo

### Avaliação da composição corporal

Foram utilizados os procedimentos do protocolo da Internacional Society for the Advancement of Kinanthropometry (13) para as variáveis massa corporal, estatura e 3 dobras cutâneas. Foram utilizados os seguintes equipamentos: balança Filizola® modelo PL 2007 (Brasil), estadiômetro Sanny® modelo Professional (Brasil) e um

plicômetro científico tradicional da marca Cescorf® (Brasil) respectivamente.

### Sprint de 20 metros

A velocidade de corrida dos participantes foi avaliada durante um sprint de 20 metros na pista de atletismo, usando três fotocélulas (CEFISE®, Nova Odessa, São Paulo - Brasil), em que as mesmas foram posicionadas em 0, 10 e 20 metros. O ponto de partida foi 0,3 metros atrás da linha de largada e o intervalo de descanso foi de 5 minutos entre as duas tentativas, sendo utilizado o tempo mais rápido para análise posterior (14).

### Ergoespirometria

A avaliação dos parâmetros cardiorrespiratórios foi realizada por meio do protocolo de rampa (59) em esteira ergométrica modelo Exite Run 900 da marca TechnoGym® (Itália). Os gases expirados durante os testes foram averiguados no modo respiração-respiração, armazenados como média de três respirações com analisador de gases metabólicos VO2000 (Medgraphics, USA) e o programa computacional Ergomet 13 (USA). Desta forma obteve-se o VO2max e LV. Os participantes também utilizaram monitor de frequência cardíaca Forerunner 920xt (Garmin Ltda., USA), além de responderem a Percepção Subjetiva de Esforço através da Escala de Borg (CR-10) (15).

### Avaliação da performance na PPM

Para mensuração do desempenho esportivo na PPM foi cronometrado o tempo de cada atleta por meio de cronometro manual VL-237 da marca Vollo® (Brasil) e posteriormente convertido os resultados em pontos de pentatlo militar por meio da tabela de conversão das regras do Conselho Internacional do Desporto Militar (CISM) (1).

As atletas utilizaram o uniforme esportivo do Exército Brasileiro composto por calça e camisa de manga comprida, conforme previsto pelas regras do CISM (1). O

material do uniforme em questão foi: calça em tecido suplex de poliamida, composição 90% poliamida e 10% elastano; e camisa de manga comprida em tecido 100% poliéster. Todos os atletas utilizaram tênis de corrida. Modelo e marca variando de acordo com a preferência de cada atleta.

### Termografia infravermelha

As atletas se apresentaram na sala de coleta de dados para avaliação do nível de desidratação e após a confirmação da normalidade, foi realizada a aclimação de 15 min para a avaliação da temperatura da pele, em repouso, de biquíni, na mesma hora do dia e em uma sala climatizada em ambiente termoneutro (16).

Foram realizadas avaliações da temperatura da pele com imagens captadas por câmera infravermelha, antes e após a prova de PPM (pré PPM e 20h pós PPM), conforme procedimento preconizado pela European Association of Thermology (17).

A captura da imagem termográfica foi realizada a uma distância média de 0,70 a 1,20m, com indivíduo em pé na posição anatômica, em vista anterior e posterior, para as regiões de interesse (ROIs) do lado direito (D) e esquerdo (E) conforme apresentado na tabela 2.

Foi utilizada uma câmera infravermelha FLIR®, modelo FlirE75® e as imagens obtidas foram processadas utilizando o software ThermoHuman®. Foi utilizado um termohigrômetro Minipa®, modelo Mt-240 (Brasil) para monitorar a temperatura ambiente e umidade relativa do ar.

Foi questionado as participantes a existência de contusão durante a realização da PPM, a fim de não haver interferências não explicadas nas medições da temperatura. Não foram aferidas as temperaturas das palmas da mão e solas dos pés. Isso devido a utilização das mãos para a realização da transposição dos obstáculos e a variação dos modelos de calçados.

**Tabela 2.** ROIs avaliadas nas atletas de Pentatlo Militar.

Membros Superiores		Membros Inferiores	
Anterior	Posterior	Anterior	Posterior
Pescoço	Pescoço	Adutor	Adutor
Trapézio	Trapézio	Coxa externa	Coxa externa
Ombro	Ombro	Coxa central	Coxa central
Peito	Dorsal central	Coxa interna	Coxa interna
Bíceps	Tríceps	Joelho	Poplíteo
Intercostais	Dorsal	Perna externa frontal	Perna externa
Flexores do cotovelo	Cotovelo	Perna interna frontal	Perna interna
Abdômen	Lombar	Tornozelo	Aquiles
Antebraço externo	Antebraço externo	Pé anterior	Planta do pé
Antebraço interno	Antebraço interno		

### Análise de dados

Os dados foram analisados pelo programa IBM SPSS Statistics 25. Os testes de Shapiro-Wilk e Levene foram utilizados para analisar a normalidade e homogeneidade dos dados da amostra. Os resultados foram apresentados como média, desvio padrão e valores mínimos e máximos. O teste t Student para amostras dependentes foi empregado para a comparação entre os momentos pré e 20h pós-intervenção. O teste de correlação de parcial, tendo como variável de controle o percentual de gordura, foi utilizado para analisar as correlações entre as variáveis de estudo. O valor de  $p < 0,05$  foi adotado para a significância estatística.

## RESULTADOS

Nas tabelas 3 e 4 são apresentados os resultados descritivos para caracterização da amostra referentes às variáveis experiência, estatura, massa corporal total (MCT), massa magra (MM), massa gorda (MG), percentual de gordura (%G), e as variáveis de desempenho (velocidade máxima em teste incremental (vVO2pico), tempo do Sprint de 20m (S20) e performance na PPM).

**Tabela 3.** Tempo de experiência e dados antropométricos da amostra.

Variáveis	Média± DP	Mínimo	Máximo
Experiência (anos)	4,71±3,15	2,00	11,00
Estatura (m)	1,65±0,04	1,57	1,70
MCT (kg)	56,17±4,58	51,70	65,60
MM (kg)	43,06±2,06	41,08	46,74
MG (kg)	10,47±3,25	6,62	16,17
%G	19,29±4,43	13,00	25,70

Legenda: DP= desvio padrão; MCT= massa corporal total; MM= massa magra; MG= massa gorda; %G= percentual de gordura.

**Tabela 4.** Variáveis de desempenho

Variáveis	Média± DP	Mínimo	Máximo
vVO2pico (km/h)	18,49±1,02	17,20	19,80
S20 (s)	3,15±0,15	2,90	3,33
PPM (pontos)	1046,30±52,92	946,80	1088,90

Legenda: DP= desvio padrão; vVO2pico = velocidade máxima em teste incremental; LV2= limiar ventilatório 2; kg= quilograma; ml= mililitro; min= minuto; S20= Sprint de 20m; PPM= pista de pentatlo militar

As tabelas 5 e 6 apresentam as comparações da temperatura da pele nas ROIs da vista anterior e posterior, respectivamente. Observou-se uma redução significativa da temperatura nas ROIs da vista anterior (p<0,05) Trapézio D e E, Pescoço D e E, Ombro D e E, Peito D e E, Bíceps E, Inter-

costais D e E, Flexores do cotovelo E, Adu- tor D e E, Coxa interna E, Perna externa D e E, Perna interna D. Na vista posterior, houve uma redução significativa da temperatura nas ROIs: Pescoço D, Ombro D, Dorsal D e E, Lombar D e E, Coxa externa D e E, Coxa central D e E, Adutor D e E, Poplíteo D e E (p<0,05).

**Tabela 5.** Análise comparativa da temperatura da pele nas ROIs da vista anterior entre os momentos pré e pós 20h a intervenção

	Média (pré-PPM)	DP	Média (20h pós-PPM)	DP	Valor-p
Trapézio D	34,25	0,33	33,16	0,89	0,009*
Trapézio E	34,27	0,27	33,51	0,64	0,016*
Pescoço D	34,79	0,49	33,69	0,64	0,002*
Pescoço E	34,62	0,53	33,68	0,60	0,009*
Ombro D	33,88	0,61	32,77	0,47	0,004*
Ombro E	33,95	0,67	32,71	0,69	0,001*
Peito D	32,62	0,54	30,77	0,91	0,014*
Peito E	32,65	0,76	30,81	0,90	0,003*
Bíceps D	33,70	0,61	32,21	0,65	0,103
Bíceps E	33,56	0,62	31,88	0,81	0,031*
Inter-costais D	33,32	1,66	32,36	0,89	0,025*
Inter-costais E	33,00	1,42	31,94	1,32	0,001*
Flexores do cotovelo D	33,77	0,50	32,40	0,48	0,288
Flexores do cotovelo E	33,60	0,65	31,95	0,78	0,044*
Abdômen D	33,48	0,73	32,46	0,83	0,091
Abdômen E	33,59	0,67	32,45	0,69	0,243
Antebraço externo D	33,35	0,52	31,67	0,39	0,563
Antebraço externo E	33,34	0,40	31,49	0,55	0,304
Antebraço	33,18	0,43	31,49	0,42	0,937

interno D					
Antebraço interno E	33,11	0,30	31,33	0,70	0,974
Coxa externa D	32,20	0,62	29,73	0,40	0,220
Coxa externa E	32,23	0,69	29,87	0,52	0,175
Coxa central D	32,46	0,75	30,10	0,50	0,086
Coxa central E	32,43	0,68	29,99	0,41	0,137
Adutor D	33,01	1,01	30,91	0,48	0,043*
Adutor E	33,04	0,96	30,77	0,53	0,014*
Coxa interna D	32,58	0,63	30,43	0,50	0,085
Coxa interna E	32,60	0,72	30,29	0,57	0,016*
Joelho D	32,02	0,29	29,56	0,46	0,896
Joelho E	31,99	0,41	29,48	0,48	0,083
Perna externa frontal D	32,43	0,41	30,59	0,54	0,036*
Perna externa frontal E	32,35	0,48	30,56	0,55	0,005*
Perna interna frontal D	32,01	0,39	30,17	0,56	0,044*
Perna interna frontal E	32,10	0,23	30,20	0,35	0,288
Tornozelo D	30,79	0,44	29,08	1,08	0,828
Tornozelo E	30,93	0,42	29,41	1,12	0,426
Pé anterior D	28,58	0,69	26,48	1,94	0,813
Pé anterior E	28,52	0,54	26,55	1,80	0,515

\* p<0,05; DP: desvio padrão. D: lado direito; E: lado esquerdo.

**Tabela 6.** Análise comparativa da temperatura da pele nas ROIs da vista posterior entre os momentos pré e pós 20h a intervenção

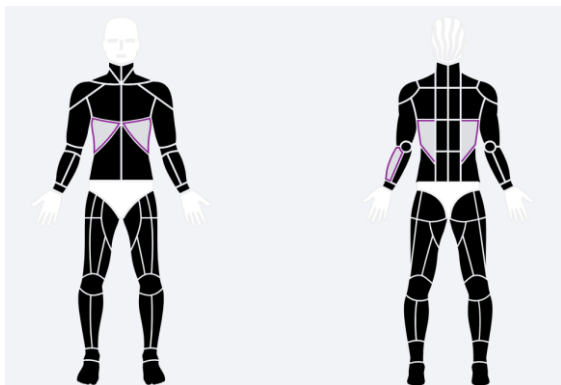
	Média (pré-PPM)	DP	Média (20h pós-PPM)	DP	Valor-p
Pescoço D	32,98	1,04	32,22	1,04	0,025*

Pescoço E	33,14	1,42	32,51	0,74	0,498
Trapézio D	32,13	3,09	32,66	1,01	0,716
Trapézio E	32,18	3,29	32,77	0,97	0,820
Ombro D	33,80	0,68	32,16	0,63	0,046*
Ombro E	33,91	0,56	32,25	0,48	0,067
Dorsal central D	32,65	0,68	31,63	1,64	0,066
Dorsal central E	33,06	0,51	31,96	0,98	0,050
Tríceps D	32,83	0,69	30,35	0,50	0,431
Tríceps E	32,88	0,69	30,30	0,41	0,199
Dorsal D	33,09	0,68	31,75	1,15	0,027*
Dorsal E	33,22	0,51	31,80	0,98	0,006*
Cotovelo D	32,65	0,50	30,79	0,48	0,190
Cotovelo E	32,91	0,31	30,50	0,54	0,399
Lombar D	33,22	0,88	31,79	0,81	0,029*
Lombar E	33,26	0,86	31,81	0,89	0,008*
Antebraço externo D	33,00	0,52	31,47	0,48	0,482
Antebraço externo E	33,16	0,15	31,27	0,39	0,752
Antebraço interno D	32,60	0,49	30,80	0,56	0,665
Antebraço interno E	32,61	0,21	30,76	0,32	0,254
Coxa externa D	32,05	0,72	29,91	0,90	0,023*
Coxa externa E	32,07	0,70	30,10	0,85	0,009*
Coxa central D	32,54	0,81	30,37	0,83	0,026*
Coxa central E	32,41	0,70	30,56	0,77	0,043*
Adutor D	32,44	0,46	30,83	0,89	0,006*
Adutor E	32,54	0,76	31,01	0,92	0,027*
Coxa interna D	32,69	0,62	30,75	0,58	0,018*
Coxa interna E	32,53	0,59	30,66	0,75	0,013*
Poplíteo D	32,86	0,64	31,13	0,66	0,015*
Poplíteo E	32,86	0,65	31,23	0,74	0,009*
Perna externa D	31,91	0,53	30,06	0,64	0,123
Perna externa E	31,91	0,51	30,18	0,62	0,117
Perna interna D	32,02	0,69	30,32	0,66	0,058
Perna interna E	32,02	0,52	30,47	0,84	0,050
Aquiles D	30,60	0,67	29,08	0,86	0,605
Aquiles E	30,62	0,84	29,20	0,70	0,329
Calcânhar D	28,24	0,83	26,55	1,13	0,295
Calcânhar E	28,64	0,95	27,14	1,22	0,612

\* p<0,05; DP: desvio padrão. D: lado direito; E: lado esquerdo.

No momento pré PPM não foram observadas correlações significativas entre o  $vVO_2$  pico, o desempenho na PPM e a temperatura da pele. No entanto, houve correlação negativa entre S20 e as ROIs, na vista anterior: intercostal D ( $r = -0,845$ ;  $p = 0,034$ ), intercostal E ( $r = -0,823$ ;  $p = 0,044$ ). Na vista posterior, as ROIs dorsal D ( $r = -0,924$ ;  $p = 0,009$ ), dorsal E ( $r = -0,891$ ;  $p = 0,017$ ), antebraço externo E ( $r = -0,926$ ;  $p = 0,008$ ) apresentaram correlações negativas com S20, conforme assinaladas na figura 2 (vista anterior e posterior).

Observou-se, ainda, correlação positiva entre  $vVO_2$  pico e a performance na PPM ( $r = 0,837$ ;  $p = 0,038$ ).



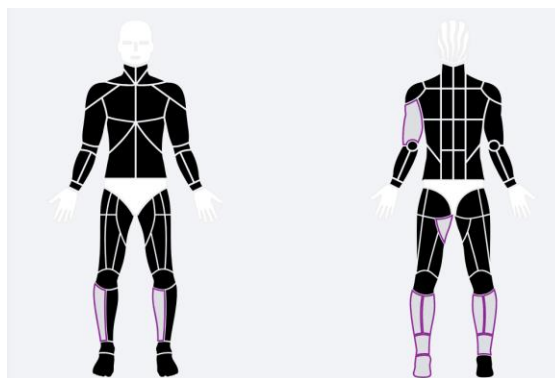
**Figura 2** – ROIs correlacionadas com S20 na vista ANTERIOR e POSTERIOR no momento pré PPM.

**Legenda:** Em roxo estão destacadas as regiões de interesse (ROIs) que apresentaram correlação com o desempenho na PPM.

No momento 20h pós PPM não houve correlação entre a temperatura da pele e a performance na PPM, porém foi observado correlação entre temperatura da pele e as variáveis de desempenho  $vVO_2$  pico e S20.

Em relação à temperatura da pele e S20 houve correlação negativa no momento 20h pós PPM, nas ROIs da vista anterior: perna interna E ( $r = -0,866$ ;  $p = 0,026$ ) e perna externa D ( $r = -0,863$ ;  $p = 0,027$ ). Já na vista posterior foram: tríceps E ( $r = -0,849$ ;  $p = 0,033$ ), adutor E ( $r = -0,844$ ;  $p = 0,035$ ), perna externa D ( $r = -0,937$ ;  $p = 0,006$ ) e E ( $r = -0,874$ ;  $p = 0,023$ ), perna interna D ( $r = -0,961$ ;  $p = 0,002$ ) e E ( $r = -0,901$ ;  $p = 0,014$ ), aquiles D ( $r = -0,840$ ;  $p = 0,036$ ) e E ( $r = -0,943$ ;  $p = 0,005$ ) e calcanhar E ( $r = -$

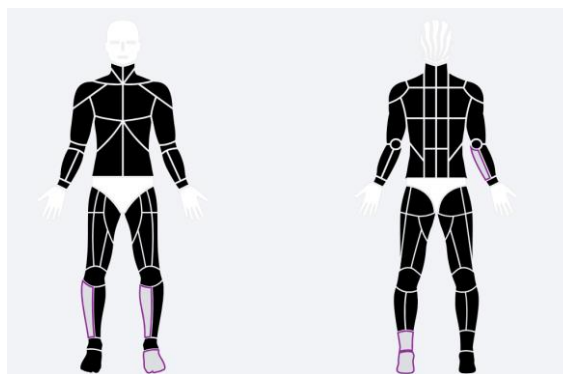
$0,887$ ;  $p = 0,019$ ). Essas ROIs estão assinaladas na figura 3 (vista anterior e posterior).



**Figura 3** – ROIs correlacionadas com S20 na vista ANTERIOR e POSTERIOR no momento 20h pós PPM.

**Legenda:** Em roxo estão destacadas as regiões de interesse (ROIs) que apresentaram correlação com o desempenho na PPM.

Foi observada correlação positiva entre o  $vVO_2$  pico e temperatura da pele, foi observada correlação positiva nas ROIs da vista anterior: perna externa D ( $r = 0,819$ ;  $p = 0,046$ ), perna interna E ( $r = 0,821$ ;  $p = 0,045$ ) e pé E ( $r = 0,853$ ;  $p = 0,031$ ). Já na vista posterior, foram verificadas correlação positiva com as ROIs: antebraço interno D ( $r = 0,827$ ;  $p = 0,043$ ), Aquiles E ( $r = 0,875$ ;  $p = 0,023$ ) e calcanhar E ( $r = 0,830$ ;  $p = 0,041$ ) conforme assinaladas na figura 4 (vista anterior e posterior).



**Figura 4** – ROIs correlacionadas com  $vVO_2$  pico na vista ANTERIOR e POSTERIOR no momento 20h pós PPM.

**Legenda:** Em roxo estão destacadas as regiões de interesse (ROIs) que apresentaram correlação com o desempenho na PPM.

## DISCUSSÃO

Este estudo teve como objetivo analisar as correlações entre velocidade máxima em teste incremental ( $vVO_2$ pico), tempo do Sprint de 20m (S20), performance na PPM e temperatura da pele em atletas mulheres de pentatlo militar.

O fato da não existência de correlação entre as ROIs e a performance na PPM no momento pré PPM evidencia que todas as atletas apresentavam as mesmas condições físicas, no que tange à inflamações/leões musculares, para a realização da prova (8,10,11). Desta forma sugere-se que a temperatura da pele observada nas ROIs não gerou influência sobre o resultado da PPM.

A correlação positiva apresentada no momento 20h pós PPM demonstrou que quanto maior a temperatura da pele nas ROIs identificadas, maior foi a  $vVO_2$ pico, demonstrando maior ativação muscular nessas regiões (8,10,18). Ressalta-se ter havido uma predominância da elevação da temperatura nos membros inferiores, do lado esquerdo, tanto na vista anterior quanto na posterior, o que pode ser explicado pela técnica de transposição dos obstáculos, na qual o lado esquerdo adotado pela maioria dos atletas como o lado de apoio, devido ao lado direito ser o dominante. Desta maneira, os atletas costumam realizar o impulso para a abordagem dos obstáculos e a aterrissagem sobre a perna esquerda e ainda uma aceleração para correr e alcançar o próximo obstáculo.

A  $vVO_2$ pico é atingida em teste incremental próximo ao  $VO_2$ max. As atletas avaliadas apresentaram uma média de  $18,49 \pm 1,02$  km/h, demonstrando a intensidade dessa prova. Esses valores são consideravelmente superiores aos encontrados em homens atletas de futebol  $16,3 \pm 1,06$  km/h (19) e  $17,0 \pm 0,80$  km/h (20), porém menores que de homens corredores amadores  $17,7 \pm 1,6$  km/h (21) e atletas de meio fundo  $19,9 \pm 0,86$  km/h (22).

Mainenti et al. (23) encontraram uma correlação positiva entre a velocidade máxima, a velocidade em que se é atingido o consumo máximo de oxigênio ( $vVO_2$ max),

e o desempenho na prova de 4km para mulheres atletas da seleção brasileira de Pentatlo Militar. Tais fatos vão ao encontro dos achados de Denadai et al. (24) e Guglielmo et al. (25) que apontaram ser o  $vVO_2$ max uma variável capaz de explicar a performance em corridas de 1500m, que apresentam exigências físicas semelhantes à PPM (2–4). Dessa forma, esses dados colaboram para a compreensão do achado sobre a correlação positiva entre  $vVO_2$ pico e a performance na PPM, que demonstra que quanto melhor  $vVO_2$ pico, melhor a performance na PPM.

No presente estudo nenhuma correlação foi apresentada entre S20 e a performance na PPM. Porém foi observada correlação negativa entre S20 e a temperatura da pele, no momento pré PPM, nas ROIs intercostal D e E, dorsal D e E e antebraço E. Já no momento 20h pós PPM, também houve correlação negativa, demonstrando que os atletas que atingiram menor tempo no S20 apresentaram maior ativação muscular das ROIs da vista posterior: tríceps E, adutor E, perna interna e externa D e E, aquiles D e E, e calcanhar E. Na vista anterior, somente a perna interna E e perna externa D. Essa correlação negativa demonstra que aquelas atletas que alcançaram menor tempo no S20 apresentaram maior temperatura da pele em ambos os momentos.

A predominância da ativação muscular dos membros inferiores da parte posterior está relacionada à especificidade do Sprint de 20 metros (S20), que mede a aceleração em 20m, com ênfase no sistema energético anaeróbico alático (ATP-CP). As atletas avaliadas apresentaram uma média de tempo  $3,15 \pm 0,15$  segundos para a realização desse teste. Tais resultados são inferiores quando comparados a homens atletas de handebol e futebol ( $2,88 \pm 0,08$ s) (26), porém superiores a atletas de basquete de ambos os sexos ( $3,76 \pm 0,26$ s) (27).

Baseado no fato que indivíduos melhores condicionados tendem a apresentar uma melhor recuperação muscular frente aos menos condicionados após uma ses-



são aguda de exercícios (28,29), o presente estudo comparou a temperatura da pele entre os momentos pré e 20h pós PPM, constatando uma redução significativa de forma generalizada. Isso demonstra uma boa capacidade de recuperação pós-exercício e uma ótima capacidade termorregulatória, corroborando com fato de haver correlação entre o VO<sub>2</sub>max e a decréscimo da temperatura dos braços e antebraços após a execução de atividade física (30). Cabe ressaltar que a termorregulação durante o exercício é influenciada por importantes fatores independentes como a massa corporal total e a superfície (31,32), porém no presente estudo, a amostra apresentou homogeneidade nesses fatores.

O fato de não ter havido grupo controle caracteriza uma limitação do presente estudo. Isso restringe a generalização dos resultados para populações de outras idades e gênero. Além disso, apesar dos atletas realizarem treinamento centralizado e com acompanhamento dos técnicos, algumas variáveis não foram controladas como, por exemplo, a alimentação e as horas e qualidade do sono. Em função dessas situações, os resultados encontrados devem ser analisados com cautela.

## CONCLUSÃO

As temperaturas emitidas da face de indivíduos do sexo masculino e feminino apresentam simetria térmica entre os lados direito e esquerdo com  $\Delta < 0,3^{\circ}\text{C}$ .

Pode-se concluir que as atletas com maior velocidade no vVO<sub>2</sub>pico e menor tempo no S20 apresentaram maior temperatura nas ROIs identificadas 20h pós PPM, indicando a necessidade de utilização de estratégias de recuperação muscular nessas regiões a fim de não comprometer o desempenho nas provas seguintes (natação utilitária e corrida cross-country) durante uma competição de Pentatlo Militar.

Dessa forma, a utilização da termografia infravermelha pode ser uma estratégia eficiente para o monitoramento da carga de treinamento e competição, visando diminuir

consequências negativas causadas por sobrecarga e reduzir os riscos de lesões.

Recomendam-se futuros estudos que investiguem outras variáveis como força muscular, índice de fadiga e potência anaeróbia, que podem influenciar o desempenho na PPM, bem como a integração das cinco provas que compõem o pentatlo militar.

## AGRADECIMENTOS

Poliscan®, ThermoHuman®, CDE, IPCFEx.

## REFERÊNCIAS

1. Conseil International du Sport Militaire. Regras do Pentatlo Militar. International military sports council edition 2018 military pentathlon. CISM. 2018;
2. Leite DG, Filho JEM de M, Mello DB de, Wechinewsky FM. Nível de lactato sanguíneo, em homens e mulheres, verificados antes e após a execução da pista de pentatlo militar. *Rev Agulhas Negras*. 2019;3(3):126–31.
3. Diego Garcia Leite, Baptista MT, Machado FA, Marinho PC. Análise do desempenho competitivo na pista de pentatlo militar por meio da biomecânica. *Rev Min Educ Física*. 2015;3(April):7–21.
4. Cipryan L, Tschakert G, Hofmann P. Acute and post-exercise physiological responses to high-intensity interval training in endurance and sprint athletes. *J Sport Sci Med*. 2017;16(2):219–29.
5. Brandon LJ. Physiological Factors Associated with Middle Distance Running Performance. *Sport Med*. 1995;19(4):268–77.
6. Rumpf MC, Lockie RG, Cronin JB, Jalilvand F. Effect of Different Sprint Training Methods on Sprint Performance over Various Distances: A Brief Review. Vol. 30, *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2016. 1767–1785 p.

7. Girard O, Brocherie F, Bishop DJ. Sprint performance under heat stress: A review. *Scand J Med Sci Sport*. 2015;25(S1):79–89.
8. Côrte ACR e, Arnaldo José Hernandez. Termografia médica infravermelha aplicada à medicina do esporte. *Rev Bras Med Esporte*. 2016;22:315–9.
9. Arfaoui A, Polidori G, Taiar R, Pop C. Infrared Thermography in Sports Activity. In: *Infrared Thermography*. InTech; 2012.
10. Sousa P de AC de. Termografia no esporte: uma revisão sistemática. *Rev Obs DEL Deport ODEP*. 2018;4(3):22–31.
11. Gómez-Carmona P, Fernández-Cuevas I, Sillero-Quintana M, Arnaiz-Lastras J, Navandar A. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of soccer injuries. *J Sport Rehabil*. 2020;29(8):1222–7.
12. Levy Y, Ellis TJ. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management A Guide for Novice Researchers on Experimental and Quasi-Experimental Studies in Information Systems Research. A Guid Novice Res Exp Quasi-Experimental Stud Inf Syst Res Yair* [Internet]. 2011;6:1–11. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/51072279.pdf>
13. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, De Ridder J. *International Standards for Anthropometric Assessment*. Potchefstroom, South Africa, ISAK. 2011 Jan;137.
14. Pereira LA, Nimphius S, Kobal R, Kitamura K, Turisco LAL, Orsi RC, et al. Relationship Between Change of Direction, Speed, and Power in Male and Female National Olympic Team Handball Athletes. *J strength Cond Res*. 2018 Oct;32(10):2987–94.
15. G; Borg, H; Löllgen. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. *Med Sci Sport Exerc* [Internet]. 1998 Sep;30(9):1461. Available from: <http://journals.lww.com/00005768-199809000-00018>
16. 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(5189):155–62.
17. Ring EFJ, Ammer K. The technique of infrared imaging in medicine. *Infrared Imaging A Caseb Clin Med*. 2015;
18. Daameche H, Zampieri Ipolito M, Chierigato Matheus JP. Indicadores de lesão e inflamação muscular em atletas - revisão integrativa da literatura. *Rev Educ em Saúde*. 2018;6(1):90–8.
19. Brun G. Percentuais de frequência cardíaca máxima, consumo máximo de oxigênio e pico de velocidade em atletas de futebol e futsal: comparação entre testes de campo e laboratório. Diss mestrado Programa Pós-Graduação em Educ Física, UFSC, Florianópolis [Internet]. 2009;369(1):1–59. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003><https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12.018><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2011.08.005><http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2014.902757><http://dx.doi.org/10.1080/00206814.2014.902757>
20. Floriano LT, Ortiz JG, de Souza AR, Liberali R, Navarro F, Abad CCC. Influence of a training season on peak velocity and the anaerobic threshold football players/Influencia de uma temporada no pico de velocidade e no limiar anaerobio de atletas de futebol. *Rev Bras Futsal e Futeb* [Internet]. 2009 Oct 9;1:259+. Available from: <https://link.gale.com/apps/doc/A391597479/AONE?u=anon~5fa32383&sid=googleScholar&xid=968b8475>
21. Manoel F de AT. Treinamento prescrito pela velocidade pico e velocidade referente à ocorrência do consumo máximo de oxigênio para corredores de endurance moderadamente treinados. Diss (Mestrado em Educ Física) – Cent Ciências da Saúde Univ Estadual Mar Mar 2016 RESUMO. 2016;

22. Pupo JD, Arins FB, Guglielmo LGA, Silva RCR da, Moro ARP, Santos SG dos. Índices fisiológicos e neuromusculares determinantes da performance de corredores velocistas e meio-fundistas. *Rev Bras Ciências do Esporte*. 2012;34(1):11–26.
23. Mainenti MRM, dos Santos Vigário P, Batista HB, Bastos LFV, de Mello DB, Zanesco A. Running velocity at maximum oxygen uptake and at maximum effort: important variables for female military pentathlon. *Motriz Rev Educ Fis*. 2022;28:2–7.
24. Denadai BS, Ortiz MJ, Mello MT de. Índices fisiológicos associados com a performance aeróbia em corredores de endurance: efeitos da duração da prova. *Rev Bras Med do Esporte [Internet]*. 2004 Oct [cited 2021 Sep 3];10(5):401–4. Available from: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-86922004000500007&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922004000500007&lng=pt&tlng=pt)
25. Guglielmo LGA, Babel Junior RJ, Arins FB, Dittrich N. Índices Fisiológicos Associados Com a Performance Aeróbia De Corredores Nas Distâncias De 1,5 Km, 3 Km E 5 Km. *Mot Rev Educ Física*. 2012;18(4):690–8.
26. Turki O, Chaouachi A, Behm DG, Chtara H, Chtara M, Bishop D, et al. The effect of warm-ups incorporating different volumes of dynamic stretching on 10- and 20-m sprint performance in highly trained male athletes. *J Strength Cond Res*. 2012;26(1):63–72.
27. Mangine, G. T., Huet, K., Williamson, C., Bechke, E., Serafini, P., Bender, D., ... & Townsend, J. (2018). A resisted sprint improves rate of force development during a 20-m sprint in athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(6), 1531-1537..
28. Santos MCA, Semeghini TA, de Azevedo FM, Colugnati DB, Filho R de FN, Alves N, et al. Analysis of localized muscular fatigue in athletes and sedentary subjects through frequency parameters of electromyographic signal. *Rev Bras Med do Esporte*. 2008;14(6):509–12.
29. Kawaguchi LYA, Nascimento ACP, Lima MS, Frigo L, Paula Júnior AR de, Terra-Criollo CJ, et al. Caracterização da variabilidade de frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. *Rev Bras Med do Esporte*. 2007;13(4):231–6.
30. Chudecka M, Lubkowska A. The use of thermal imaging to evaluate body temperature changes of athletes during training and a study on the impact of physiological and morphological factors on skin temperature. *Hum Mov*. 2012;13(1):33–9.
31. Haymes EM, Cheuvront SN. Thermoregulation and Marathon Running Biological and Environmental Influences [Internet]. 2001. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/11799340>
32. Neves E, Salamunes A, Oliveira R, Stadnik A. Effect of body fat and gender on body temperature distribution. *J Therm Biol*. 2017;70: 1-8.