

**AVALIAÇÃO DA DISSIPAÇÃO DE CALOR RADIANTE EM CALÇADO DE FUTSAL
ATRAVÉS DE ANÁLISE TERMOGRÁFICA**Aline Faquin¹Fernando da Fonseca Faria²**RESUMO**

O cabedal do calçado pode ter papel na dissipação do calor, gerado pelo aumento de temperatura do pé do atleta durante o uso. O objetivo do estudo foi utilizar a termografia para avaliar a dissipação de calor em um calçado esportivo de futsal. Participaram quatro atletas que realizaram uma caminhada de 30 minutos, a 5km/h em esteira com calçado de futsal. Imagens termográficas do calçado e do pé dos participantes foram realizadas antes e após a caminhada e no intervalo de 5 minutos seguintes. O instrumento utilizado foi uma câmera térmica da marca *Electrophysics* modelo PV320. A temperatura interna do pé foi controlada através sensores termo-resistivos fixados no dorso do pé e no arco plantar. O resultado da imagem termográfica do calçado indicou um incremento de temperatura na região do cabedal de 5°C e um incremento de temperatura interna do pé de 7°C. Estas análises podem trazer subsídios para a melhoria da escolha de materiais e confecção do cabedal de calçados, que favoreça o microclima do calçado e o conforto do atleta.

Palavras-chave: Termografia. Temperatura. Atleta. Conforto. Futsal.

ABSTRACT

Evaluation of the dissipation of radiant heat in futsal footwear through thermographic analysis

The upper component of the shoe can play a important role in heat dissipation that is generated by the increasing temperature of the athlete's foot. The aim of this study was to use the thermography to evaluate radiant heat dissipation in the upper component of a futsal footwear. Four athletes walked in a treadmill during 30 minutes at 5km/h, using a futsal shoes. The thermographic images of the shoe and the foot were taken before and after the walk and in the interval of 5 minutes after the test. The instrument used was a thermal camera *Electrophysics*, PV320 model. The foot temperature was controlled by a thermo-resistive sensor fixed in the dorso of the foot and in the plantar arch. The thermal imaging results showed an increase of average temperature in the upper region of 5.0°C and an increase in the internal temperature of 7°C. There was agreement on the behavior on temperature observed by the results of thermography and internal temperature. These analyses can provide elements to improve the choice of the footwear material, which can favor the microclimate of the sport shoes and the athlete thermal comfort.

Key words: Thermography. Temperature. Athlete. Comfort. Futsal.

E-mail dos autores:

alinefaquin@gmail.com

fernandinho_faria@hotmail.com

Endereço para correspondência:

Aline Faquin.

Rua Brisamar, 140 apt. 417. Bl.02.

Ingleses do Rio Vermelho, Florianópolis-SC.

CEP: 88058-570.

1-Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, Brasil.

2-Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Brasil.

INTRODUÇÃO

O calçado esportivo, mesmo sendo construído especialmente para a prática de uma determinada modalidade esportiva, é composto basicamente em duas partes.

A parte inferior, chamada solado, composta da sola e da entressola e a parte superior chamada cabedal.

Ainda faz parte do calçado a palmilha interna. Estas partes podem ser confeccionadas com as mais diversas características físicas e mecânicas e com as mais diversas matérias primas, tais como poliuretano, poliéster, microfibras, entre outros (Melo, 1996).

A parte superior do calçado (cabedal), que recobre o pé do atleta, pode ser confeccionada em matérias distintas como couro, laminados sintéticos, tecidos, não-tecidos, que por sua vez, refletem no microclima do calçado, na absorção de umidade, na regulação da temperatura do pé e conseqüentemente no conforto percebido pelo atleta.

Para Gonzalez e colaboradores (2001) há uma relação entre as medidas subjetivas e o microclima do calçado, acreditando na influência de diferentes materiais na percepção do conforto térmico. Os autores destacam ainda a importância no design e confecção do calçado para o conforto térmico.

No caso do microclima do calçado, a termografia infravermelha é uma tecnologia que pode ser usada para determinar a temperatura superficial de objetos através da captação da emissão de radiação térmica do objeto. A câmera térmica coleta a radiação infravermelha emitida pela superfície do objeto, converte-a em sinais elétricos e cria uma imagem térmica, mostrando a distribuição de temperatura superficial (Barreira e Freitas, 2007).

Através das imagens termográficas é possível mensurar a emissão do calor na forma de radiação térmica. O que permite avaliar a troca de calor entre os diversos componentes do cabedal do calçado e o meio. Espera-se através da termografia, um método para estudar os materiais do calçado e da mesma forma avaliar o incremento de temperatura com o uso do calçado e conseqüentemente o conforto do atleta.

Desta forma este estudo teve como objetivo utilizar a termografia para avaliar a

dissipação do calor radiante de um calçado esportivo de futsal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participaram do estudo quatro atletas de futsal (26,2 ± 2,4anos, 173 ± 4cm, 66,3 ± 4,7kg), todos calçavam a numeração 40. Os atletas foram informados dos procedimentos e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade de São Paulo.

O calçado de futsal utilizado tinha cabedal confeccionado em couro perfurado, com forro de espuma, revestido em tecido poliéster.

Os instrumentos utilizados na coleta de dados foram: a) uma câmera térmica Electrophysics modelo PV320. O sistema opera com leitura no espectro eletromagnético de comprimento de onda de 7 µm a 14µm, possui um sistema automático de calibração da imagem, com resolução de 320x400pixels, taxa de aquisição de 30Hz, limite de medição de -10° a 500° C, sensibilidade de 0,1° C e acurácia de 2%. O processamento das imagens térmicas é realizado pelo software Velocity da própria câmera térmica, indicando as variações de temperatura da imagem em °Celsius; b) dois sensores de temperatura termo-resistivos acoplados a dois termohigrômetros digitais Icel, modelo HT-208.

Para a realização das imagens termográficas a câmera permaneceu posicionada em um ângulo de 75° em relação à posição do pé e a uma distância de 40cm do atleta, que permaneceu em pé sobre um apoio de fundo branco. O ambiente de coleta foi controlado a temperatura de 23 ± 2 °C e umidade de 50 ± 5 %.

Para análise da temperatura do cabedal, optou-se por dois pontos na região do cabedal. Um ponto, nomeado anterior, próximo à região entre o primeiro e o segundo metatarso e um ponto, nomeado posterior próximo à região do dorso do pé.

Para as medidas da temperatura na superfície do pé, os sensores termo-resistivos foram fixados apenas no pé direito dos atletas, estando um na região dorsal, entre o primeiro e segundo metatarsos e outro na região medial-inferior do arco-plantar.

Os participantes permaneceram por 10 minutos no ambiente sem movimentar-se, para

aclimatação. Após a aclimatação os sensores termo-resistivos foram fixados nas regiões do pé com fita microporosa, os atletas calçavam uma meia nova de algodão e o calçado e a primeira imagem termográfica do calçado era realizada. Após os 30 minutos de caminhada em esteira, a 5km/h uma nova imagem termográfica do calçado era feita. Durante o intervalo de 5 minutos após o teste, foram realizadas imagens termográficas do calçado a cada minuto, a fim de verificar a dissipação do calor radiante neste intervalo de tempo.

Para avaliação do incremento de temperatura utilizando o calçado, também foram realizadas medições da temperatura do pé do sujeito durante a caminhada. Valores de temperatura do pé foram coletados no início e ao final dos 30 minutos de caminhada.

A diferença entre o valor final e o inicial determinou a variação de temperatura interna, cujo valor foi utilizado na análise estatística. Os dados foram analisados de forma descritiva e na comparação entre as

temperaturas inicial e final do calçado e do pé do atleta foi utilizado teste T de Wilcoxon, com nível de significância de 0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As imagens termográficas antes e após a caminhada registraram uma diferença média de temperatura de $5,1 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ para a região anterior do calçado e de $4,3 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ na região superior.

O resultado do teste T de Wilcoxon indicou uma diferença significativa entre as temperaturas inicial e final para ambas as regiões ($p \leq 0,05$), confirmando o incremento significativo de temperatura no cabedal do calçado ao final de 30 minutos de caminhada.

A variação de temperatura pode ser observada através das imagens termográficas antes do teste e o final, conforme exemplifica na Figura 1 (a cor rosa representa a área de maior calor), onde também se observa os pontos marcados para análise da temperatura.

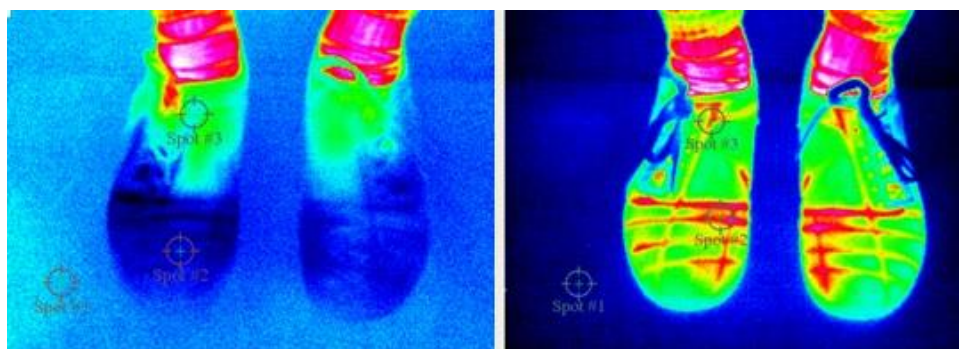


Figura 1 - Exemplo de uma imagem termográfica de um dos atletas antes do teste (a) e ao final de 30 minutos de caminhada (b).

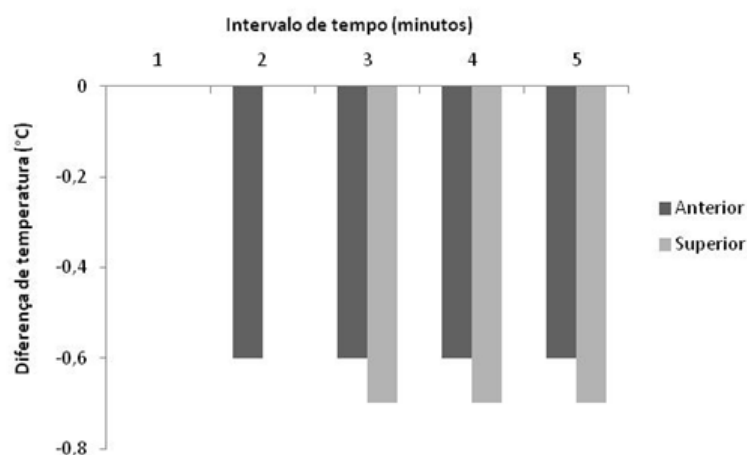


Figura 2 - Variação de temperatura observada nas regiões anterior e superior do cabedal durante o intervalo de 5 minutos após o teste.

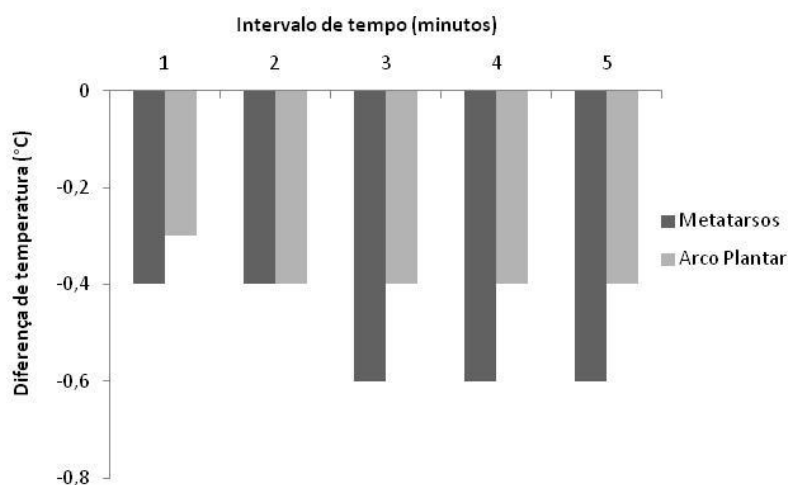


Figura 3 - Variação de temperatura observada nas regiões de metatarsos e arco plantar do pé dos atletas durante o intervalo de 5 minutos após o teste.

Quanto às medidas termográficas do cabedal realizadas no intervalo de 5 minutos após a caminhada, os dados encontram-se na Figura 2. Durante o intervalo o sujeito manteve-se no mesmo local, em posição estática.

A variação de temperatura na região anterior do cabedal iniciou no primeiro minuto após o teste, sendo a diferença de $-0,6^{\circ}\text{C}$. Enquanto para a região mais superior a variação foi de $-0,7^{\circ}\text{C}$ e iniciou a partir do segundo minuto após o teste. Após o terceiro minuto, para ambas as regiões do calçado, não se verificou mais variação de temperatura. O que indica que a perda de calor manteve e inalterada até o término dos 5 minutos.

Quanto à temperatura interna do pé do atleta registrado através do sensor termo resistivo verificou-se um incremento médio de $8,3 \pm 1,8^{\circ}\text{C}$ ao final de 30 minutos de caminhada para a região dos metatarsos e de $7,7 \pm 0,9^{\circ}\text{C}$ para a região do arco plantar. O teste estatístico apresentou diferenças significativas para ambas as regiões ($p=0,02$).

Da mesma forma, a temperatura interna do pé foi monitorada no intervalo de 5 minutos após o teste, cujos valores encontram-se na Figura 3.

A perda de temperatura após o teste foi de $-0,4^{\circ}\text{C}$ para a região dos metatarsos e de $-0,3^{\circ}\text{C}$ para a região do arco plantar.

Ao final do segundo minuto a variação de temperatura do arco plantar era de $-0,4^{\circ}\text{C}$ e manteve-se sem alteração até o final dos 5 minutos monitorados. Já para os metatarsos a

variação de temperatura ao final do terceiro minuto foi de $-0,6^{\circ}\text{C}$ e permaneceu assim até o final dos 5 minutos. As variações de temperatura estabilizaram a partir do terceiro minuto, assim como observado para o cabedal do calçado de futsal.

DISCUSSÃO

Os resultados apontaram um incremento significativo de temperatura (8°C) da superfície plantar do atleta ao final de 30 minutos de caminhada usando um calçado de futsal. O aumento de temperatura também provocou aumento na temperatura do cabedal do calçado. Foi observada uma variação significativa de temperatura do cabedal do calçado da ordem de 5°C para a região próxima aos dedos e de 4°C para a região superior, próxima ao dorso do pé.

Tal situação indica que aproximadamente uma diferença de 3°C entre a temperatura registrada do pé do atleta e a temperatura do cabedal. O que sugere que houve uma retenção de calor pela estrutura do cabedal do calçado.

Lees e Thornley (1991) estudaram o efeito de um sistema de circulação em calçados de corrida, e não encontraram diferenças entre calçados com um sistema apropriado de circulação de ar para diminuir o acréscimo de temperatura e umidade no pé e calçados sem este sistema. Encontrando um aumento de temperatura em média de $7,4^{\circ}\text{C}$ e de suor foi de $5,5\text{g}$. Contudo o controle foi

realizado apenas com termômetros e não imagens termográficas.

Nenhum estudo publicado referente a incremento de temperatura do pé para diferentes tipos de calçado esportivo, como o tênis de futsal foi encontrado. Porém, os dados sugerem que ainda há uma retenção da dissipação do calor na estrutura do cabedal, que se acredita também estar relacionada com a confecção em espuma e poliéster do forro.

Houve uma variação de temperatura após o exercício, sendo que a temperatura estabilizou-se ao final de três minutos, indicando que a dissipação de energia ocorreu até os três primeiros minutos após o final do movimento.

Ao analisar em conjunto os dados de temperatura do cabedal e os dados de temperatura interna do pé dos atletas observa-se que do final do teste até o quinto minuto após o término, para ambos (cabedal e pé) houve um decréscimo de temperatura, sendo em média $-0,65^{\circ}\text{C}$ para o cabedal e de $-0,5^{\circ}\text{C}$ para a temperatura da superfície do pé.

A diferença observada pode ser devido à dissipação de energia radiante pela material do cabedal, bem como à absorção da diferença de energia pelo forro do mesmo. Impedindo a dissipação total do calor radiante da superfície plantar. Para ambas as condições, a temperatura tornou-se estável a partir do terceiro minuto, o que sugere que a maior troca de calor observada entre o conjunto pé-calçado e o meio ocorre nos primeiros minutos após o término de um exercício.

Hennig e colaboradores (2005) estudaram os efeitos de diferentes materiais de confecção de meias na temperatura de calçados de corrida. Segundo os autores um aumento de temperatura e acúmulo de suor levam ao desconforto durante a corrida. Nos seus resultados para todos os tipos de meias foi observado um acréscimo médio na temperatura do pé de aproximadamente 9°C , durante 6km de corrida, com percepção de desconforto. Neste estudo o incremento foi muito próximo, contudo com uma atividade menos intensa, mas com maior duração. Em geral o incremento do pé do atleta foi de 8°C , com uma perda de apenas $0,5^{\circ}\text{C}$ ao final de um intervalo de 5 minutos pós-exercício.

Estas considerações pressupõem que a constituição do cabedal deste calçado de futsal não favorece a dissipação de calor e

gera um incremento significativo de temperatura do pé do atleta. Este incremento pode levar ao desconforto, aumento de umidade e possível formação de bolhas (Gonzalez e colaboradores, 2001; Au e Goonetilleke, 2007).

CONCLUSÃO

Após um exercício de caminhada, o incremento de temperatura no pé dos atletas foi elevado. O mesmo foi verificado para o calçado. As perdas de temperatura observadas ao longo dos 5 minutos após o término da caminhada cessaram ao final do terceiro minuto, permanecendo a temperatura estável.

Ocorreu concordância de temperatura entre os resultados obtidos através da termografia e da temperatura interna com sensor. Indicando maiores trocas de calor com o meio nos primeiros minutos de pós-exercício.

As imagens termográficas apontaram incremento de temperatura em diferentes regiões do cabedal, indicando ser um método a ser utilizado para avaliação do cabedal de calçados esportivos.

Pelos resultados não foi observada uma boa dissipação de calor para o tipo de confecção do calçado analisado. Análises como estas podem trazer subsídios para a melhora da escolha de materiais e confecção do cabedal de calçados, que favoreça o microclima e o conforto do atleta.

REFERENCIAS

- 1-Au, E.; Goonetilleke, A. Qualitative study on the comfort and fit of ladies' dress shoes. *Applied Ergonomics*. 2007. p.687-696.
- 2-Barreira, E.; Freitas, V.P. Evaluation of building materials using infrared thermography. *Construction and Building Materials*. Vol 21. 2007. p. 218-224.
- 3-Gonzalez, J.; Alcántra, E.; Bataller, A.; García, A. Physiological and subjective evaluation of footwear thermal response over time. 5th Symp. on Footwear Biomechanics. 2001. p. 40.
- 4-Hennig, E.; Sperzing, T.; Brauner, T.; Kroihner, J. The influence of sock construction

Revista Brasileira de Futsal e Futebol

ISSN 1984-4956 *versão eletrônica*

Periódico do Instituto Brasileiro de Pesquisa e Ensino em Fisiologia do Exercício

www.ibpex.com.br / www.rbff.com.br

on foot climate in running shoes. 7th Symp on Footwear Biomechanics. 2005. p. 98-99.

5-Lees, A.; Thornley, N. The effect of a running shoe air circulation system on the temperature and sweat accumulation of the foot during running. Applied Ergonomics. 1991. Supl.

6-Melo, S.I.L. Construção e avaliação do calçado esportivo na visão de fabricantes, especialistas e usuários - um estudo de revisão. Revista da Educação Física UEM. Vol.7. 1996. p.41-52.

Recebido para publicação em 12/05/2016

Aceito em 12/06/2016