

**HAMILTON HENRIQUE TEIXEIRA REIS**

**RELAÇÃO DA TEMPERATURA DA PELE MEDIDA POR TERMOGRAFIA  
INFRAVERMELHA COM A GORDURA CORPORAL E ÍNDICE DE MASSA  
CORPORAL EM ADOLESCENTES DO SEXO MASCULINO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: João Carlos Bouzas Marins

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da  
Universidade Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

R375r  
2022

Reis, Hamilton Henrique Teixeira, 1989-  
Relação da temperatura da pele medida por termografia  
infravermelha com a gordura corporal e índice de massa corporal em  
adolescentes do sexo masculino / Hamilton Henrique Teixeira Reis. -  
Viçosa, MG, 2022.  
1 tese eletrônica (132 f.): il. (algumas color.).  
Texto em português, espanhol e inglês.  
Inclui anexos.  
Inclui apêndices.  
Orientador: João Carlos Bouzas Marins.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento  
de Educação Física, 2022.  
Inclui bibliografia.  
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.718>  
Modo de acesso: World Wide Web.  
1. Temperatura corporal - Regulação. 2. Termografia. 3.  
Composição corporal. 4. Tecido adiposo. 5. Índice de massa corporal. I.  
Marins, João Carlos Bouzas, 1964-. II. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em  
Educação Física. III. Título.

CDD 22. ed. 612.01426

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB-6/2552

HAMILTON HENRIQUE TEIXEIRA REIS

RELAÇÃO DA TEMPERATURA DA PELE MEDIDA POR TERMOGRAFIA  
INFRAVERMELHA COM A GORDURA CORPORAL E ÍNDICE DE MASSA  
CORPORAL EM ADOLESCENTES DO SEXO MASCULINO

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Educação Física, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

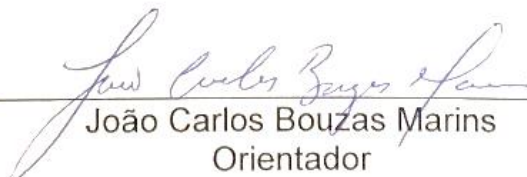
APROVADA: 04 de novembro de 2022.

Assentimento:



---

Hamilton Henrique Teixeira Reis  
Autor



---

João Carlos Bouzas Marins  
Orientador

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, amigos e colaboradores. Toda a minha gratidão foi demonstrada pessoalmente. Todos vocês sabem o quanto a participação de cada um foi singular e essencial para atingir essa conquista.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

## RESUMO

REIS, Hamilton Henrique Teixeira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2022. **Relação da temperatura da pele medida por termografia infravermelha com a gordura corporal e índice de massa corporal em adolescentes do sexo masculino.** Orientador: João Carlos Bouzas Marins.

A Termografia Infravermelha (TI) é uma tecnologia que vem sendo altamente utilizada por profissionais do corpo clínico como ferramenta auxiliar no diagnóstico de doenças e na prevenção e reabilitação de lesões através da análise da temperatura da pele ( $T_P$ ). Entretanto, para que o processo de análise de uma imagem térmica seja realizado com a maior precisão e qualidade, alguns fatores precisam ser levados em consideração, como o percentual de gordura (%G) e o índice de massa corporal (IMC). Poucos estudos foram encontrados sobre essa temática, sendo realizados somente com adultos. Visando contribuir com uma melhora no processo de avaliação e ação profissional, esta tese tem por objetivo avaliar o impacto do %G e do IMC na  $T_P$  de adolescentes do sexo masculino e propor tabelas de normalidade térmica para avaliações termográficas. Para atender esse objetivo a tese foi estruturada em quatro artigos: o primeiro, uma revisão narrativa, apresenta as bases fisiológicas da influência do tecido adiposo e de medidas antropométricas nos valores da  $T_P$  e seu impacto na avaliação da TI. O segundo, terceiro e quarto são experimentais e avaliam a influência do IMC e do %G na  $T_P$ . Para todas as análises foi utilizado o termovisor FLIR® T420, ajustado de acordo com recomendações específicas para a coleta. Para avaliação dos termogramas foi utilizado o *software* ThermoHuman®, permitindo a análise de sete Regiões Corporais de Interesse (RCI):  $T_P$  Global e  $T_P$  média nas visões anterior e posterior do tronco, braços e membros inferiores. O segundo artigo, preliminar, avaliou um indivíduo para cada faixa de classificação de IMC proposta pela Organização Mundial de Saúde, compondo um total de 4 avaliados, todos com 16 anos e demonstrando que há uma redução progressiva nos valores da  $T_P$  conforme os valores de IMC aumentam. No terceiro, foram avaliados 100 adolescentes ( $16,83 \pm 1,08$  anos,  $66,51 \pm 13,35$  kg,  $175,25 \pm 0,76$ cm), divididos em baixo peso ( $n=33$ ), peso normal ( $n=34$ ) e sobrepeso ( $n=33$ ). A estatística ANOVA One-Way, com post hoc de Bonferroni, demonstrou que existem diferenças na  $T_P$  em todas as RCI ( $p \leq 0,01$ ) em função do IMC, correlacionando de maneira negativa ( $p < 0,05$ ), com ênfase para

as regiões anterior ( $r = -0,68$ ,  $p \leq 0,001$ ) e posterior ( $r = -0,64$ ,  $p \leq 0,001$ ) do tronco. No quarto artigo os avaliados foram divididos em 2 grupos: 50 com obesidade (16,64±0,13 anos, 78,93±1,43kg e 175,54±1,06cm) e 50 sem obesidade (16,78±0,15 anos, 56,48±1,20kg e 174,96±1,10cm) conforme classificação de Williams et al. (1992), sendo os valores de %G estimados por avaliação com a *Dual Energy X-Ray Absorptiometry*. O teste T de *Student* demonstrou que indivíduos com obesidade tem menores valores de  $T_P$  ( $p < 0,05$ ) e uma correlação negativa ( $p < 0,01$ ) para todas as RCI, com destaque para as regiões anterior e posterior de tronco, 1,28°C ( $p \leq 0,001$ ) e 1,18°C ( $p \leq 0,001$ ) mais baixas em indivíduos com obesidade, respectivamente. Foram elaboradas tabelas normativas, utilizando diferentes faixas de percentis para classificar o estado da  $T_P$  para cada RCI de acordo com o IMC e %G. É possível concluir que o %G e o IMC influenciam nos valores da  $T_P$  na população de adolescentes do sexo masculino.

Palavras-chave: Termografia infravermelha. Composição corporal. Tecido adiposo. Índice de massa corporal. Adolescentes.

## ABSTRACT

REIS, Hamilton Henrique Teixeira, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2022. **Relationship of skin temperature measured by infrared thermography with body fat and body mass index in male adolescents.** Adviser: João Carlos Bouzas Marins.

Infrared Thermography (IRT) is a technology that has been highly used by clinical staff as an auxiliary tool in the process of diagnosing diseases and prevention and rehabilitation of injuries through the analysis of skin temperature (Tsk). However, to the thermal image analysis be carried out with greatest precision and quality, some factors have to be considered, such as body fat percentage (%BF) and body mass index (BMI). Few studies were found on this topic, all carried out with adults. Aiming to contribute to an evaluation process and professional action improvement, this thesis aims to evaluate the impact of %BF and BMI in Tsk of male adolescent and to propose thermal normality tables for thermographic evaluations. To reach this objective, the thesis was structured in four articles: first one is a narrative review which presents the physiological bases of the adipose tissue and anthropometric measurements on Tsk values and their impact on the IT assessment. The second, third and fourth are experimental and verify the influence of BMI and %BF on Tsk. For all analyses, the FLIR® T420 thermal imager was used and properly adjusted according to specific recommendations. ThermoHuman® software was used to evaluate the thermograms, allowing the analysis of seven body Regions Of Interest (ROI): Global Tsk and mean Tsk in the anterior and posterior views of the trunk, arms and lower limbs. The second article is preliminary, where 4 adolescents, all aged 16, were evaluated for BMI classification range proposed by the World Health Organization, and demonstrated that there is a progressive reduction in the Tsk values according to the values of BMI increase. In the third, 100 adolescents (16.83±1.08 years, 66.51±13.35 kg, 1.75±7.04m) were evaluated, divided into underweight (n=33), normal weight (n=34) and overweight (n=33). The One-Way ANOVA statistic with Bonferroni's post hoc demonstrated that there are differences in Tsk in all ROI ( $p \leq 0.01$ ) according of BMI, correlating negatively ( $p < 0.05$ ), with emphasis on trunk anterior ( $r = -0.68$ ,  $p \leq 0.001$ ) and posterior ( $r = -0.64$ ,  $p \leq 0.001$ ) regions. In the fourth article, the subjects were divided into 2 groups: 50 with obesity (16.6±0.13 years, 78.9±1.43kg and 1.7±0.01m) and 50

without obesity ( $16.8 \pm 0.15$  years,  $56.5 \pm 1.20$ kg and  $1.8 \pm 0.01$ m) according to the classification by Williams et al. (1992) and the %BF values were estimated by evaluation with Dual Energy X-Ray Absorptiometry. Student's t test demonstrated that obese individuals have lower Tsk values ( $p < 0.05$ ) and a negative correlation ( $p < 0.01$ ) for all ROI, with emphasis on temperature differences in the anterior and posterior regions of the trunk,  $1.28$  °C ( $p \leq 0.001$ ) and  $1.18$ °C ( $p \leq 0.001$ ) lower in obese individuals, respectively. Normative tables were created, using different percentile ranges to classify the Tsk status for each ROI according to BMI and %BF. It is possible to conclude that %BF and BMI influence the Tsk values in the male adolescent population.

Keywords: Infrared thermography. Body composition. Adipose tissue. Body mass index. Adolescents.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### ARTIGO 1: INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS Y DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN LAS IMÁGENES TERMOGRÁFICAS

- Figura 1 – Mecanismos de intercambio de calor y su acción en el ser humano.  
*Fuente: Elaboración propia*.....39
- Figura 2 – Representación del proceso de generación y transferencia de calor en un individuo con bajo (A) y alto porcentaje de grasa (B). Nota: TC = temperatura corporal. *Fuente: Elaboración propia*.....40
- Figura 3 – Efectos promovidos por diferentes rangos de IMC en Tsk. Nota: A - Peso bajo; B - Peso normal; C - Sobrepeso y; D - Obesidad. *Fuente: Imágenes de la base de datos del Laboratorio de Rendimiento Humano - Universidad Federal de Viçosa – Brasil*.....41

### ARTIGO 2: CAN BODY MASS INDEX INFLUENCE THE SKIN TEMPERATURE OF ADOLESCENTS? A PRELIMINARY STUDY WITH THE USE OF INFRARED THERMOGRAPHY

- Figure 1 – ROIs analyzed using ThermoHuman®. *Note: arms: dark gray; trunk: gray and; legs: soft gray*.....48
- Figure 2 – Thermograms of all four analyzed participants, upper and lower body, in front and rear views.....49

### ARTIGO 3: CAN THE BODY MASS INDEX INFLUENCE THE SKIN TEMPERATURE OF ADOLESCENTS ASSESSED BY INFRARED THERMOGRAPHY?

- Figure 1 – ROIs analyzed using ThermoHuman®, and integrated ROIs for the arms (dark gray), trunk (gray) and legs (soft gray).....62
- Figure 2 – Tsk values observed in the considered ROIs according to the BMI groups: underweight (n=33), normal weight (n=34) and overweight/obesity (n=33).....64
- Figure 3 – Thermograms of four representative participants of the study (n=100). *Note: “A” = Underweighted (BMI: 16.8 kg/m<sup>2</sup>). “B” = Normal-weighted (BMI: 21.40 kg/m<sup>2</sup>), “C” = Overweighted (BMI: 25.6 kg/m<sup>2</sup>) and “D” = Obese (BMI: 31.1kg/m<sup>2</sup>)*.....65
- Figure 4 – Correlation results between mean Tsk of the anterior and posterior regions of the trunk and the BMI of the participants (n=100).....66

#### **ARTIGO 4: O TECIDO ADIPOSEO PODE INFLUENCIAR NA AVALIAÇÃO DA IMAGEM TERMOGRÁFICA EM ADOLESCENTES?**

Figura 1 – RCI analisadas pelo software ThermoHuman®. Nota: braços (cinza escuro), tronco (cinza) e membros inferiores (cinza claro).....86

Figura 2 – Correlação entre o %G do tronco e valores de TP Média das regiões anterior e posterior de tronco, respectivamente (n=100).....89

## LISTA DE TABELAS

### **ARTIGO 2: CAN BODY MASS INDEX INFLUENCE THE SKIN TEMPERATURE OF ADOLESCENTS? A PRELIMINARY STUDY WITH THE USE OF INFRARED THERMOGRAPHY**

Table 1 – Mean Tsk values for the considered integrated ROIs.....50

Table 2 – Absolute mean Tsk differences in °C and its percentage for the considered integrated ROIs, comparing healthy weighted subjects to the other classification groups.....50

### **ARTIGO 3: CAN THE BODY MASS INDEX INFLUENCE THE SKIN TEMPERATURE OF ADOLESCENTS ASSESSED BY INFRARED THERMOGRAPHY?**

Table 1 – Tsk values of the male adolescents evaluated in the study (n=100).....76

Table 2 – Difference of mean Tsk values between the BMI classification groups..76

Table 3 – Correlation between the BMI of male adolescents (n=100) and Tsk values for the ROIs analyzed.....77

Table 4 – Percentile intervals for Tsk according to the considered integrated ROIs and BMI groups.....78

### **ARTIGO 4: O TECIDO ADIPOSEO PODE INFLUENCIAR NA AVALIAÇÃO DA IMAGEM TERMOGRÁFICA EM ADOLESCENTES?**

Tabela 1 – Valores de gordura corporal obtidos pela avaliação com o DXA e comparação em função da classificação de obesidade nos adolescentes (n=100).....87

Tabela 2 – Valores observados e comparação da  $T_{sk}$  em função da classificação de obesidade dos adolescentes avaliados no estudo..... 88

Tabela 3 – Valores de  $T_P$  média a serem considerados para avaliação termográfica de adolescentes em função da classificação de obesidade e RCI.....90

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

%BF	<i>Body fat percentage</i>
%G	Percentual de gordura
BMI	<i>Body mass index</i>
DMO	<i>Densidad mineral ósea</i>
DXA	Dual Energy X-Ray Absorptiometry
IMC	Índice de massa corporal
IMC	<i>Índice de masa corporal</i>
IRT	<i>Infrared Thermography</i>
ISAK	<i>International Society for the Advancement of Kinanthropometry</i>
IT	Imagem térmográfica
MMII	Membros inferiores
RCI	Região corporal de interesse
ROI	<i>Region of interest</i>
SC	<i>Área de Superficie corporal</i>
SD	<i>Standard deviation</i>
TAB	<i>Tejido adiposo blanco</i>
TAM	<i>Tejido adiposo marrón</i>
TC	Temperatura corporal
TI	Termografia Infravermelha
T <sub>P</sub>	Temperatura da pele
Tsk	<i>Skin temperature</i>
Tsk	<i>Temperatura de la piel</i>
WHO	<i>World Health Association</i>
$\eta^2$	<i>Partial eta squared</i>

## SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO GERAL SOBRE A TESE .....	15
2. INTRODUÇÃO GERAL .....	17
REFERÊNCIAS .....	20
3. OBJETIVOS .....	22
2.1. Objetivo Geral .....	22
2.2. Objetivos Específicos .....	22
4. ARTIGO 1: INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS Y DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN LAS IMÁGENES TERMOGRÁFICAS .....	23
RESUMEN .....	24
ABSTRACT .....	25
RESUMO .....	26
INTRODUCCIÓN .....	27
1) Tejido adiposo y ajustes termorreguladores. ....	28
2) El tejido adiposo como barrera física de transferencia de calor. ....	29
3) Parámetros antropométricos y ajustes térmicos; .....	30
3.1 Área de Superficie corporal (SC) .....	30
3.2 Masa corporal .....	31
3.3 Índice de masa corporal .....	32
3.4 Composición corporal .....	32
4) Pruebas sobre la influencia de la grasa corporal con Tsk .....	34
IMPLICACIONES PRÁCTICAS .....	36
CONCLUSIÓN .....	37
REFERENCIAS .....	39
Pies de las Figuras .....	47
5. ARTIGO 2: CAN BODY MASS INDEX INFLUENCE THE SKIN TEMPERATURE OF ADOLESCENTS? A PRELIMINARY STUDY WITH THE USE OF INFRARED THERMOGRAPHY .....	50
ABSTRACT .....	51
RESUMO .....	52
INTRODUCTION .....	53
METHODS .....	54
Participants .....	54

Procedures.....	54
RESULTS.....	56
DISCUSSION.....	59
CONCLUSIONS.....	60
REFERENCES.....	62
6. ARTIGO 3: CAN THE BODY MASS INDEX INFLUENCE THE SKIN TEMPERATURE OF ADOLESCENTS ASSESSED BY INFRARED THERMOGRAPHY?.....	64
ABSTRACT.....	65
Introduction.....	66
Material and methods.....	67
Participants.....	67
Procedures.....	68
Statistical Analysis.....	70
Results.....	71
Discussion.....	74
Limitations.....	77
Conclusion.....	78
REFERENCES.....	80
7. ARTIGO 4: O TECIDO ADIPOSEO PODE INFLUENCIAR NA AVALIAÇÃO DA IMAGEM TERMOGRÁFICA EM ADOLESCENTES?.....	87
RESUMO.....	88
INTRODUÇÃO.....	90
MATERIAIS E MÉTODOS.....	91
Participantes.....	91
Procedimentos.....	92
Avaliação antropométrica e do Percentual de Gordura (%G).....	92
Avaliação termográfica.....	92
Análise Estatística.....	94
RESULTADOS.....	95
DISCUSSÃO.....	98
APLICAÇÕES PRÁTICAS.....	101
CONCLUSÕES.....	102
REFERÊNCIAS.....	103

CONCLUSÕES GERAIS.....	107
APÊNDICES.....	108
Apêndice I – Carta Convite para as Escolas do Município de Viçosa .....	109
Apêndice II – Carta Convite para a Escola CAp-Coluni .....	110
Apêndice III – Carta Convite para a Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres..	111
Apêndice IV – Carta Convite para a Escola Raul de Leoni .....	112
Apêndice V – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – para os Responsáveis.....	113
Apêndice VI – Termo de Assentimento .....	116
Apêndice VII – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Voluntário .....	119
Apêndice VIII – Modelo de Relatório para os avaliados .....	122
ANEXOS .....	123
Anexo I – Comunicado de aceite da Revista Andaluza de Medicina del Deporte; ..	124
Anexo II – Comunicado de aceite da Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano; .....	125
Anexo III – Comunicado de submissão de artigo para o <i>Journal of Thermal Biology</i> .....	126
Anexo IV – Aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa com seres humanos .....	127
Anexo V – Modelo de Relatório DXA para os avaliados .....	128
Anexo VI – Folha de Atividades Desenvolvidas no Curso.....	129

## 1. APRESENTAÇÃO GERAL SOBRE A TESE

A presente tese foi redigida em conformidade com a Normalização de Trabalhos Acadêmicos, atualizada conforme as normas técnicas 14724/2011 e 6023/2018, que regulamentam o formato de produções acadêmicas da Universidade Federal de Viçosa e segundo com o estabelecido pela Resolução nº 13, de 30 de outubro de 2020, da Universidade Federal de Viçosa, que altera o Regimento de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, e o Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Educação Física (associação ampla UFV/UFJF). Dessa maneira, este material é estruturado em tópicos, detalhados a seguir:

A introdução geral apresenta uma abordagem sobre o tema de pesquisa, a delimitação do assunto tratado e as principais justificativas relacionadas com a realização de presente investigação, demonstrando a importância de sua observância na aplicação da tecnologia em questão.

A segunda seção apresenta os objetivos da tese, de maneira geral e específica, detalhando os três principais propósitos do estudo e que dão origem aos quatro artigos oriundos da pesquisa.

O primeiro artigo desta tese apresenta uma metodologia de revisão narrativa, que tem como objetivo demonstrar como a gordura corporal e medidas antropométricas tem um potencial efeito para interferir na temperatura da pele ( $T_P$ ). Este artigo está traduzido para o espanhol e foi considerado **aceito para publicação** na Revista Andaluza de Medicina del Deporte, atualmente classificado como B1 no qualis CAPES (2013-2016) para a Educação Física. O comprovante de aprovação está anexado ao final deste documento (ANEXO 1), em seção específica.

O segundo artigo derivado desta pesquisa é classificado como original, de característica preliminar, que corresponde a uma primeira parte do trabalho experimental, onde foram selecionados 4 participantes, cada um em uma faixa de classificação de Índice de Massa Corporal (IMC), segundo o proposto pela Organização Mundial de Saúde, e foi demonstrado, em parâmetros descritivos e qualitativos, que diferentes classificações de IMC influenciam da  $T_P$ . Esse artigo está traduzido para o idioma inglês, e foi considerado **aceito para publicação** na Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, atualmente classificado

como B1 no qualis CAPES (2013-2016) para a Educação Física. O comprovante de aprovação está anexado ao final deste documento (ANEXO 2), em seção específica.

O terceiro artigo, que possui relação direta com o anterior, explorou a relação existente entre o IMC com a  $T_P$ , demonstrando que esse índice antropométrico afeta diretamente os valores da  $T_P$ , devendo ser considerado no momento de uma avaliação termográfica. Por conta disso, foram elaboradas escalas de normalidade térmica baseada nesse indicador e suas faixas de classificação para a população de adolescentes. Esse artigo está traduzido para o idioma inglês e está **em fase de avaliação** na *Journal of Thermal Biology*, atualmente classificado como B2 no qualis CAPES (2013-2016) para a Educação Física. O comprovante de submissão está anexado ao final deste documento (ANEXO 3), em seção específica.

O quarto e principal artigo da tese observou que o percentual de gordura (%G), obtido através de avaliação com o Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DXA), promove alterações nos valores observados da  $T_P$  em adolescentes do sexo masculino, sendo outro indicador que deve ser levado em consideração na avaliação de uma imagem térmica. Por conta disso, foram elaboradas escalas de normalidade térmica baseadas no %G e suas faixas de classificação para a população de adolescentes (com ou sem obesidade). Esse está elaborado em português e **aguarda as considerações da banca** para posterior conclusão e tradução. Pretende-se submeter esse artigo em uma revista classificada como A1 no Qualis CAPES (2013-2016), no idioma inglês.

Após a apresentação dos artigos foi incluído o tópico de conclusões gerais, que responde os objetivos de pesquisa da tese, e os dois últimos tópicos inseridos são os apêndices – materiais de elaboração própria do autor e aplicados durante a pesquisa – e os anexos – documentos não elaborados pelo autor, que servem como fundamentação, comprovação e ilustração, objetivando, em ambas as seções, comprovar, principalmente, que todos os aspectos éticos relacionados a pesquisas com seres humanos foram devidamente cumpridos.

## 2. INTRODUÇÃO GERAL

Na tentativa de manter a homeostase corporal, em especial do equilíbrio térmico, o organismo busca sua adaptação mediante diversas ações. Sensações como o calor e frio são reguladas a partir de respostas fisiológicas como a vasoconstrição, quando em situações de exposição a baixas temperaturas, e a vasodilatação, quando o organismo é exposto a temperaturas elevadas (SCHLADER; STANNARD; MÜNDEL, 2010).

Uma das principais estruturas fisiológicas responsáveis pela manutenção do equilíbrio térmico é a pele, que, por meio de receptores térmicos contidos em sua superfície, auxilia no controle da temperatura corporal (TC) em níveis normais (36,1-37,8°C) com intuito de preservar a funcionalidade vital do organismo (CHARKOUDIAN, 2010). A ação do fluxo sanguíneo cutâneo é tão importante para a manutenção da T que sua oscilação pode flutuar de valores de irrigação próximos a zero, numa situação de vasoconstrição em ambientes extremamente frios, até uma vasodilatação permitindo uma irrigação sanguínea de até 8L.min<sup>-1</sup> em ambientes de extremo calor (CHARKOUDIAN, 2010).

A temperatura da pele ( $T_P$ ) depende, além de fatores extrínsecos como o ambiente, citado anteriormente, de fatores intrínsecos, como o percentual de gordura corporal (%G) (CHUDECKA; LUBKOWSKA; KEMPIŃSKA-PODHORODECKA, 2014; NEVES et al., 2015). Depósitos de tecido adiposo na hipoderme podem agir como isolante térmico, interferindo na transferência de calor entre o corpo e ambiente e, conseqüentemente, diminuindo a  $T_P$  (GATIDIS et al., 2016; NEVES et al., 2015).

A termografia infravermelha (TI) é uma técnica que permite realizar a mensuração da  $T_P$  e que surge como uma ótima possibilidade de verificar o calor irradiado pela superfície da mesma. É uma tecnologia interessante pois não exige contato com o avaliado, sendo um método não invasivo e inócuo (COSTA et al., 2018; USAMENTIAGA et al., 2014), e tem sido amplamente utilizada na medicina como forma de auxiliar no diagnóstico de doenças como o câncer (HAN et al., 2014), COVID-19 (PERPETUINI et al., 2021), alterações anormais na circulação periférica (LAHIRI et al., 2012; RING; AMMER, 2012), além de possíveis lesões causadas pelo treinamento esportivo (FERNANDES et al., 2017; MARINS et al., 2015). Estes e outros fatores fisiológicos podem promover alterações inflamatórias que resultam em anormalidades térmicas, podendo ser captados pela TI.

Tendo em vista que a técnica de TI vem sendo cada vez mais utilizada, torna-se fundamental entender a influência do %G nos valores de  $T_P$  para que seja possível uma avaliação com a maior qualidade possível, a fim de proporcionar uma maior precisão no processo diagnóstico. Em uma busca realizada na base de dados PubMed, com as palavras chave “thermography” and “body composition” na data de 23 de outubro de 2022, foram encontrados 29 artigos, sendo que somente 5 deles objetivaram avaliar o impacto do %G ou de índices antropométricos nos valores da  $T_P$ . A pouca quantidade de estudos sobre essa temática, bem como a necessidade de implementação de uma técnica cada vez mais apurada e precisa, aumenta a relevância deste estudo, uma vez que os resultados podem influenciar diretamente a utilização prática dessa tecnologia em ambientes clínicos.

Os estudos relacionando a  $T_P$  com o %G e índices antropométricos com a utilização da TI (CHUDECKA; LUBKOWSKA, 2016; CHUDECKA; LUBKOWSKA; KEMPIŃSKA-PODHORODECKA, 2014; NEVES et al., 2017; SALAMUNES; STADNIK; NEVES, 2017) observaram, de maneira geral, que indivíduos com maior quantidade de gordura corporal apresentam menores valores de  $T_P$ , devendo esse fator ser levado em consideração no momento da avaliação de uma imagem térmica para um diagnóstico mais preciso. Entretanto, em todos os estudos somente foram avaliados participantes adultos, não verificando a influência desses parâmetros na  $T_P$  em outras faixas etárias, o que reforça ainda mais a importância desta tese na aplicação diária da TI enquanto ferramenta de auxílio diagnóstico.

Após a realização de uma imagem termográfica, a etapa seguinte é avaliar se a região corporal está hiper ou hipotérmica. Alguns estudos de base populacionais foram realizados a partir da utilização da técnica da TI, como o de Knobel-Dail et al. (2017), que utilizou a termografia para mensurar e quantificar a  $T_P$  em crianças prematuras, Marins et al. (2014) com a população brasileira, de Zaproudina et al. (2008) com finlandeses, de Zhu and Xin (1999) com chineses, e de Kolosovas-Machuca and González (2011). Esses estudos estabeleceram perfis térmicos de diferentes regiões corporais de interesse (RCI), que podem servir de referência para estabelecer um comportamento térmico de normalidade para cada região, auxiliando assim nos exames clínicos. Contudo esses estudos não levaram em consideração a quantidade de gordura corporal na delimitação dos perfis térmicos estabelecidos da  $T_P$ , o que pode acarretar em um erro quando durante a avaliação de um determinado

indivíduo, podendo fazer com que as imagens térmicas sejam mal interpretadas se o examinador não considerar a ação isolante do tecido adiposo, que tem potencial para promover uma condição de hipotermia local.

Visando aprimorar a qualidade na avaliação da imagem termográfica, realizar um estudo para avaliar se a quantidade de gordura corporal, verificada por diferentes métodos (simples e complexos), pode interferir na  $T_P$ , auxiliará na composição de tabelas normativas, possibilitando a caracterização sobre se determinada região se encontra em estado de normalidade térmica ajustada pela quantidade de gordura corporal.

Desta forma este estudo torna-se de fundamental importância no auxílio da análise das imagens térmica obtidas em avaliações realizadas por profissionais da área da saúde, sobretudo em ambientes clínicos, em que as imagens térmicas sejam empregadas na população de adolescentes em geral, o que poderá ajudar em uma melhor e mais eficaz ação do profissional.

## REFERÊNCIAS

- CHARKOUDIAN, N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 4, p. 1221–1228, 2010.
- CHUDECKA, M.; LUBKOWSKA, A. Thermal imaging of body surface temperature distribution in women with anorexia nervosa. **European Eating Disorders Review**, v. 24, n. 1, p. 57–61, 2016.
- CHUDECKA, M.; LUBKOWSKA, A.; KEMPIŃSKA-PODHORODECKA, A. Body surface temperature distribution in relation to body composition in obese women. **Journal of Thermal Biology**, v. 43, n. 1, p. 1–6, 2014.
- COSTA, C. M. A. et al. Daily rhythm of skin temperature of women evaluated by infrared thermal imaging. **Journal of Thermal Biology**, v. 72, n. 1, p. 1–9, 2018.
- FERNANDES, A. A. et al. Application of Infrared Thermography in the Assessment of Muscle Damage in Elite Soccer Athletes. **MOJ Orthopedics & Rheumatology**, v. 8, n. 5, p. 5–6, 2017.
- GATIDIS, S. et al. Is it possible to detect activated brown adipose tissue in humans using single-time-point infrared thermography under thermoneutral conditions? Impact of BMI and subcutaneous adipose tissue thickness. **PLoS ONE**, v. 11, n. 3, 2016.
- HAN, F. et al. A Simple and Efficient Method for Breast Cancer Diagnosis Based on Infrared Thermal Imaging. **Cell Biochemistry and Biophysics**, v. 71, n. 1, p. 491–498, 2014.
- KNOBEL-DAIL, R. B. et al. Body Temperature in Premature Infants During the First Week of Life: Exploration Using Infrared Thermal Imaging Robin. **Journal of Thermal Biology**, v. 69, p. 118–123, 2017.
- KOLOSOVAS-MACHUCA, E. S.; GONZÁLEZ, F. J. Distribution of skin temperature in Mexican children. **Skin Research and Technology**, v. 17, n. 3, p. 326–331, 2011.
- LAHIRI, B. B. et al. Medical applications of infrared thermography: A review. **Infrared Physics and Technology**, v. 55, n. 4, p. 221–235, 2012.
- MARINS, J. C. B. et al. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). **Journal of Thermal Biology**, v. 42, n. 1, p. 1–8, 2014.
- MARINS, J. C. B. et al. Aplicaciones de la termografía infrarroja en el deporte. Una revisión. **Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte**, v. 15, n. 60, p. 805–824, 2015.

- NEVES, E. B. et al. The influence of subcutaneous fat in the skin temperature variation rate during exercise. **Revista Brasileira de Engenharia Biomedica**, v. 31, n. 4, p. 307–312, 2015.
- NEVES, E. B. et al. Effect of body fat and gender on body temperature distribution. **Journal of Thermal Biology**, v. 70, p. 1–8, 2017.
- PERPETUINI, D. et al. An overview of thermal infrared imaging-based screenings during pandemic emergencies. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 6, p. 1–12, 2021.
- RING, E. F. J.; AMMER, K. Infrared thermal imaging in medicine. **Physiological Measurement**, v. 33, n. 3, p. R33–R46, 2012.
- SALAMUNES, A. C. C.; STADNIK, A. M.; NEVES, E. B. The effect of body fat percentage and body fat distribution on skin surface temperature with infrared thermography. **Journal of Thermal Biology**, v. 66, n. November 2016, p. 1–9, 2017.
- SCHLADER, Z. J.; STANNARD, S. R.; MÜNDEL, T. Human thermoregulatory behavior during rest and exercise - A prospective review. **Physiology and Behavior**, v. 99, n. 3, p. 269–275, 2010.
- USAMENTIAGA, R. et al. Infrared Thermography for Temperature Measurement and Non-Destructive Testing. **Sensors**, v. 14, n. 7, p. 12305–12348, 2014.
- ZAPROUDINA, N. et al. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. **Physiological Measurement**, v. 29, n. 4, p. 515–524, 2008.
- ZHU, W. P.; XIN, X. R. Study on the distribution pattern of skin temperature in normal Chinese and detection of the depth of early burn wound by infrared thermography. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 888, p. 300–313, 1999.

### **3. OBJETIVOS**

#### **2.1. Objetivo Geral**

Verificar a influência do percentual de gordura e do índice de massa corporal na temperatura da pele avaliada por termografia infravermelha em adolescentes do sexo masculino.

#### **2.2. Objetivos Específicos**

- a. Realizar um levantamento bibliográfico sobre a temática “termografia” e “composição corporal” a fim de estabelecer um referencial teórico sobre a influência do padrão relacionado à composição corporal nas imagens termográficas;
- b. Verificar a influência de diferentes faixas de índice de massa corporal nos valores da temperatura da pele de adolescentes do sexo masculino;
- c. Avaliar o impacto de diferentes classificações de percentual de gordura nos valores da temperatura da pele de adolescentes do sexo masculino e;
- d. Propor tabelas de normalidade térmica para uma avaliação termográfica em função de valores de classificação do índice de massa corporal e do percentual de gordura em adolescentes do sexo masculino.

#### 4. ARTIGO 1: INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS ANTROPOMÉTRICOS Y DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL EN LAS IMÁGENES TERMOGRÁFICAS<sup>1</sup>

**Influence of anthropometric parameters and body composition in thermographic images**

**Influência de parâmetros antropométricos e de composição corporal em imagens termográficas**

H. H. T. Reis<sup>1</sup>, C. J. Brito<sup>2</sup>, A. G. Silva<sup>3</sup>, M. Sillero-Quintana<sup>4</sup>, F. Z. Werneck<sup>5</sup>, I. Fernández-Cuevas<sup>4</sup>, M. S. Cerqueira<sup>6</sup>, J. C. B. Marins<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil

<sup>3</sup> Escola Preparatória de Cadetes do Ar, Minas Gerais, Brasil

<sup>4</sup> Universidad Politécnica de Madrid, Spain

<sup>5</sup> Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil

<sup>6</sup> Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil

H. H. T. Reis - e-mail: [hhteixeirareis@gmail.com](mailto:hhteixeirareis@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8755-0651>.

C. J. Brito - e-mail: [cirojbrito@gmail.com](mailto:cirojbrito@gmail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9678-1977>.

A. G. Silva - e-mail: [alissongs@ymail.com](mailto:alissongs@ymail.com); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2086-3431>.

M. Sillero-Quintana - e-mail: [manuel.sillero@upm.es](mailto:manuel.sillero@upm.es); ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9806-2925>.

F. Z. Werneck - e-mail: [f.zacaron@ufop.edu.br](mailto:f.zacaron@ufop.edu.br); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1966-8820>.

I. Fernández-Cuevas - e-mail: [ismael.fernandez@thermohuman.com](mailto:ismael.fernandez@thermohuman.com); ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5587-1039>

M. S. Cerqueira - e-mail: [mscerqueira.if@gmail.com](mailto:mscerqueira.if@gmail.com); ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6723-6083>.

J. C. B. Marins - e-mail: [jcbouzas@ufv.br](mailto:jcbouzas@ufv.br); ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0727-3450>.

Autor correspondiente: Hamilton Henrique Teixeira Reis, Departamento de Educação Física - Avenida Peter Henry Rolfs - Campus Universitário, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 36570-900. E-mail: [hhteixeirareis@gmail.com](mailto:hhteixeirareis@gmail.com).

---

<sup>1</sup> Artigo aceito para publicação na Revista Andaluza de Medicina del Deporte, qualis B1 (2013-2016) para Educação Física.

## RESUMEN

La termografía infrarroja está siendo utilizada en la actualidad para medir la temperatura de la piel (Tsk) tanto en medicina como en ciencias del ejercicio. Sin embargo, para obtener una imagen termográfica de calidad, es necesario tener en cuenta factores que intervienen para evitar una interpretación errónea de los resultados observados, incluidos los factores antropométricos y de la composición corporal. Por lo tanto, el objetivo de esta revisión narrativa, es establecer cómo los parámetros antropométricos y de composición corporal pueden afectar los valores de Tsk, repercutiendo así en la evaluación de las imágenes termográficas. Los resultados de este estudio apuntan a un alto nivel de influencia de la superficie corporal y, especialmente, de la cantidad de grasa corporal en el patrón de normalidad esperado de la Tsk evaluada por termografía infrarroja, siendo los sujetos con mayor cantidad de grasa corporal quienes presentan menores valores de Tsk comparados con los de menor cantidad de grasa, algo que debería considerarse al evaluar a la población general y a los atletas con diferentes patrones de composición corporal.

Palabras clave: Termografía. Mapeo de temperatura. Antropometría. Tejido adiposo.

## **Influence of anthropometric parameters and body composition in thermographic images**

### **ABSTRACT**

Infrared thermography has been recently used to measure skin temperature (Tsk) in both medicine and sports medicine. However, to obtain a quality thermographic image, it is necessary to observe intervening factors to avoid misinterpretation of the results, including anthropometric and body composition factors. Therefore, the objective of this narrative review is to establish how anthropometric and body composition parameters can affect the Tsk response, thus influencing the assessment of thermographic images. The results of this study point to a high level of influence of the body surface and, especially, of the amount of body fat in the expected Tsk pattern of normality evaluated by infrared thermography, being the subjects with higher amount of body fat who present lower Tsk values compared to those with lower body fat, which is something that should be considered when evaluating the general population and athletes with different body composition patterns.

Keywords: Thermography. Temperature mapping. Anthropometry. Adipose tissue

## **Influência de parâmetros antropométricos e de composição corporal em imagens termográficas**

### **RESUMO**

A termografia infravermelha tem sido empregada de forma mais recente para mensurar a temperatura da pele (Tsk) sendo utilizada na medicina e também na medicina esportiva. Entretanto, para se obter uma imagem termográfica de qualidade, vários fatores intervenientes precisam ser observados para que se evite um erro de interpretação sobre os resultados observados, dentre eles os fatores antropométricos e de composição corporal. Assim que, o objetivo desta revisão narrativa é estabelecer de que forma os parâmetros antropométricos e de composição corporal podem afetar a resposta da Tsk, impactando assim na avaliação de imagens termográficas. Têm-se como principais conclusões que as evidências apontam para um elevado nível de influência da superfície corporal e especialmente da quantidade de gordura corporal sobre o padrão de normalidade esperada da Tsk avaliada por termografia infravermelha, de modo que indivíduos com maior quantidade de gordura corporal apresentam valores menores de Tsk quando comparados a indivíduos com menor quantidade, devendo assim ser considerado ao avaliar a população em geral e atletas com diferentes padrões de gordura corporal.

Palavras-chave: Termografia. Mapeamento de temperatura. Antropometria. Tecido adiposo.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente una de las formas de evaluar la temperatura de la piel (Tsk) es mediante el uso de imágenes termográficas<sup>1,2</sup>. Este tipo de imagen se ha utilizado como herramienta auxiliar en el diagnóstico de enfermedades como el cáncer, la neuropatía diabética, los trastornos vasculares y las lesiones musculares<sup>3-5</sup>. Más recientemente, se ha utilizado para determinar las alteraciones termorreguladoras resultantes de COVID-19<sup>6</sup>. Específicamente en el deporte, la termografía infrarroja (IRT) se ha utilizado como herramienta para detectar lesiones y procesos inflamatorios<sup>7</sup> del conocimiento previo sobre el patrón de normalidad térmica del individuo, que puede incidir directamente en la interpretación de la carga física realizada durante el entrenamiento físico del deportista<sup>8-10</sup>.

Para una evaluación cualificada de la normalidad térmica de la Tsk en reposo hay que tener en cuenta varios factores<sup>11</sup> como el género<sup>12</sup>, edad<sup>12</sup>, región corporal analizada<sup>13</sup> y la hora del día<sup>14</sup>. Esta combinación de factores aumenta la complejidad en la búsqueda de un diagnóstico correcto para identificar si una zona determinada está hipo- o híper-irradiada, lo que indica la necesidad de realizar pruebas de imagen más elaboradas.

Es posible encontrar en la literatura estudios que evaluaron el perfil de normalidad térmica de ciertas poblaciones, como los de Marins et al.<sup>12</sup> con la población brasileña, de Zaproudina et al.<sup>15</sup> con la población finlandesa, de Zhu y Xin<sup>16</sup> con el chino y de Kolosovas-Machuca y González<sup>17</sup> con niños mexicanos. Sin embargo, en ninguno de estos estudios se tuvieron en cuenta factores intervinientes, como las características antropométricas y la composición corporal, a la hora de estandarizar los valores de normalidad térmica, lo que puede llevar a un error de interpretación, especialmente porque hay estudios que observan la tendencia a que un mayor porcentaje de grasa pueda interferir en la Tsk, como los estudios de Chudecka et al.<sup>18</sup>, Chudecka y Lubkowska<sup>19</sup>, Neves et al.<sup>20</sup> y Salamunes et al.<sup>21</sup>.

Por lo tanto, para tener una interpretación correcta de los valores de normalidad de la Tsk es importante establecer cómo la grasa corporal puede influir en esta lectura. Esto mejorará la capacidad de los profesionales de la medicina deportiva para interpretar estas imágenes, ya que dependiendo del deporte practicado, es natural que el porcentaje de grasa sea muy diferente, por ejemplo, un corredor de maratón<sup>22</sup> frente a un lanzador de peso<sup>23</sup>. Además, también puede aportar una forma de análisis

crítico al registro de la Tsk de forma masiva, como se ha hecho, de forma exploratoria, en la identificación de COVID-19.

Este artículo de revisión se propone presentar las bases teóricas y las evidencias que señalan la magnitud de la influencia de los parámetros antropométricos y de la grasa corporal como factores que tienen el potencial de alterar la Tsk, modificando así la forma de análisis de las imágenes termográficas y, en consecuencia, la caracterización de un estado de normalidad o anormalidad térmica. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es describir en que forma los parámetros antropométricos y de composición corporal pueden afectar a la respuesta de Tsk, repercutiendo así en la interpretación de las imágenes termográficas.

Comprender los principios fisiológicos del tejido adiposo, así como las características relacionadas a la grasa corporal, antropometría y su influencia en el mecanismo de termorregulación humana y, consecuentemente, en la Tsk, es fundamental para realizar una evaluación termográfica de calidad. Este trabajo lleva a cabo una revisión narrativa estructurada en cuatro apartados: 1) tejido adiposo y ajustes termorreguladores; 2) El tejido adiposo como barrera física de transferencia de calor; 3) parámetros antropométricos y ajustes térmicos; 4) evidencias sobre la influencia de la grasa corporal con la Tsk. Cada uno de estos temas será presentado con mayor detalle a continuación.

### ***1) Tejido adiposo y ajustes termorreguladores.***

El tejido adiposo es un órgano endocrino complejo, muy activo y que segrega hormonas, como la leptina, la adiponectina y las citoquinas<sup>24</sup>. Estas hormonas tienen una fuerte influencia en la termogénesis y la homeostasis energética, principalmente a través del aumento de la producción de calor en el músculo esquelético<sup>25,26</sup> y en la activación de las neuronas hipotálamicas implicadas en la regulación de la termogénesis sin temblores<sup>27</sup>.

En el organismo, los lípidos se almacenan en 2 tipos de tejido: el tejido adiposo blanco (TAB) y el tejido adiposo marrón (TAM). El TAB es la estructura que promueve una mayor cantidad de energía para el cuerpo, además de tener la función de aislamiento y protección mecánica para algunos órganos vitales<sup>28,29</sup>. El TAM, a su vez, actúa, sobre todo, en la metabolización de los ácidos grasos, secretando también una serie de factores reguladores, principalmente impulsados por la termogenina<sup>30</sup>, una

proteína desacopladora que tiene como función promover un mayor bombeo de protones localizados en la membrana mitocondrial interna, transportando los protones e electrones del espacio intermembrana hacia la matriz mitocondrial, disipando el gradiente de protones por medio de la membrana interna de la mitocondria y desprendiendo energía en forma de calor<sup>29-31</sup>. Este equilibrio de acciones entre el TAB y el TAM contribuye directamente al mantenimiento del equilibrio energético del organismo.

Estos factores, cuando se observan, pueden afectar directamente a una de las principales estructuras fisiológicas encargadas de mantener el equilibrio térmico, la piel, que, a través de sus receptores térmicos superficiales, ayuda a controlar la temperatura para preservar la funcionalidad vital del organismo<sup>32</sup>. Los depósitos de tejido adiposo en la hipodermis pueden actuar como aislante térmico, interfiriendo en la transferencia de calor entre el cuerpo y el ambiente y, por consiguiente, disminuyendo la Tsk<sup>33,34</sup>, lo que puede afectar directamente a los valores de temperatura observados en esta región, afectando así al rango normal esperado de Tsk registrado durante las imágenes termográficas. Las personas con obesidad tienen una mayor tasa metabólica en reposo<sup>35</sup>, pues al tener mayor cantidad de tejido adiposo, secretan más leptina, adiponectina y citoquinas, lo que genera un aumento de la temperatura interna<sup>24-26</sup>. Además, también pueden presentar alteraciones en la microbiota intestinal<sup>36</sup>, que podría tener una relación directa en el control de la termogénesis humana<sup>37</sup>, modificando el metabolismo del individuo por medio de señales procedentes del intestino, produciendo mayores niveles de inflamación, resistencia a la insulina y aumento en la cantidad de grasa local<sup>38</sup>.

## ***2) El tejido adiposo como barrera física de transferencia de calor.***

La temperatura corporal (TC) está controlada por el centro termorregulador situado en la parte anterior del hipotálamo y es el resultado de un complejo equilibrio entre los procesos metabólicos y la actividad muscular<sup>39,40</sup>, junto con las condiciones climáticas en las que se encuentra el sujeto. Para el buen funcionamiento del organismo, la temperatura interna del cuerpo debe mantenerse aproximadamente a 37,0°C<sup>41</sup>. Existen mecanismos físicos que actúan en la regulación de esta temperatura, como la radiación, la convección, la conducción y la evaporación. La generación de calor interno - especialmente cuando se genera por el ejercicio físico-,

el entorno en el que se inserta la persona -tierra o agua -, además de la temperatura, la humedad, la velocidad del viento y la radiación solar, influirán en la acción de estos mecanismos. La figura 1 muestra los principales factores relacionados con el equilibrio térmico.

*Figura 1*

Uno de los factores que influyen de forma diferente en Tsk en las personas obesas es el proceso de conducción<sup>42</sup>. Este proceso de transferencia de calor se produce de un cuerpo a otro a través de un agente líquido, sólido o gaseoso. Este intercambio de calor está directamente asociado con el gradiente de temperatura entre las superficies, la conductividad térmica del material, el espesor y el área de contacto entre las superficies<sup>42</sup>. El nivel de actividad metabólica de una determinada zona central del cuerpo es una fuente de generación de calor<sup>43</sup>. Este calor se transfiere entre los tejidos hacia la piel por la diferencia de gradiente desde la región más caliente a la más fría, por lo que se produce una reducción gradual de la temperatura en función de las capas de tejido que existen entre la piel y la región productora de calor.

Una persona con una mayor acumulación de grasa corporal creará una mayor barrera física, disminuyendo la capacidad de perder calor debido a este mecanismo físico<sup>44,45</sup>. Esto ocurre porque el tejido adiposo presenta valores de conductividad térmica menores<sup>46,47</sup> que el tejido muscular<sup>46,48,49</sup>, dermis<sup>49</sup> e epidermis<sup>50</sup>, haciendo que sujetos con mayores cantidades de grasa retengan más el calor, dificultando su intercambio entre el organismo y ambiente. Ésta es una adaptación positiva en ambientes fríos, porque la grasa actúa como agente aislante, reduciendo el riesgo de hipotermia<sup>45</sup>. La figura 2 presenta este aspecto del grosor de la grasa corporal como agente influyente en el proceso físico de la conducción.

*Figura 2*

**3) Parámetros antropométricos y ajustes térmicos;**

Se han relacionado algunos aspectos antropométricos como posibles influyentes en el TC, como el tamaño de la superficie corporal, la cantidad de masa corporal, el índice de masa corporal (IMC) y la composición corporal.

*3.1 Área de Superficie corporal (SC)*

Cuando se expone a la temperatura ambiente, la superficie corporal es un factor importante que está directamente relacionado con la capacidad de intercambiar calor con el entorno. Los individuos con mayores dimensiones presentan una mayor tasa de convección, radiación y evaporación que los individuos con menores dimensiones, lo que permite una mayor pérdida o absorción de calor<sup>51</sup>.

De este modo, los individuos con una mayor superficie corporal, al salir de un ambiente cálido a un ambiente frío son capaces de mantener los valores de TC de forma más eficiente que los individuos con una menor superficie corporal<sup>51</sup>. Además, dado que esta característica influye directamente en el intercambio de calor, los individuos con una menor área de exposición tienen un efecto de disipación de calor mucho más limitado, lo que, analizando exclusivamente por este factor, puede llevar a problemas en el control termorregulador<sup>51</sup>.

La SC parece ser un factor importante a considerar ya que tiene un efecto potencial en el rango normal de Tsk captado por las imágenes termográficas. Esto hace que sea necesario realizar un perfil térmico específico al evaluar a los niños y a los adultos.

### *3.2 Masa corporal*

Desde una perspectiva termodinámica, la masa corporal desempeña dos importantes funciones en el intercambio de energía térmica del ser humano. En primer lugar, la masa es la parte interna del cuerpo que disipa el calor y, por tanto, contribuye a su variación térmica y a su mantenimiento. En segundo lugar, el coste energético necesario para realizar el intercambio de calor con el entorno es mayor en los individuos más pesados<sup>52</sup>.

Durante el estrés térmico elevado, una mayor cantidad de masa corporal también puede influir en la tasa de aumento de la temperatura central<sup>53,54</sup>. Teóricamente, a una temperatura ambiente elevada, las tasas de intercambio de calor en relación con la cantidad de superficie corporal son similares, independientemente del tamaño del cuerpo. Sin embargo, las correspondientes tasas de intercambio de calor por unidad de masa son mayores en los individuos más ligeros. Como resultado, la tasa de almacenamiento de calor debería ser mayor para una carga de calor metabólica equivalente y debería dar lugar a mayores cambios de temperatura central entre los individuos con una menor relación entre la masa y la superficie corporal<sup>54,55</sup>.

Hasta la fecha (agosto de 2022), no se han identificado estudios de perfil térmico en poblaciones con gran masa muscular como los fisicoculturistas para observar, por ejemplo, si mayores cantidades de la masa corporal magra podrían repercutir en la Tsk, en comparación con personas con valores normativos de masa muscular, lo que genera un interesante campo de estudio en el futuro próximo.

### *3.3 Índice de masa corporal*

En algunos estudios se ha demostrado que el IMC se asocia positivamente con la temperatura corporal<sup>35,56,57</sup>, un hecho que puede atribuirse a un mayor aislamiento térmico debido a una capa más gruesa de tejido adiposo subcutáneo<sup>44,45</sup>, lo que hace que los individuos con obesidad sean capaces de mantener su CT mejor controlado en ambientes fríos, pero tienen mayor dificultad para disipar este calor interno en ambientes calientes, haciéndolos más susceptibles a situaciones de hipertermia<sup>58</sup>. De forma práctica, el impacto en la Tsk en las regiones con acumulación de grasa corporal puede observarse como se muestra en la Figura 3, en la que la temperatura de la región anterior del tronco puede variar hasta 3,5°C al comparar sujetos con diferentes rangos de IMC.

### *Figura 3*

### *3.4 Composición corporal*

La relación entre la cantidad de tejido muscular magro, grasa corporal y hueso y la masa corporal total determina la capacidad térmica media del cuerpo. El calor específico de la grasa es mayor que el de otros tejidos adyacentes, lo que hace que se considere un aislante térmico al tener una menor capacidad de disipar el calor, afectando directamente al mantenimiento de la homeostasis corporal<sup>48</sup>. En consecuencia, los individuos con mayor cantidad de tejido adiposo acumulan valores de temperatura central más elevados<sup>35</sup>.

Los cambios en estos tres patrones de influencia suelen observarse en personas con obesidad, una condición asociada a una mayor cantidad de calor interno total en el cuerpo, hace que los valores metabólicos en reposo de los individuos obesos sean más altos que en los individuos con bajo índice de adiposidad debido a la mayor cantidad de masa libre de grasa, que es mayor en las personas obesas, lo que aumenta la cantidad de calor generado<sup>35</sup>. Al mismo tiempo, el alto contenido de

grasa crea una barrera aislante para la conducción y el intercambio de calor y, por lo tanto, reduce la capacidad del cuerpo para responder eficazmente a los cambios de la temperatura ambiente, de modo que el tejido adiposo atenúa la transferencia de calor<sup>59</sup>. Así, existe un importante indicio de que la anomalía térmica por IRT será diferente según la cantidad de grasa corporal, lo que generará la necesidad de establecer estándares de normalidad térmica específicos según la grasa corporal, ayudando a la interpretación de las imágenes.

Otro componente de la composición corporal afectado por la obesidad es la densidad mineral ósea (DMO), principalmente el contenido mineral óseo<sup>60-62</sup>. La DMO en personas con obesidad es mayor que la de las personas sin sobrepeso debido a la mayor sobrecarga mecánica a la que se ve sometido el tejido óseo y a alteraciones hormonales, principalmente unos altos niveles de adipocinas comúnmente asociados a la obesidad<sup>63,64</sup>, y que pueden promover acciones tanto de carácter anabólico como catabólico en el osteoblasto<sup>65,66</sup>. Además, la DMO parece tener una relación positiva con la cantidad de TAM en el organismo, lo que puede promover una mayor producción de calor y, como consecuencia, aumentar la temperatura corporal del individuo, influenciando directamente el mecanismo de termorregulación<sup>67-69</sup>.

Otro factor que afecta a los procesos de emisión de calor es la microcirculación cutánea que, debido a los procesos inflamatorios derivados de la obesidad, acaba viéndose perjudicada y generando un proceso vasoconstrictor<sup>70</sup>. Esta situación genera una alteración directa en los valores de perfusión sanguínea de la superficie de la piel, provocando una reducción de su temperatura<sup>33,34</sup>.

Por lo tanto, la obesidad, asociada a un aumento de la superficie corporal, de la masa corporal, de la cantidad de grasa y de los parámetros inflamatorios, tiene el potencial de influir directamente en el control de la temperatura central, haciendo que todo el mecanismo de ganancia y pérdida de calor sea diferente y alterando la respuesta de varias estructuras fisiológicas responsables de la termorregulación, incluida la piel.

Finalmente, el factor edad puede influir de manera muy importante en la Tsk de los humanos. En el caso de los niños, el control térmico se ve muy afectado por la proporción de superficie corporal, que es muy distinta a la del adulto. Además, el sistema nervioso central y periférico de los niños aún no están totalmente maduro para generar una respuesta térmica apropiada<sup>71-73</sup>.

Es importante destacar que, a lo largo del proceso de envejecimiento, el organismo presenta diversas alteraciones relacionadas con el control de la TC y, consecuentemente, de la Tsk<sup>74</sup>. Factores como la variación de la composición corporal (pérdida de masa magra y ganancia de grasa), la disminución de la capacidad de producción y disipar de calor, el cambio del área de superficie corporal en relación al peso, las modificaciones en la actividad del sistema nervioso central, además de aspectos termo-sensoriales periféricos deben ser considerados durante una valoración de la TC a lo largo de la vida<sup>75</sup>.

La menor cantidad de masa corporal magra en sujetos mayores produce una reducción de la actividad metabólica, un factor importante en la producción de calor, además de una disminución de la cantidad de agua en el organismo, factor que ayuda en la transferencia de calor<sup>76</sup>. Se puede añadir, una tendencia a padecer trastornos vasculares, especialmente en sujetos diabéticos<sup>77</sup>, perjudicando la circulación sanguínea y, consecuentemente, la perfusión de los tejidos, influyendo negativamente en la pérdida de calor tanto por radiación como por convección<sup>78</sup>. Por último, las alteraciones endócrinas que aparecen con la edad también pueden producir alteraciones en el metabolismo de los individuos<sup>24-26</sup> que pueden alterar la Tsk.

#### **4) Pruebas sobre la influencia de la grasa corporal con Tsk**

Se han desarrollado una serie de estudios que buscan identificar la relación entre la grasa corporal y la Tsk, encontrando evidencias muy interesantes que pueden ayudar a entender este proceso e incluso a interpretar las imágenes termográficas.

Livingstone et al.<sup>79</sup> dividieron a 17 hombres de entre 21 y 56 años en tres grupos según el porcentaje de grasa: 7,6-13,6%, 17,4-22,1% y 27,1-46,4%, clasificados respectivamente como delgados, intermedios y obesos. Las regiones anterior y posterior del cuerpo, en las porciones superior e inferior, fueron evaluadas, y se observó que los individuos que tenían un mayor porcentaje de grasa tenían un Tsk más bajo.

Chudecka et al.<sup>18</sup> y Chudecka y Lubkowska<sup>80</sup> evaluaron la influencia de diferentes rangos de clasificación del IMC en Tsk. En el primer estudio<sup>18</sup> la Tsk de 20 mujeres consideradas obesas (IMC > 30kg/m<sup>2</sup>) se comparó con la de 20 mujeres con IMC considerado normal (18,5-24,99 kg/m<sup>2</sup>), se observó una diferencia de temperatura en la región de los brazos, la espalda, el abdomen, los muslos y las

piernas, además de una correlación negativa entre la Tsk y el porcentaje de grasa para las regiones del abdomen y el muslo. En el segundo estudio<sup>80</sup> al comparar la influencia de un IMC considerado normal (18,5-24,99 kg/m<sup>2</sup>) con el IMC de las mujeres con anorexia (< 17 kg/m<sup>2</sup>), con edades comprendidas entre los 18 y los 24 años, verificó un aumento de la Tsk en la región de la espalda, abdomen, muslos y pantorrillas en las mujeres con anorexia, además de una correlación negativa entre el IMC y el porcentaje de grasa para la región del abdomen. En ambos estudios se evaluaron las regiones del tórax, el abdomen, los brazos, las manos, los muslos y las piernas, tanto en la vista anterior como en la posterior, además de obtener los valores del porcentaje de grasa mediante la evaluación de la bioimpedancia.

Siah y Childs<sup>81</sup> utilizando también la IRT para verificar la Tsk de la región del abdomen, evaluó a 30 participantes (23 hombres y 7 mujeres), divididos en tres rangos de clasificación del IMC: delgado (<18,5 kg/m<sup>2</sup>), normal (18,6-24,9 kg/m<sup>2</sup>) y con sobrepeso (>25,0 kg/m<sup>2</sup>). Como resultado, observaron que la Tsk presentaba un parámetro decreciente para los individuos con sobrepeso en comparación con los otros rangos de clasificación en la región analizada.

Salamunes et al.<sup>21</sup> y Neves et al.<sup>20</sup> utilizaron la técnica de Dual-Energy X-Ray Absorptiometry (DXA) para comparar los efectos del porcentaje de grasa en los valores de Tsk, evaluados mediante la IRT. Salamunes<sup>21</sup>, evaluando a 130 mujeres de entre 18 y 35 años, observó una correlación negativa entre los valores de Tsk y el porcentaje de grasa para las regiones de brazos, abdomen, espalda, muslos y pantorrillas. Asimismo, Neves et al.<sup>20</sup> al evaluar a 94 participantes (47 hombres y 47 mujeres), con edades comprendidas entre los 18 y los 28 años, se observó un patrón de correlación negativa entre la Tsk y el porcentaje de grasa para las regiones de tronco, brazos y piernas, en las vistas anterior y posterior, en los hombres, y en las regiones de brazos y piernas, en la vista anterior, y tronco y piernas, en la vista posterior, en las mujeres. Todos estos estudios señalan que es necesario que los trabajos en los que se establece el perfil térmico, es necesario considerar el impacto de la grasa corporal en la Tsk, con el objetivo de evitar interpretaciones inadecuadas de las imágenes.

La cantidad de grasa corporal en Tsk también parece afectar el proceso de termorregulación en durante el ejercicio. Weigert et al.<sup>82</sup> a su vez, evaluó el impacto del porcentaje de grasa, evaluado a través de la técnica de pliegues cutáneos, en la

Tsk en 38 hombres, con edad entre 19 y 32 años, tras la realización de ejercicios resistidos y comprobó que los participantes considerados obesos ( $\geq 25\%$  de grasa) presentaron una menor elevación de la Tsk que los individuos considerados normales ( $< 25\%$  de grasa) al final del protocolo de ejercicios, presentando, además, un patrón más heterogéneo en la distribución de los puntos de calentamiento. Además, al observar el comportamiento de la Tsk a lo largo del tiempo, comprobaron que, incluso con una elevación menor de la Tsk al final de la sesión de ejercicio resistido, los individuos considerados obesos mantenían este patrón de elevación durante un periodo de tiempo más largo.

Por otro lado, un artículo señaló resultados contradictorios utilizando la termografía dinámica, que, a diferencia del modelo tradicional, monitoriza la respuesta de una determinada región corporal de interés a un estrés térmico, ya sea de frío o calor, evaluando la respuesta de la Tsk<sup>83</sup>. Payne et al.<sup>84</sup> utilizó la técnica IRT para verificar si el tamaño y la composición corporal, medidos por bioimpedancia, influirían en el recalentamiento de la región de la mano tras la exposición al frío. Las manos de 114 participantes (63 mujeres y 51 hombres), con edades comprendidas entre los 18 y los 48 años, se sumergieron en agua helada y se evaluó la Tsk en los momentos posteriores a la inmersión. No se encontró ninguna relación entre los parámetros evaluados y la capacidad de recalentamiento de las manos en Tsk, lo que indica que, en estas condiciones, para esta región de interés, el tamaño corporal y el porcentaje de grasa no tienen ninguna influencia. Es posible que esta región, por estar ricamente vascularizada, y por la técnica utilizada para el registro (termografía dinámica), no tenga efecto de la grasa corporal.

## **IMPLICACIONES PRÁCTICAS**

La valoración correcta de las imágenes termográficas es esencial para establecer un estándar de normalidad térmica, ya sea individualmente o en una población específica.

En el caso de la evaluación individual, especialmente en los atletas, es necesario tener en cuenta los factores presentados en esta revisión, sobre todo en aquellos en los que el porcentaje de grasa suele ser mayor, como los deportistas de atletismo en las pruebas de lanzamiento y los luchadores de categoría de peso más altas.

Otra condición especial es cuando el deportista deja de realizar actividad física durante un determinado período de tiempo (entre temporadas o por lesión). En estos casos se espera un aumento de peso debido a la inactividad, lo que promueve cambios en la composición corporal y la consiguiente variación de los valores de Tsk. Si durante el seguimiento de este atleta a través de la IRT no se observan los aspectos presentados en este trabajo, la interpretación de un cuadro de normalidad térmica podría ser inadecuada.

Asimismo, en situaciones de diagnóstico poblacional, es importante que los investigadores consideren los factores antropométricos y de composición corporal en el momento de la caracterización, por lo que cada región específica puede presentar un perfil poblacional de composición corporal totalmente diferente, lo que dará lugar a variaciones en los valores de Tsk, las cuales, en un estudio de gran envergadura, puede generar problemas de interpretación y consideración de las imágenes obtenidas por la cámara termográfica.

Como recomendación final, considerando la importancia de establecer el perfil térmico mediante IRT en la población general y de los atletas de diferentes modalidades deportivas en particular es necesario que en la información metodológica de los artículos se indiquen los parámetros antropométricos relacionados con la superficie corporal, el grosor de los pliegues cutáneos y el porcentaje de grasa, para que pueda ayudar en la evaluación de las imágenes térmicas obtenidas, además de proporcionar una base documental para estudios más detallados sobre el tema. También es importante que se lleven a cabo estudios empleando IRT para establecer el efecto del factor edad, especialmente en jóvenes antes de la pubertad o personas mayores con más de 60 años, ya que los factores antropométricos, especialmente la relación de “masa magra vs. masa grasa” corporal, puede cambiar mucho en función de la edad. Otra posibilidad de estudio que podría ser verificar la relación entre la DMO y la Tsk evaluada por IRT, debido a que esta variable también parece presentar ligada al proceso de termorregulación en los seres humanos.

## **CONCLUSIÓN**

Existen fuertes evidencias de que la obesidad es una condición que afecta directamente a la temperatura de la piel debido a la influencia de ciertas características antropométricas como la superficie corporal y la composición corporal,

específicamente la cantidad de grasa corporal, la cual presenta una relación inversa con la Tsk. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta estos factores especialmente cuando se interpreta el patrón de normalidad térmica de un sujeto obtenido por IRT, tanto en la población general como en deportistas con diferentes valores de grasa corporal.

## REFERENCIAS

1. Adams S, Bucknall T, Kouzani A. An initial study on the agreement of body temperatures measured by infrared cameras and oral thermometry. *Sci Rep* [Internet]. 2021;11(1):1–10. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91361-6>
2. 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):1–25.
3. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2012;55(4):221–35. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2012.03.007>
4. Shimatani A, Hoshi M, Oebisu N, Iwai T, Takada N, Nakamura H. Clinical significance of thermal detection of soft-tissue tumors. *Int J Clin Oncol* [Internet]. 2020;25(7):1418–24. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10147-020-01658-1>
5. dos Santos Bunn P, Miranda MEK, Rodrigues AI, de Souza Sodr e R, Neves EB, Bezerra da Silva E. Infrared thermography and musculoskeletal injuries: A systematic review with meta-analysis. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2020;109(April):103435. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2020.103435>
6. Perpetuini D, Filippini C, Cardone D, Merla A. An overview of thermal infrared imaging-based screenings during pandemic emergencies. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(6):1–12.
7. Hillen B, Pfirrmann D, N agele M, Simon P. Infrared Thermography in Exercise Physiology: The Dawning of Exercise Radiomics. *Sports Med* [Internet]. 2020;50(2):263–82. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01210-w>
8. Matta L, Rhea M, Maior S. Physiological evaluation post-match as implications to prevent injury in elite soccer players. *Arch Med Deporte*. 2019;36(4):220–6.
9. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Marins JCB, Garcia ES. Application of Infrared Thermography in the Assessment of Muscle Damage in Elite Soccer Athletes. *MOJ Orthop Rheumatol*. 2017;8(5):5–6.
10. Korman P, Kusy K, Kantanista A, Straburzyńska-Lupa A, Zieliński J. Temperature and creatine kinase changes during a 10d taper period in sprinters. *Physiol Meas*. 2021;42(12):124001.

11. Fernández-Cuevas I, Bouzas Marins JC, Arnáiz Lastras J, Gómez Carmona PM, Piñonosa Cano S, García-Concepción MÁ, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Phys Technol*. 2015;71:28–55.
12. Marins JCB, Fernandes AA, Cano SP, Moreira DG, da Silva FS, Costa CMA, et al. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). *J Therm Biol* [Internet]. 2014;42(1):1–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.02.020>
13. Marins JCB, Formenti D, Costa CMA, de Andrade Fernandes A, Sillero-Quintana M. Circadian and gender differences in skin temperature in militaries by thermography. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2015;71:322–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2015.05.008>
14. Costa CMA, Sillero-Quintana M, Piñonosa Cano S, Moreira DG, Brito CJ, Fernandes AA, et al. Daily oscillations of skin temperature in military personnel using thermography. *J R Army Med Corps*. 2016;162(5):335–42.
15. Zaproudina N, Varmavuo V, Airaksinen O, Närhi M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. *Physiol Meas*. 2008;29(4):515–24.
16. Zhu WP, Xin XR. Study on the distribution pattern of skin temperature in normal Chinese and detection of the depth of early burn wound by infrared thermography. *Ann N Y Acad Sci*. 1999;888:300–13.
17. Kolosovas-Machuca ES, González FJ. Distribution of skin temperature in Mexican children. *Skin Res Technol*. 2011;17(3):326–31.
18. Chudecka M, Lubkowska A, Kempieńska-Podhorodecka A. Body surface temperature distribution in relation to body composition in obese women. *J Therm Biol*. 2014;43(1):1–6.
19. Chudecka M, Lubkowska A. Thermal maps of young women and men. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2015;69:81–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2015.01.012>
20. Neves EB, Salamunes ACC, de Oliveira RM, Stadnik AMW. Effect of body fat and gender on body temperature distribution. *J Therm Biol* [Internet]. 2017;70:1–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.10.017>

21. Salamunes ACC, Stadnik AM, Neves EB. The effect of body fat percentage and body fat distribution on skin surface temperature with infrared thermography. *J Therm Biol* [Internet]. 2017;66(November 2016):1–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.03.006>
22. Citarella R, Itani L, Intini V, Zucchinali G, Scevaroli S, Tannir H, et al. Association between dietary practice, body composition, training volume and sport performance in 100-Km elite ultramarathon runners. *Clin Nutr ESPEN*. 2021 Apr 1;42:239–43.
23. Kyriazis T, Terzis G, Karampatsos G, Kavouras S, Georgiadis G. Body Composition and Performance in Shot Put Athletes at Preseason and at Competition. *Int J Sports Physiol Perform*. 2010;5:417–21.
24. Kershaw EE, Flier JS. Adipose tissue as an endocrine organ. *J Clin Endocrinol Metab*. 2004;89(6):2548–56.
25. Fischer AW, Hoefig CS, Abreu-Vieira G, de Jong JMA, Petrovic N, Mittag J, et al. Leptin Raises Defended Body Temperature without Activating Thermogenesis. *Cell Rep* [Internet]. 2016;14(7):1621–31. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.celrep.2016.01.041>
26. Henry BA, Andrews ZB, Rao A, Clarke IJ. Central leptin activates mitochondrial function and increases heat production in skeletal muscle. *Endocrinology*. 2011;152(7):2609–18.
27. Yu S, Qualls-Creekmore E, Rezai-Zadeh K, Jiang Y, Berthoud HR, Morrison CD, et al. Glutamatergic preoptic area neurons that express leptin receptors drive temperature-dependent body weight homeostasis. *J Neurosci*. 2016;36(18):5034–46.
28. Vaughan M. The production and release of glycerol by adipose tissue incubated in vitro. *J Biol Chem* [Internet]. 1962;237(11):3354–8. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)70821-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0021-9258(19)70821-7)
29. Blondin DP, Labbé SM, Phoenix S, Guérin B, Turcotte ÉE, Richard D, et al. Contributions of white and brown adipose tissues and skeletal muscles to acute cold-induced metabolic responses in healthy men. *J Physiol*. 2015;593(3):701–14.
30. Kitahara T, Li HS, Balaban CD. Localization of the mitochondrial uncoupling protein family in the rat inner ear. *Hear Res*. 2004 Oct;196(1–2):39–48.
31. Cannon B, Nedergaard J. Brown Adipose Tissue: Function and Physiological Significance. *Physiol Rev*. 2004;84(1):277–359.

32. Charkoudian N. Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *J Appl Physiol* [Internet]. 2010;109(4):1221–8. Available from: <http://jap.physiology.org/cgi/doi/10.1152/jappphysiol.00298.2010>
33. Gatidis S, Schmidt H, Pfannenberga CA, Nikolaou K, Schick F, Schwenger NF. Is it possible to detect activated brown adipose tissue in humans using single-time-point infrared thermography under thermoneutral conditions? Impact of BMI and subcutaneous adipose tissue thickness. *PLoS One*. 2016;11(3).
34. Neves EB, Moreira TR, Lemos RJ, Vilaça-Alves J, Rosa C, Reis VM. The influence of subcutaneous fat in the skin temperature variation rate during exercise. *Res Biomed Eng*. 2015;31(4):307–12.
35. Hoffmann ME, Rodriguez SM, Zeiss DM, Wachsberg KN, Kushner RF, Landsberg L, et al. 24-H Core Temperature in Obese and Lean Men and Women. *Obesity (Silver Spring)*. 2012;20(8):1585–90.
36. Seganfredo FB, Blume CA, Moehlecke M, Giongo A, Casagrande DS, Spolidoro JVN, et al. Weight-loss interventions and gut microbiota changes in overweight and obese patients: a systematic review. *Obes Rev*. 2017;18(8). 832–51.
37. Chevalier C, Stojanović O, Colin DJ, Suarez-Zamorano N, Tarallo V, Veyrat-Durebex C, et al. Gut Microbiota Orchestrates Energy Homeostasis during Cold. *Cell*. 2015;163(6):1360–74.
38. Bleau C, Karelis AD, St-Pierre DH, Lamontagne L. Crosstalk between intestinal microbiota, adipose tissue and skeletal muscle as an early event in systemic low-grade inflammation and the development of obesity and diabetes. *Diabetes Metab Res Rev*. 2015;31(6):545–61.
39. Burton C. Temperature Regulation. *Annu Rev Physiol*. 1939;1:109–30.
40. Moorhouse VHK. Effect of increased temperature of the carotid blood. *Am J Physiol*. 1911;28:223–34.
41. Sund-Levander M, Forsberg C, Wahren LK. Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review. *Scand J Caring Sci*. 2002;16(2):122–8.
42. Lim CL. Fundamental concepts of human thermoregulation and adaptation to heat: A review in the context of global warming. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):1–33.

43. Daanen HA, van Es EM, de Graaf JL. Heat strain and gross efficiency during endurance exercise after lower, upper, or whole body precooling in the heat. *Int J Sports Med.* 2006;27(5):379–88.
44. Jequier E, Gygax PH, Pittet P, Vannotti A. Increased thermal body insulation: relationship to the development of obesity. *J Appl Physiol.* 1974;36(6):674–8.
45. Castellani JW, Young AJ. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure. *Auton Neurosci [Internet].* 2016;196:63–74. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autneu.2016.02.009>
46. Hatfield H, Pugh L. Thermal Conductivity of Human Fat and Muscle. *Nature (Lond).* 1951;168:918–9.
47. Hardy J, Soderstrom G. Heat loss and peripheral blood flow. *J Nutr.* 1938;16:493–510.
48. Breuer H. The thermal conductivity of muscle and fat. *Pflüg Arch ges Physiol.* 1924;204:442–7.
49. Lipkin M, Hardy J. Measurement of some thermal properties of human tissues. *J Appl Physiol.* 1954;7:212–7.
50. Lefreve J. Studies of the thermal conductivity of skin in-vivo and the variations induced by changes in the surrounding temperature. *Journal de Physique Théorique et Appliquée.* 1901;10(1):380–8.
51. Cramer MN, Jay O. Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress. *Auton Neurosci [Internet].* 2016;196:3–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autneu.2016.03.001>
52. Passmore R, Durnin JVGA. Human Energy Expenditure. *Physiol Rev.* 1955;35:801–40.
53. Shvartz E, Saar E, Benor D. Physique and heat tolerance in hot-dry and hot-humid environments. *J Appl Physiol.* 1973;34(6):799–803.
54. Marino FE, Mbambo Z, Kortekaas E, Wilson G, Lambert MI, Noakes TD, et al. Advantages of smaller body mass during distance running in warm , humid environments. *Pflugers Arch.* 2000;441:359–67.
55. Ravanelli N, Cramer M, Jay O. Comparing changes in core temperature between groups differing greatly in body morphology during exercise in an uncompensable environment. *Med Sci Sports Exercise.* 2015;47:496.

56. Waalen J, Buxbaum JN. Is older colder or colder older? The association of age with body temperature in 18,630 individuals. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2011;66(5):487–92.
57. Bastardot F, Marques-Vidal P, Vollenweider P. Association of body temperature with obesity. The CoLaus study. *Int J Obes [Internet]*. 2019;43(5):1026–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41366-018-0218-7>
58. Speakman JR. Obesity and thermoregulation [Internet]. 1st ed. Vol. 156, *Handbook of Clinical Neurology*. Elsevier B.V.; 2018. 431–443 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-444-63912-7.00026-6>
59. Dervis S, Coombs GB, Chaseling GK, Filingeri D, Smoljanic J, Jay O. A comparison of thermoregulatory responses to exercise between mass-matched groups with large differences in body fat. *J Appl Physiol*. 2016;120:615–23.
60. Frost HM. Obesity, and Bone Strength and “Mass”: A Tutorial Based on Insights From a New Paradigm. *Bone*. 1997;21(3):211–4.
61. Zhao LJ, Liu YJ, Liu PY, Hamilton J, Recker RR, Deng HW. Relationship of obesity with osteoporosis. *J Clin Endocrinol Metab*. 2007;92(5):1640–6.
62. Shapses SA, Sukumar D. Bone metabolism in obesity and weight loss. *Annu Rev Nutr*. 2012;32:287–309.
63. Dimitri P, Wales JK, Bishop N. Adipokines, bone-derived factors and bone turnover in obese children; evidence for altered fat-bone signalling resulting in reduced bone mass. *Bone*. 2011;48(2):189–96.
64. Shapses SA, Riedt CS. Bone, body weight, and weight reduction: what are the concerns? *J Nutr*. 2006;136(6):1–8.
65. Pistilli EE, Gordish-Dressman H, Seip RL, Devaney JM, Thompson PD, Price TB, et al. Genetics Resistin Polymorphisms Are Associated with Muscle, Bone, and Fat Phenotypes in White Men and Women. *Obesity (Silver Spring)*. 2007;15(2):392–402.
66. Peng XD, Xie H, Zhao Q, Wu XP, Sun ZQ, Liao EY. Relationships between serum adiponectin, leptin, resistin, visfatin levels and bone mineral density, and bone biochemical markers in Chinese men. *Clinica Chimica Acta*. 2008;387(1–2):31–5.
67. Ponrartana S, Aggabao PC, Hu HH, Aldrovandi GM, Wren TAL, Gilsanz V. Brown adipose tissue and its relationship to bone structure in pediatric patients. *J Clin Endocrinol Metab*. 2012;97(8):2693–8.

68. Bredella MA, Fazeli PK, Freedman LM, Calder G, Lee H, Rosen CJ, et al. Young women with cold-activated brown adipose tissue have higher bone mineral density and lower Pref-1 than women without brown adipose tissue: A study in women with anorexia nervosa, women recovered from anorexia nervosa, and normal-weight women. *J Clin Endocrinol Metab.* 2012;97(4):584-90.
69. Bredella MA, Gill CM, Rosen CJ, Klibanski A, Torriani M. Positive effects of brown adipose tissue on femoral bone structure. *Bone.* 2014;58:55–8.
70. Antonios TFT, Singer DRJ, Markandu ND, Mortimer PS, MacGregor GA. Structural Skin Capillary Rarefaction in Essential Hypertension. *Hypertension.* 1999;33(4):998–1001.
71. Shibasaki M, Inoue Y, Kondo N. Mechanisms of underdeveloped sweating responses in prepubertal boys. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1997;76(4):340–5.
72. Inoue Y, Kuwahara T, Araki T. Maturation- and aging-related changes in heat loss effector function. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci.* 2004;23(6):289–94.
73. Gomes LHLS, Carneiro-Júnior MA, Marins JCB. Thermoregulatory responses of children exercising in a hot environment. *Rev Paul Pediatr.* 2013;31(1):104–14.
74. Wagner JA, Horvath SM. Influences of age and gender on human thermoregulatory responses to cold exposures. *J Appl Physiol (1985)[Internet].* 1985;58(1):180–6. Available from: [www.physiology.org/journal/jappl](http://www.physiology.org/journal/jappl)
75. Marins JCB. Acción termorreguladora en el calor durante el reposo y ejercicio en personas mayores. *Scientia (Granada).* 1999;4(2):89–99.
76. Colin J, Houdas Y. Experimental determination of coefficient of heat exchanges by convection of human body. *J Appl Physiol* 1967;22(1):31–8.
77. Horton WB, Barrett EJ. Microvascular Dysfunction in Diabetes Mellitus and Cardiometabolic Disease. *Endocr Rev.* 2021;42(1):29–55.
78. Blatteis CM. Age-dependent changes in temperature regulation - A mini review. *Gerontology.* 2012;58(4):289–95.
79. Livingstone SD, Nolan RW, Frim J, Reed LD, Limmer RE. A thermographic study of the effect of body composition and ambient temperature on the accuracy of mean skin temperature calculations. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1987;56(1):120–5.
80. Chudecka M, Lubkowska A. Thermal imaging of body surface temperature distribution in women with anorexia nervosa. *Eur Eat Disord Rev.* 2016;24(1):57–61.

81. Siah CJR, Childs C. Thermographic mapping of the abdomen in healthy subjects and patients after enterostoma. *J Wound Care*. 2015;24(3):112–20.
82. Weigert M, Nitzsche N, Kunert F, Lösch C, Schulz H. The influence of body composition on exercise-associated skin temperature changes after resistance training. *J Therm Biol* [Internet]. 2018;75:112–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.05.009>
83. Wilson SB, Spence VA. Dynamic thermographic imaging method for quantifying dermal perfusion: potential and limitations. *Med Biol Eng Comput*. 1989;27(5):496–501.
84. Payne S, Macintosh A, Stock J. Body size and body composition effects on heat loss from the hands during severe cold exposure. *Am J Phys Anthropol*. 2018;166(2):313–22.

## Pies de las Figuras

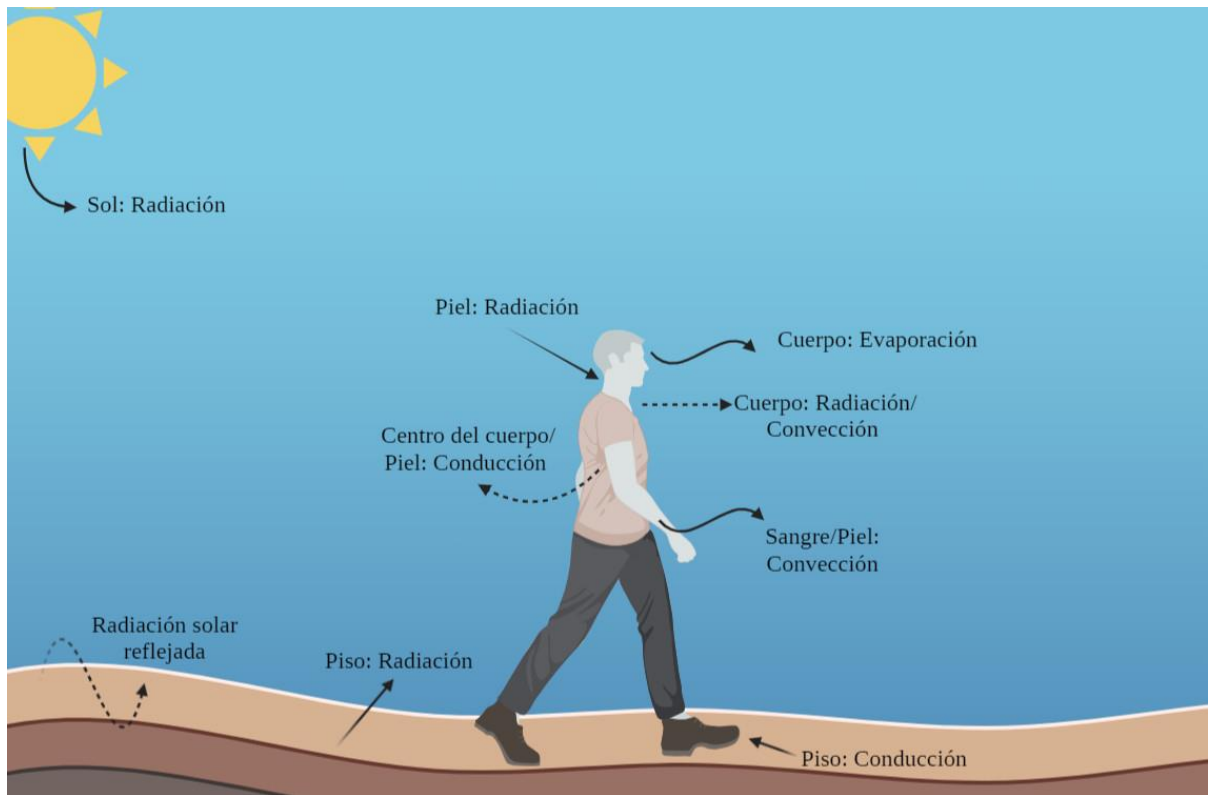


Figura 1: Mecanismos de intercambio de calor y su acción en el ser humano. *Fuente: Elaboración propia.*

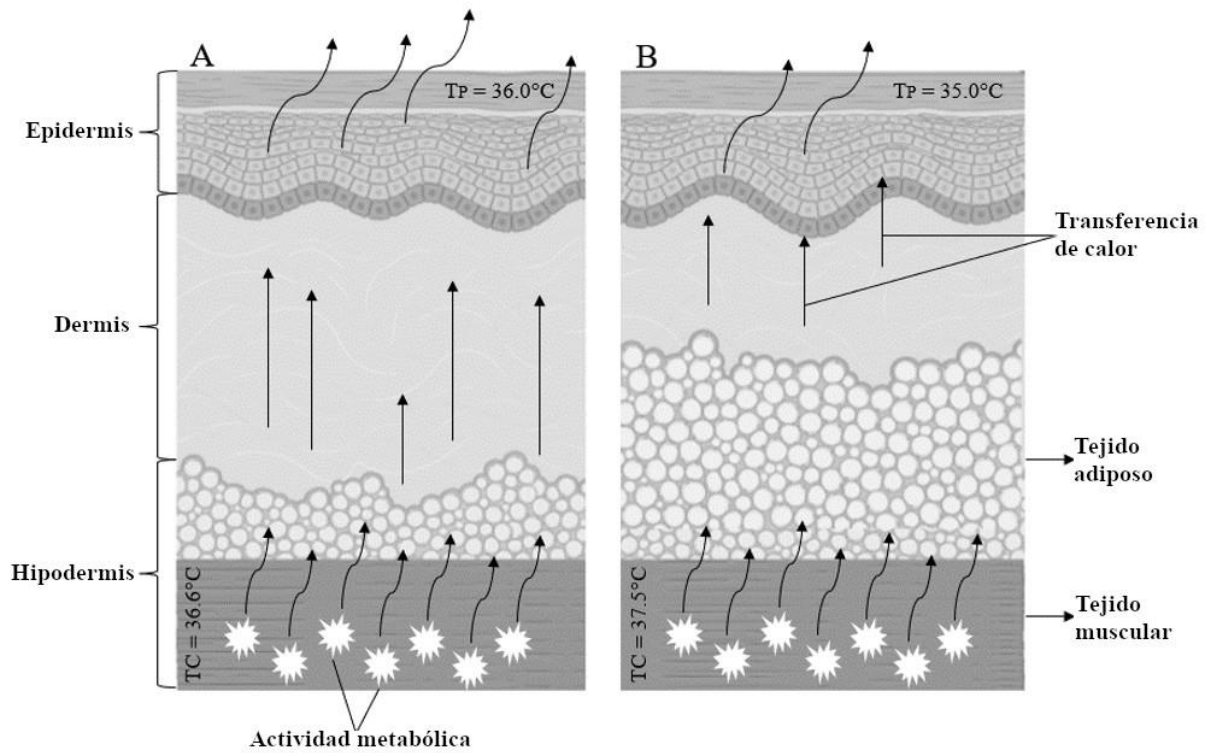


Figura 2: Representación del proceso de generación y transferencia de calor en un individuo con bajo (A) y alto porcentaje de grasa (B). Nota: TC = temperatura corporal. Fuente: *Elaboración propia*.

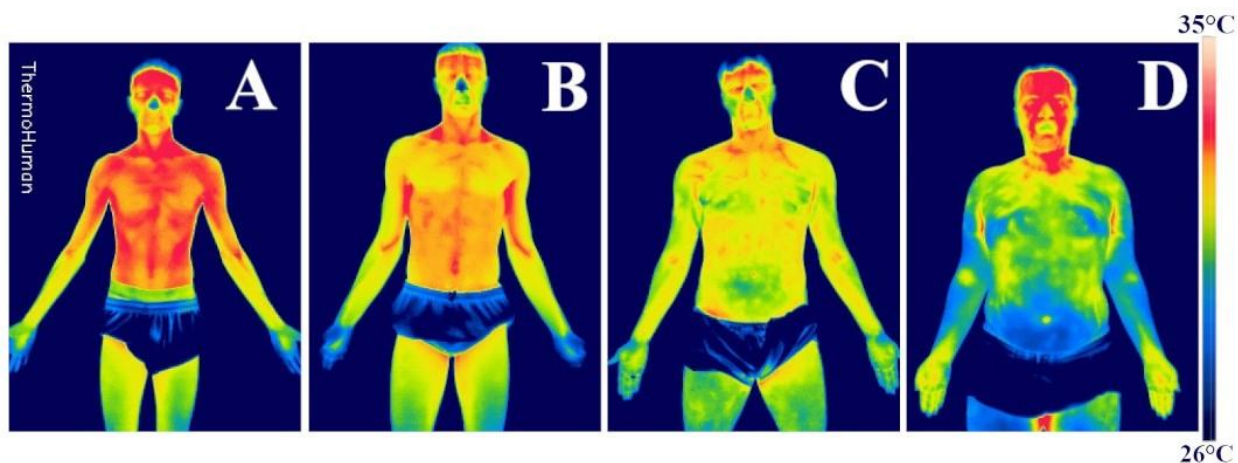


Figura 3: Efectos promovidos por diferentes rangos de IMC en Tsk. Nota: A - Peso bajo; B - Peso normal; C - Sobrepeso y; D - Obesidad. Fuente: Imágenes de la base de datos del Laboratorio de Rendimiento Humano - Universidad Federal de Viçosa - Brasil

## 5. ARTIGO 2: CAN BODY MASS INDEX INFLUENCE THE SKIN TEMPERATURE OF ADOLESCENTS? A PRELIMINARY STUDY WITH THE USE OF INFRARED THERMOGRAPHY<sup>2</sup>

**O índice de massa corporal pode influenciar a temperatura da pele de adolescentes? Um estudo preliminar com o uso da termografia infravermelha**  
**Body mass index and skin temperature of adolescents**

Hamilton Henrique Teixeira Reis<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0001-8755-0651>)  
 Ciro José Brito<sup>2</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-9678-1977>)  
 Alisson Gomes da Silva<sup>1,3</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-2086-3431>)  
 Manuel Sillero-Quintana<sup>4</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-9806-2925>)  
 Victória Esther Teixeira Reis<sup>5</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-9678-676X>)  
 Francisco Zacaron Werneck<sup>6</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-1966-8820>)  
 Ismael Fernández-Cuevas<sup>4</sup> (<http://orcid.org/0000-0001-5587-1039>)  
 Matheus Santos Cerqueira<sup>7</sup> (<http://orcid.org/0000-0001-6723-6083>)  
 João Carlos Bouzas Marins<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-0727-3450>)

1. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. Brasil.
2. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, MG. Brasil.
3. Escola Preparatória de Cadetes do Ar. Barbacena, MG. Brasil.
4. Universidad Politécnica de Madrid, Spain.
5. University of Nebraska-Lincoln, United States of America.
6. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, MG. Brasil.
7. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais. Rio Pomba, MG. Brasil

Received: June 27, 2022

Accepted: September 09, 2022

Reis HHT, Brito CJ, Silva AG, Sillero-Quintana M, Reis VET, Werneck FZ, Fernández-Cuevas I, Cerqueira MS, Marins JCB. Can body mass index influence the skin temperature of adolescents? A preliminary study with the use of infrared thermography. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2022, 24:e89769. DOI: <http://doi.org/10.1590/1980-0037.2022v24e89769>

### Corresponding author

Hamilton Henrique Teixeira Reis  
 Departamento de Educação Física - Avenida Peter Henry Rolfs - Campus  
 Universitário, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 36570-900.  
 E-mail: [hhteixeirareis@gmail.com](mailto:hhteixeirareis@gmail.com)

---

<sup>2</sup> Artigo aceito para publicação na Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, qualis B1 (2013-2016) para Educação Física.

**ABSTRACT** - Infrared thermography (IRT) has been used to assess skin temperature (Tsk), especially during the COVID-19 pandemic, as an important tool in medical screening not only of the general population, but also of young athletes. However, the subcutaneous adipose tissue can act as an insulator when the Tsk is assessed by IRT, modifying the normal Tsk data and leading to their misinterpretation. Considering that the body mass index (BMI) is an important predictor of obesity, the objective of this study was to verify if the Tsk measured by IRT is affected by the BMI in adolescents. A preliminary study was carried out being four participants intentionally selected, all 16 years old, each one classified in a different BMI range according to the criteria of the World Health Organization for the adolescent population: underweight, healthy weight, overweight and obesity. Four thermograms of each participant were recorded and the ThermoHuman® software was used to evaluate 82 regions of interest (ROI), which were integrated into 6 body regions. Using healthy weight subjects as a reference, it was found a progressive reduction in Tsk in all ROI compared to overweight and obese participants, with emphasis on the anterior region of the trunk (3.04% and 6.69 % less respectively), and an increase in the Tsk of all body regions for the underweight subject. There are indications that BMI can influence the Tsk value in adolescents and should be taken into account when analyzing thermograms for a correct evaluation of thermal normality.

**Keywords:** Adiposity; Adolescent; Body Composition; Body Temperature Regulation.

**RESUMO** - A termografia infravermelha (TI) tem sido uma técnica empregada para avaliar a temperatura da pele ( $T_P$ ), especialmente durante a pandemia do COVID-19. Contudo, existem indicações que o tecido adiposo subcutâneo pode agir como uma camada isolante, alterando o comportamento da  $T_P$ , o que pode dificultar a interpretação da normalidade térmica. Tendo em vista que o índice de massa corporal (IMC) é considerado um importante preditor de obesidade, o objetivo deste estudo foi verificar se a  $T_P$  sofre interferência de diferentes classificações de IMC em adolescentes. Foram selecionados 4 participantes de maneira intencional, todos com 16 anos, cada um foi classificado em uma diferente faixa de IMC para população de adolescentes segundo a classificação proposta pela Organização Mundial de Saúde para essa idade: baixo peso, peso normal, sobrepeso e obesidade. Foram feitos quatro termogramas, avaliados no software ThermoHuman®, que avalia 82 regiões corporais de interesse (RCI), que foram integradas em 6 regiões corporais. Utilizando os indivíduos com peso normal como referência, foi encontrada uma redução progressiva na  $T_P$  comparada aos participantes com sobrepeso e obesidade, com ênfase para a região anterior de tronco (3.04% e 6.69% menores, respectivamente), e um aumento na  $T_P$  de todas as regiões corporais comparadas ao sujeito com baixo peso. Isso indica que o IMC pode influenciar nos valores da  $T_P$  em adolescentes e deve ser levado em consideração para uma avaliação correta da normalidade térmica.

**Palavras-Chave:** Adiposidade; Adolescente; Composição Corporal; Regulação da Temperatura Corporal.

## INTRODUCTION

Infrared thermography (IRT) is a portable, radiation-free, non-invasive method capable of measuring and portraying organic conditions by checking the skin temperature (Tsk) in real time<sup>1</sup>, which has been commonly used for tracking the condition of hyperthermia during the COVID-19 epidemic<sup>2</sup>. In recent years, the usage of IRT has shown interesting results in different areas of knowledge, especially in the medical field, acting as an auxiliary tool in the diagnosis of diseases such as skin cancer, diabetic neuropathy, vascular disorders and muscle injuries<sup>1,3,4</sup>. However, it is important to know how internal and external factors influence the Tsk registry. The review by Fernandez-Cuevas et al.<sup>5</sup> reported different factors that must be considered to avoid a misdiagnosis of a hyper- or hypo-irradiating area, such as body fat, which can act as a possible influencing agent.

It is important to highlight that, due to its thermal insulating effect<sup>6</sup>, the adipose tissue thickness has a potential effect interfering in Tsk, which can be considered as a confounding factor in the interpretation of the human thermal pattern. Knowing the influence of adipose tissue on the Tsk, it is especially important to establish whether a subject is in a state of thermal normality, an essential element assessing hyperthermia, especially in temperature control points at airports and shopping centers as a preventive method against COVID-19.

Marins et al.<sup>7</sup> found that women considered healthy have lower Tsk in most of their analyzed bodies regions when compared to men considered healthy. Although this study did not measure the percentage of fat, the authors speculated that the higher body fat levels of women could contribute to generate a different thermal profile between genders. The number of studies relating Tsk measurement by IRT and fat percentage and other anthropometric parameters are reduced<sup>8-11</sup>, and all of those assess only adults, without verifying the influence of these parameters on Tsk in different age groups. It should be noted that only two of these studies<sup>10,11</sup> used body mass index (BMI) as an evaluation criteria among an adult female population, and only those with healthy BMI values (18.5–24.99 kg/m<sup>2</sup>) were compared individuals with obesity (>30 kg/m<sup>2</sup>) and underweight BMI levels (< 17 kg/m<sup>2</sup>). Studies relating several BMI ranges to Tsk response among adolescent populations were not found, thus indicating that this study is a pioneer, onsetting an interesting possibility for practical application of interpretation of thermographic images within this group.

Considering the clinical possibilities and uses of thermographic images, implementing an exploratory study would be interesting to evaluate possible effects of nutritional status on Tsk, based on BMI, which is an excellent, easy to measure, and universally adopted clinical indicator of the under- and overweight conditions<sup>12</sup>. Thus, this study aims to verify if Tsk is influenced by different BMI classifications in adolescents. We hypothesize that BMI will influence the Tsk response, which may affect the interpretation of a normal thermal state, especially important against COVID-19.

## **METHODS**

### ***Participants***

Four participants were intentionally selected, all male, aged 16 years, each one as a clear representative of the four BMI classification ranges according to the criteria established by the World Health Organization<sup>12</sup>: underweight (weight 60.00kg, height 1.89m, BMI 16.80kg/m<sup>2</sup>), healthy weight (weight 65.50kg, height 1.75m, BMI 21.40kg/m<sup>2</sup>), overweight (weight 82.50kg, height 1.79m, BMI 25.60kg/m<sup>2</sup>) and obesity (weight 83.55kg, height 1.64m, BMI 31.10kg/m<sup>2</sup>).

The following exclusion criteria considered were: smoking, musculoskeletal injuries in the last two months, skin burns (in the analyzed body regions), pain symptoms in the evaluated areas, skin allergies, sleep disorders, fever in the last seven days, medical or physical therapy with creams, ointments or lotions, as well as the use of antipyretics and/or diuretics, any nutritional supplement that could change water body homeostasis or body temperature in the last two weeks, and eating disorders (bulimia and anorexia)<sup>5</sup>.

This study was conducted according to the guidelines defined in the Declaration of Helsinki and approved by local Institutional Review Board for Human Subject Protection (n° 40934275729). Written informed consent was obtained from all the participants partners prior to taking part in the study.

### ***Procedures***

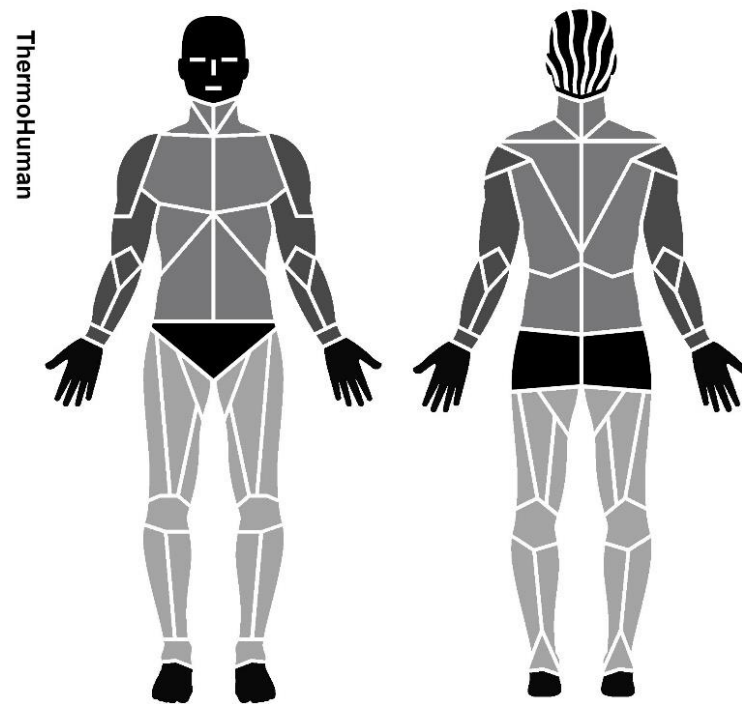
After that, four thermograms were taken of each participant front and rear upper and lower limbs were obtained through a T420 imager (FLIR<sup>®</sup>, Stockholm, Sweden) with 2% accuracy, at 7.5-13  $\mu\text{m}$  infrared spectral band, 60 Hz refresh rate, autofocus, and 320 x 240 pixels. The precision for detecting temperature change was  $\leq 0.05$   $^{\circ}\text{C}$ . The camera was turned on 30 min before the measurements to allow sensor stabilization; it was set up on a tripod at 2.4 meters from the volunteer, perpendicular to the regions of interest (ROIs). The emissivity of the camera was set at 0.98 as the recommended value for human skin. The thermograms were obtained in a room with controlled temperature ( $21.3 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ ) and humidity ( $55.3 \pm 2.2\%$ ), following all the procedures recommended by Fernández-Cuevas et al.<sup>5</sup>. Thermograms were analyzed using ThermoHuman<sup>®</sup> software (PEMA THERMO GROUP S.L., Spain).

In order to reduce limiting factors that may influence the values obtained by IRT, each participant was always measured at the same time of the day, avoiding any changes regarding the circadian rhythm, which may affect the skin blood flow and, consequently, the recorded Tsk<sup>13</sup>.

ThermoHuman<sup>®</sup> software provides the mean Tsk, standard deviations and number of pixels, which was automatically quantified for the 48 ROIs of the upper body and the 36 ROIs of the lower limbs (Figure 1).

Considering the mean Tsk and the number of pixels of each ROI, the integrated Tsk of the arms (14 ROIs in the frontal and 14 ROIs in the rear views, in dark gray), trunk (10 ROIs in the frontal and 10 ROIs in the rear views, in gray) and legs (18 ROIs in the frontal and 18 ROIs in the rear views, in soft gray) were obtained.

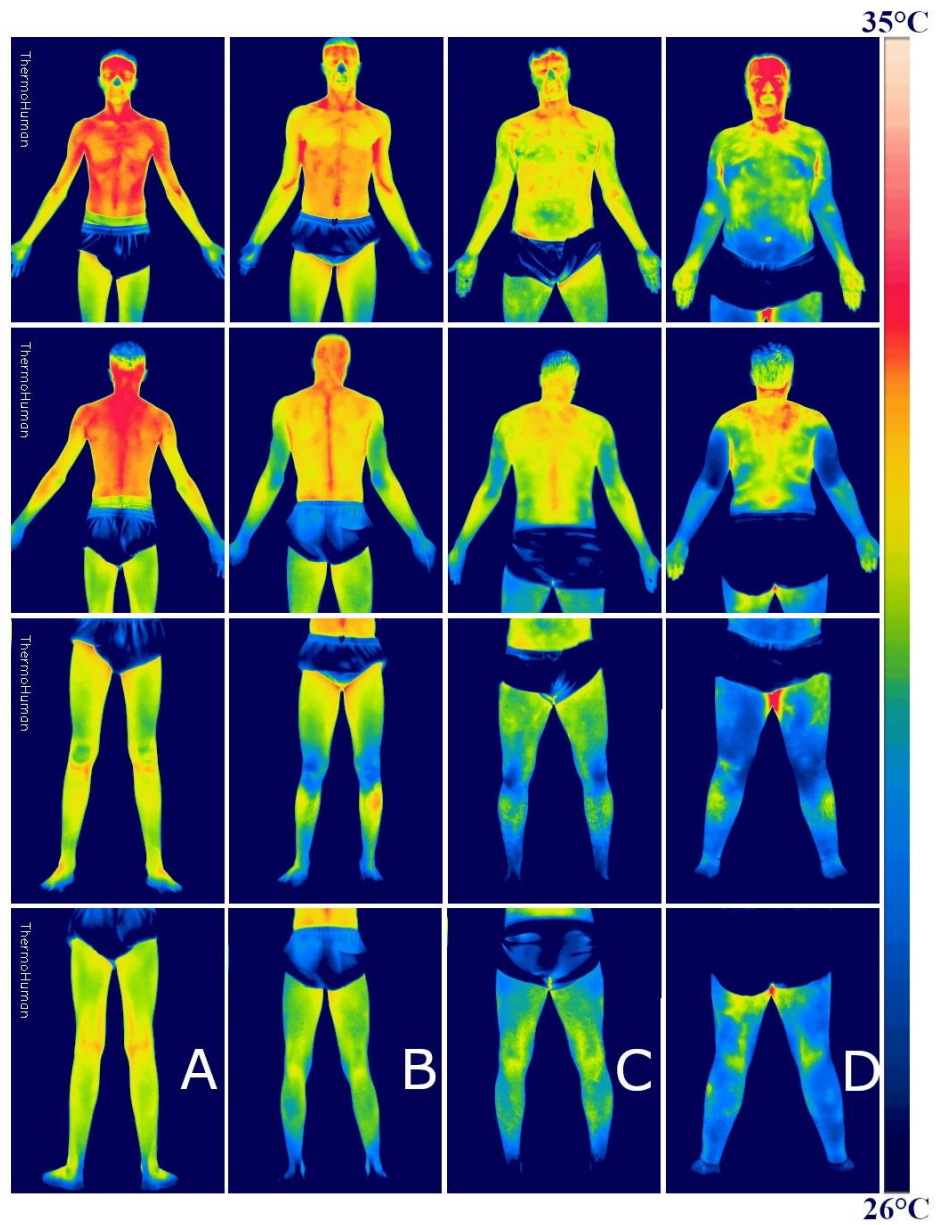
All the calculations were performed in SPSS<sup>®</sup> software (version 22.0).



**Figure 1.** ROIs analyzed using ThermoHuman®. *Note: arms: dark gray; trunk: gray and; legs: soft gray.*

## RESULTS

Figure 2 presents a qualitative demonstration of the observed Tsk values in each of the individuals with a standardized thermal field (35°C to 26°C) in order to compare easily the thermal pattern of the subjects. The Tsk values observed in the anterior and posterior regions of the body, according to the classification by BMI, for all the considered integrated ROIs are presented in Table 1.



**Figure 2.** Thermograms of all four analyzed participants, upper and lower body, in front and rear views.

**Table 1.** Mean Tsk values for the considered integrated ROIs.

Integrated ROI	Tsk <sub>Mean</sub> ( $\pm$ SD) °C			
	Underweight (A)	Healthy weight (B)	Overweight (C)	Obesity (D)
<b>Frontal view</b>				
Arms	33.14 $\pm$ 0.55	31.35 $\pm$ 0.63	30.77 $\pm$ 0.54	30.45 $\pm$ 0.75
Trunk	34.20 $\pm$ 0.39	32.90 $\pm$ 0.43	31.90 $\pm$ 0.56	30.70 $\pm$ 0.81
Legs	33.00 $\pm$ 0.82	31.28 $\pm$ 0.82	30.84 $\pm$ 0.74	30.71 $\pm$ 0.95
<b>Rearview</b>				
Arms	32.51 $\pm$ 0.62	30.35 $\pm$ 0.73	29.81 $\pm$ 0.65	28.98 $\pm$ 0.75
Trunk	30.41 $\pm$ 0.28	29.39 $\pm$ 0.33	28.74 $\pm$ 0.56	28.05 $\pm$ 0.77
Legs	31.60 $\pm$ 0.61	30.60 $\pm$ 0.74	29.20 $\pm$ 0.71	29.10 $\pm$ 0.69

Note: Tsk - Skin temperature; SD – Standard deviation; ROI - Regions of interest.

Table 2 presents the absolute differences in °C and in percentage when comparing a healthy weight subject to the other classification ranges for all considered integrated ROIs.

**Table 2.** Absolute mean Tsk differences in °C and its percentage for the considered integrated ROIs, comparing healthy weighted subjects to the other classification groups.

ROI	$\Delta$ °C (% of the total value of the healthy weighted)		
	Underweight	Overweight	Obesity
<b>Frontal view</b>			
Arms	1.79 (+5.71%)	-0.58 (-1.85%)	-0.90 (-2.87%)
Trunk	1.30 (+3.95%)	-1.00 (-3.04%)	-2.20 (-6.69%)
Legs	1.72 (+5.50%)	-0.44 (-1.41%)	-0.57 (-1.82%)
<b>Rear view</b>			
Arms	2.16 (+7.12%)	-0.54 (-1.78%)	-1.37 (-4.51%)
Trunk	1.02 (+3.47%)	-0.65 (-2.21%)	-1.34 (-4.56%)
Legs	1.00 (+3.27%)	-1.40 (-4.58%)	-1.50 (-4.90%)

Note: ROI - Regions of interest.

In all six analyzed ROIs, a decrease of Tsk was observed within the individuals with overweight and obesity in which the greatest difference obtained was (-2.20°C; -6.69%) in the anterior trunk of the subject with obesity and the smallest difference was (-0.58°C; -1.85%) in the anterior arms of the individual with overweight. On the other hand, subject with underweight exhibited increased Tsk values for all the considered ROIs, with the higher differences in the frontal and rear arms (1.79°C and 2.16°C, respectively), which represents increments of +5.71% and 7.12%.

## DISCUSSION

The aim of this study was to verify if Tsk is interfered with by different BMI classifications in adolescents. The preliminary results obtained in this study clearly point out that the existing BMI patterns (underweight, healthy weight, overweight and obesity) could be related to the Tsk, tending towards a progressive reduction when the BMI increases, and increasing dramatically in case of low BMI. This indicates that thermal normality studies should consider the BMI range as an influence factor, as this anthropometric indicator has an important relationship with the body fat. This analysis becomes especially relevant when considering IRT to be the technique used as a reference standard to characterize one of the possible conditions of COVID-19 diagnosis, for example.

It is noteworthy that this study was conducted based on the hypothesis suggested by Marins et al.<sup>7</sup>, who observed lower Tsk in women, a characteristic also observed by Chudecka and Lubkowska<sup>10</sup>, associating this reduction with a greater amount of body fat. The preliminary results obtained in the present study reinforce the findings of Neves et al.<sup>8</sup>, in which they observed that the highest %BF value (assessed through DXA) is related to the reduction of Tsk in the trunk of men and women aged 18 to 28 years. Similar results were also found by Chudecka et al.<sup>10</sup>, who found a reduction in Tsk through different %BF ranges (measured by bioimpedance) in a sample of women with obesity, especially in the abdominal region. However, despite the hypotheses suggestion<sup>7,14</sup> and the results observed by other authors<sup>8,10</sup>, all studies were conducted with adults, with no specific studies being found with adolescents, which makes further exploration in this context necessary. It is also noteworthy that professionals who use IRT do not always have access to DXA or bioimpedance; however, BMI is an easily obtainable measure.

Chudecka et al.<sup>10</sup>, in their evaluation of women with obesity, used the comparison between BMI > 30kg/m<sup>2</sup> to healthy BMI (18.5–24.99 kg/m<sup>2</sup>) and found reductions in mean Tsk in the anterior and posterior regions of arms, trunk and lower limbs of women with obesity. In another comparison<sup>11</sup>, also with healthy BMI (18.5–24.99 kg/m<sup>2</sup>), they observed that women with anorexia (BMI <17kg/m<sup>2</sup>) had greater mean Tsk in the anterior and posterior regions of the trunk and thighs. Thus, our results integrate and confirm the results from those two different studies, and would reinforce

the relationship between mean Tsk and BMI not only in adult populations but also in youngsters.

It is interesting to underline that the higher differences on Tsk compared to the subject with healthy weight were obtained in the anterior trunk, both in the subject with overweight (-1.00°C, a 3.04% less) and in the one with obesity (-2.20°C; a 6.69% less). This area corresponds to the area with a higher concentration of body fat in males<sup>15,16</sup>. On the contrary, even when the subject with underweight exhibited increased Tsk values for all the considered ROIs, the higher increments in the frontal and rear arms with Tsk increments of +5.71% and 7.12%.

Our results indicate the need to be stricter when establishing the thermal profile in humans. Studies with this aim developed within adults by Marins et al.<sup>7</sup> with a Brazilian population, by Zaproudina et al.<sup>17</sup> with the Finns, by Zhu and Xin<sup>18</sup> with the Chinese, and by Kolosovas-Machuca and González<sup>19</sup> with Mexican children, do not consider the effects of BMI or body composition when establishing a thermal profile in different body regions. In this way, an inadequate reference can be generated to establish whether a subject is hyper or hypothermic.

Noteworthy that the data evaluated in this study only refer to differences in Tsk within BMI ranges. It is important to consider, after the results of this preliminary study, the analysis of a greater sample based on the BMI classification in order to establish thermal normality tables for each ROI, thus helping interpreting the thermograms and classifying the ROIs as hyper- or hypo-irradiating. According to our results, we consider that BMI should be included in the characterization of the sample in studies in which IRT is the measurement method.

## **CONCLUSIONS**

The results demonstrated a progressive reduction of Tsk for all the ROIs comparing the participant with healthy weight to the ones with overweight and obesity, and a strong increasement of Tsk for the one with underweight. This finding suggests that BMI can influence the value of Tsk in adolescents and should be taken into consideration when analyzing thermograms, including BMI data in the characterization of the sample.

## **Acknowledgements**

The authors appreciate the volunteers who participated in the research, the Universidade Federal de Viçosa for providing all the material necessary to carry out the collections, CAPES for providing a teaching grant to the corresponding author and the developers of the ThermoHuman® software for making the system available for evaluation of images.

### **Compliance with ethical standards**

#### **Funding**

This study did not receive any type of external financial support and was funded by the authors themselves.

#### **Ethical aspects**

Ethical approval was obtained from the Human Research Ethics Committee of the Universidade Federal de Viçosa, under nº 40934275729, and the protocol was written in accordance with the standards established by the Declaration of Helsinki.

#### **Conflict of interests**

The authors have no conflict of interest to declare.

#### **Authors' contribution**

Conception and design of the experiment: HHTR, CJB, AGS and JCBM. Experiments: HHTR, AGS and MSC. Data analysis: HHTR, AGS, FZW. Article writing: HHTR, CJB, AGS, MSQ, VETR, FZW, IFC, MSC and JCBM. All authors read and approved the final version of the manuscript.

## REFERENCES

1. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2012;55(4):221–35. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2012.03.007>
2. Perpetuini D, Filippini C, Cardone D, Merla A. An overview of thermal infrared imaging-based screenings during pandemic emergencies. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(6):1–12.
3. Shimatani A, Hoshi M, Oebisu N, Iwai T, Takada N, Nakamura H. Clinical significance of thermal detection of soft-tissue tumors. *Int J Clin Oncol* [Internet]. 2020;25(7):1418–24. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10147-020-01658-1>
4. dos Santos JC, Moreira TMM. Risk factors and complications in patients with hypertension/diabetes in a regional health district of northeast Brazil. *Rev Esc Enferm USP*. 2012;46(5):1125–32.
5. Fernández-Cuevas I, Bouzas Marins JC, Arnáiz Lastras J, Gómez Carmona PM, Piñonosa Cano S, García-Concepción MÁ, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Phys Technol*. 2015;71:28–55.
6. Castellani JW, Young AJ. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure. *Auton Neurosci*. 2016;196:63–74.
7. Marins JCB, Fernandes AA, Cano SP, Moreira DG, da Silva FS, Costa CMA, et al. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). *J Therm Biol* [Internet]. 2014;42(1):1–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.02.020>
8. Neves EB, Salamunes ACC, de Oliveira RM, Stadnik AMW. Effect of body fat and gender on body temperature distribution. *J Therm Biol* [Internet]. 2017;70:1–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.10.017>
9. Salamunes ACC, Stadnik AM, Neves EB. The effect of body fat percentage and body fat distribution on skin surface temperature with infrared thermography. *J Therm Biol* [Internet]. 2017;66(November 2016):1–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.03.006>

10. Chudecka M, Lubkowska A, Kempieńska-Podhorodecka A. Body surface temperature distribution in relation to body composition in obese women. *J Therm Biol*. 2014;43(1):1–6.
11. Chudecka M, Lubkowska A. Thermal imaging of body surface temperature distribution in women with anorexia nervosa. *Eur Eat Disord Rev*. 2016;24(1):57–61.
12. De Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ*. 2007;85(9):660–7.
13. Marins JCB, Formenti D, Costa CMA, De Andrade Fernandes A, Sillero-Quintana M. Circadian and gender differences in skin temperature in militaries by thermography. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2015;71:322–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2015.05.008>
14. Costa CMA, Sillero-Quintana M, Piñonosa Cano S, Moreira DG, Brito CJ, Fernandes AA, et al. Daily oscillations of skin temperature in military personnel using thermography. *J R Army Med Corps*. 2016;162(5):335–42.
15. Marins JCB, Fernandes AA, Cano SP, Moreira DG, da Silva FS, Costa CMA, et al. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). *J Therm Biol* [Internet]. 2014;42(1):1–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.02.020>
16. Lemieux S, Prud'homme D, Bouchard C, Tremblay A, Despres JP. Sex differences in the relation of visceral adipose tissue accumulation to total body fatness. *Am J Clin Nutr*. 1993;58(4):463–7.
17. Zaproudina N, Varmavuo V, Airaksinen O, Närhi M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. *Physiol Meas*. 2008;29(4):515–24.
18. Zhu WP, Xin XR. Study on the distribution pattern of skin temperature in normal Chinese and detection of the depth of early burn wound by infrared thermography. *Ann N Y Acad Sci*. 1999;888:300–13.
19. Kolosovas-Machuca ES, González FJ. Distribution of skin temperature in Mexican children. *Skin Res Technol*. 2011;17(3):326–31.

## 6. ARTIGO 3: CAN THE BODY MASS INDEX INFLUENCE THE SKIN TEMPERATURE OF ADOLESCENTS ASSESSED BY INFRARED THERMOGRAPHY?

Hamilton Henrique Teixeira Reis<sup>a</sup>, Ciro José Brito<sup>b</sup>, Manuel Sillero-Quintana<sup>c</sup>, Alisson Gomes da Silva<sup>a,d</sup>, Ismael Fernández-Cuevas<sup>c</sup>, Matheus Santos Cerqueira<sup>e</sup>, Francisco Zacaron Werneck<sup>f</sup>, João Carlos Bouzas Marins<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Department of Physical Education, Federal University of Viçosa, Viçosa, Brazil.

<sup>b</sup> Departament of Physical Education, Federal University of Juiz de Fora, Campus Governador Valadares, Brazil

<sup>c</sup> Sports Department Faculty of Physical Activity and Sports Sciences, Technical University of Madrid, Madrid, Spain.

<sup>d</sup> Department of Physical Education, Escola Preparatória de Cadetes do Ar, Brazil

<sup>e</sup> Academic Department of Education, Federal Institute for Education, Sciences, and Technology Southeast of Minas Gerais, Rio Pomba, Minas Gerais, Brazil

<sup>f</sup> Department of Physical Education, Federal University of Ouro Preto, Ouro Preto, Brazil.

\*Corresponding author: Hamilton H. Reis, Department of Physical Education - Peter Henry Rolfs Avenue - Campus Universitário, Viçosa, Minas Gerais, Brazil, 36570-900.  
E-mail: [hhteixeirareis@gmail.com](mailto:hhteixeirareis@gmail.com).

## ABSTRACT

Infrared thermography (IRT) is a technology that has been used as an auxiliary tool in the diagnostic process of several diseases and in sports monitoring to prevent injuries. However, the evaluation of a thermogram can be influenced by several factors that need to be understood and controlled to avoid a misinterpretation of the thermogram and, consequently, an inappropriate clinical action. Among the possible factors that can affect IRT are anthropometric factors, especially those related to body composition. Based on these, our objective was to verify the influence of Body Mass Index (BMI) on skin temperature (Tsk) in male adolescents. One hundred male adolescents (age:  $16.83 \pm 1.08$  years; body mass:  $66.51 \pm 13.35$  kg; height:  $1.75 \pm 0.04$  m and BMI:  $21.57 \pm 4.06$  kg/m<sup>2</sup>) were evaluated and divided into three groups, based on the World Health Organization (WHO) proposed classification ranges: underweight (n=33), normal weight (n=34) and overweight/obesity (n=34). Thermograms were obtained using the FLIR T420 thermal imager after a period of acclimatization of the subjects in a controlled environment (temperature:  $21.3 \pm 0.7^\circ\text{C}$  and humidity:  $55.3 \pm 2.2\%$ ); they were evaluated using the ThermoHuman® software, integrating the original regions of interest (ROI) into seven larger ROIs. The results showed that underweight individuals had higher Tsk values than normal weight and overweight/obese individuals for all evaluated ROIs, and overweight/obese individuals had lower Tsk values than normal weight individuals for most evaluated ROIs, except for arms region. BMI showed a correlation of -0.68 and -0.64 for the anterior and posterior regions of the trunk, respectively. Thermal normality tables were proposed for various ROIs according to BMI classification. Our study demonstrated that BMI can affect the Tsk values assessed by IRT and needs to be considered to interpret the thermograms.

**Keywords:** Temperature mapping; body composition; adiposity; teenagers.

## Introduction

Infrared thermography (IRT) is a radiation-free and non-invasive method capable of measuring the heat radiated from the body surface and portraying some organic conditions by checking the skin temperature (Tsk) in real time (Lahiri et al., 2012), being widely used as an auxiliary tool in the diagnosis of diseases such as cancer, diabetic neuropathy, vascular disorders, muscle injuries and COVID-19 (dos Santos Bunn et al., 2020; Lahiri et al., 2012; Perpetuini et al., 2021; Shimatani et al., 2020). However, the correct application of this technology depends on analyzing several internal and external factors that can influence the evaluation and interpretation of Tsk values, among them body fat and anthropometric indices, which can act as possible influencers (Fernández-Cuevas et al., 2015).

Some population-based studies were carried out using the thermography technique, such Knobel-Dail et al. (2017), who used thermography to measure Tsk in premature children, Marins et al. (2014) with Brazilians, Zaproudina et al. (2008) with Finns, Zhu and Xin (1999) with Chinesees, and Kolosovas-Machuca and González (2011) with Mexican children. However, these studies did not quantify the possible impacts promoted by body composition and other anthropometric variables, which can be decisive in assessing the thermal normality of certain body regions.

Body fat is a factor that must be considered due to its thermal insulating effect (Castellani and Young, 2016). Adipose tissue thickness influences the thermoregulation process (Moritz and Henriques Jr., 1947) promoting a potential effect that can directly interfere with Tsk, which can be considered a confounding factor in the interpretation of thermographic images. Knowing the influence of adipose tissue on the Tsk response is especially important to establish whether a subject is in a state of thermal normality, which is an extremely important factor, for example, in the evaluation of hyperthermia, especially in massive control of population at airports and shopping centers, in preventive control of COVID-19, and the evaluation of the thermal normality state on athletes from different sports.

The assessment of body composition based on Dual-Energy X-Ray absorptiometry (DXA) is considered a reference standard, which has been implemented in a few studies that analyzed Tsk by IRT (Neves et al., 2017; Salamunes et al., 2017). However, DXA equipment has a high cost, making its use difficult in daily clinical evaluation. Thus, the body mass index (BMI), despite not being an index proposed to assess body composition but nutritional status, appears as a valid option for referring to individual body composition values due to its strong relationship with them in the general population (de Onis et al., 2007). Few studies in the literature tried to verify the impact of different BMI classification ranges on Tsk values evaluated by IRT in the adult population (Chudecka et al. 2014 and Chudecka and Lubkowska, 2016). They aimed to compare the Tsk values of individuals considered obese ( $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ ) and underweight ( $BMI < 17 \text{ kg/m}^2$ ) with those considered as normal weighted ( $18.5\text{--}24.99 \text{ kg/m}^2$ ) in an adult female population.

Thus, as body composition is one of the factors that can influence the quantitative and qualitative analysis of different body regions of interest (ROI), it seems interesting to establish a standard of thermal normality for different groups by BMI. This study aims to verify the impact of different BMI classifications on the Tsk of male adolescents, to correlate the Tsk values with the BMI ranges, and to propose tables of Tsk normality ranges for each BMI group. This study can help different professionals to interpret more accurately the influence of BMI on the values of thermal normality. To the best of our knowledge, this is the first study carried out with this objective in the adolescent male population. We hypothesized that BMI is a variable that interferes with the thermographic measurement of this population.

## **Material and methods**

### ***Participants***

A group of 216 healthy male adolescents were evaluated. They are high school students recruited from public schools in a city in the interior of Brazil. First, the subjects were classified into three groups based on BMI, following the proposed by the World Health Organization (WHO) (de Onis et al., 2007): underweight ( $n=46$ ), normal weight

(n=137), and overweight or obese (n= 33). After that, 100 subjects were selected (16.83±1.08 years old, 66.51±13.35 kg of body weight, 1.75±7.04 m in height, and BMI of 21.57±4.06 kg/m<sup>2</sup>) for the final analysis. We defined this sample size to maintain the groups with a similar number of participants, as follows: overweight or obese (n= 33), underweight (n=33), and normal weight (n=34). The underweight and normal weight participants were randomly selected through the website <https://www.randomizer.org/>.

The following exclusion criteria were considered: smoking subjects, musculoskeletal injuries in the last two months, skin burns (in the analyzed body regions), pain symptoms in the evaluated areas, skin allergies, sleep disorders, fever in the last seven days, medical or physical therapy with creams, ointments or lotions, as well as the use of antipyretics and/or diuretics, any nutritional supplement that could change the water body homeostasis or body temperature in the last two weeks, or eating disorders (bulimia and anorexia) (Fernández-Cuevas et al., 2015).

This study was conducted according to the guidelines laid down in the Declaration of Helsinki and approved by the local Institutional Review Board for Human Subject Protection (n° 40934275729). The parents of all the participants signed a written informed consent before taking part in the study.

### ***Procedures***

Four thermograms were taken of each participant's anterior and posterior upper and lower body through a T420 imager (FLIR®, Stockholm, Sweden) with 2% accuracy, at 7.5-13 μm infrared spectral band, 60 Hz refresh rate, autofocus, and 320 x 240 pixels. The precision for detecting temperature change was ≤0.05 °C. The camera was turned on 30 min before the measurements to allow sensor stabilization; it was set up on a tripod at 2.4 meters from the volunteer, perpendicular to the ROI. The emissivity of the camera was set at 0.98 as the recommended value for human skin. The thermograms were obtained in a room with controlled temperature (21.3 ± 0.7°C) and humidity (55.3 ± 2.2%), following all the procedures recommended (Fernández-Cuevas et al., 2015; Moreira et al., 2017). No ventilation was directed to the participants in the room and an acclimation period longer than 10 minutes was

considered to enable Tsk stabilization (Marins et al., 2014). At that time, subjects wore swimming trunks, sandals, and a heart monitor, and they were asked to remain upright, not to do sudden movements, and not to rub with their hands any part of the body (Fernández-Cuevas et al., 2015). Thermograms were analyzed using ThermoHuman® software (PEMA THERMO GROUP S.L., Spain), which has been previously validated (Fernández-Cuevas et al., 2017; Requena-Bueno et al., 2020) and used in previous scientific works (González-Gross et al., 2021; Sillero-Quintana et al., 2022).

In order to reduce limiting factors that may influence the values obtained by IRT, each participant was always measured at the same time of the day, avoiding any changes regarding the circadian rhythm (Costa et al., 2015; Marins et al., 2015), which may affect the skin blood flow and, consequently, the recorded Tsk.

ThermoHuman® software provides automatically quantified values of mean Tsk, standard deviations and number of pixels for 48 upper-body ROIs and 36 lower-body ROIs. Considering the mean Tsk and the number of pixels of each ROI, the integrated Tsk of the arms (12 ROIs in the anterior and 12 ROIs in the posterior views, in dark gray), trunk (10 ROIs in the anterior and 10 ROIs in the posterior views, in gray) and legs (16 ROIs in the anterior and 16 ROIs in the posterior views, in soft gray) were obtained (Figure 1). The ROIs were integrated from the equation:  $Tsk_{INTEGRATED} = (Tsk_{ROI1} * npix_{ROI1} + Tsk_{ROI2} * npix_{ROI2} + \dots + Tsk_{ROI_n} * npix_{ROI_n}) / (npix_{ROI1} + npix_{ROI2} + \dots + npix_{ROI_n})$ , where “n” = number of ROIs to be integrated and “npix” = number of pixels in the ROI.

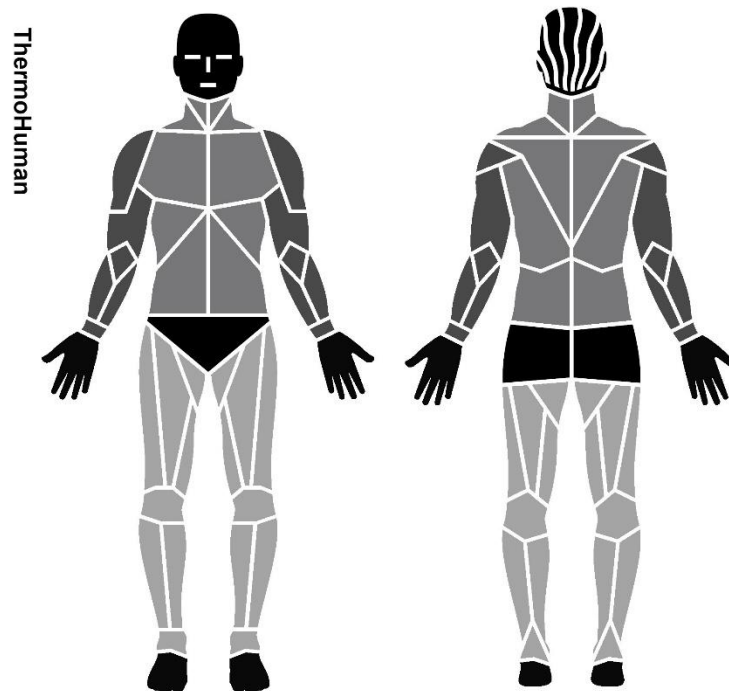


Figure 1: ROIs analyzed using ThermoHuman®, and integrated ROIs for the arms (*dark gray*), trunk (*gray*), and legs (*soft gray*).

After thermographic data collection, the subjects were weighed with an ID-M scale (Filizola®, São Paulo, Brazil) and height was measured with a standard wall stadiometer (Sanny®, São Bernardo do Campo, Brazil).

### ***Statistical Analysis***

Kolmogorov-Smirnov test confirmed the normality of the dependent data variables. Subsequently, descriptive statistics were performed using minimum and maximum values, average and standard deviation to characterize the whole or group evaluated and for each ROI analyzed on the anterior and posterior face, as indicated in Figure 1.

In order to verify whether different BMI classifications impact  $T_{sk}$ , the one-way ANOVA test was used with Bonferroni's post hoc test to identify the significant differences between BMI groups. Eta squared ( $\eta^2$ ) was used as a measure of effect size. Pearson's correlation coefficient was used to correlate these variables. In order to generate a normative table for the adolescents' thermal profile, percentiles were used as a reference to classify if an ROI was strongly hypo-radiant ( $P < 5$ ), hypo-radiant

( $P < 25$ ), in thermal normality state ( $P = 50$ ), hyper-radiant ( $P > 75$ ) or strongly hyper-radiant ( $P > 95$ ), respectively, according to the different BMI of the subjects

Statistical analyzes were performed by statistical software (SPSS, version 22.0), with a significance level of 5%.

## **Results**

Table 1 presents the Tsk values for the individuals assessed in the study (mean  $\pm$  standard deviation, minimum and maximum values).

*Table 1 about here.*

Table 2 shows the Tsk between the different BMI classification groups, where it is possible to verify that individuals with low weight presented higher Tsk in all ROIs compared to individuals with normal weight and overweight. This standard was maintained when comparing normal weight and overweight for all other ROIs, except for the anterior lower limbs region and posterior arms region.

*Table 2 about here.*

Figure 2 graphically presents the Tsk values observed in different ROIs and their standard deviations as a function of the considered BMI groups.

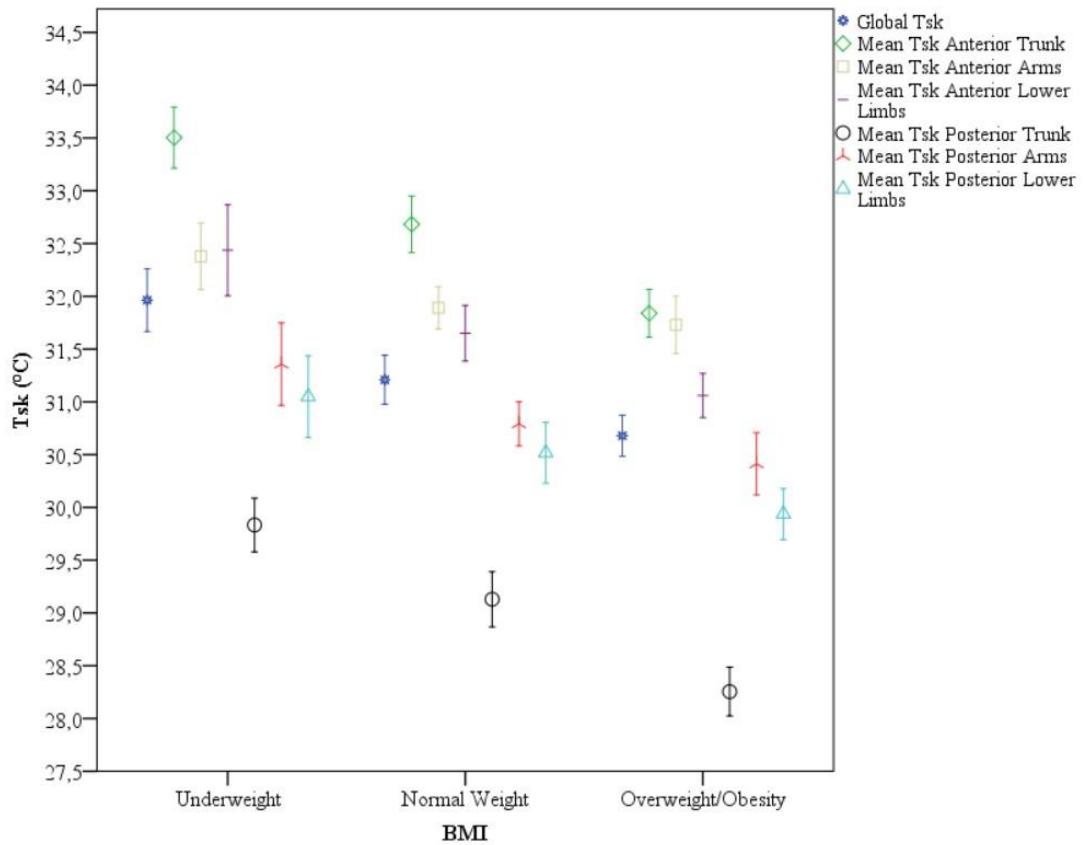


Figure 2: Tsk values observed in the considered ROIs according to the BMI groups: underweight (n=33), normal weight (n=34), and overweight/obesity (n=33).

Figure 3 presents the thermograms captured from four adolescents who participated in the study, enabling a qualitative analysis of the ROIs. All the thermograms are standardized on the same temperature scale, which is shown on the right side of the image composition.

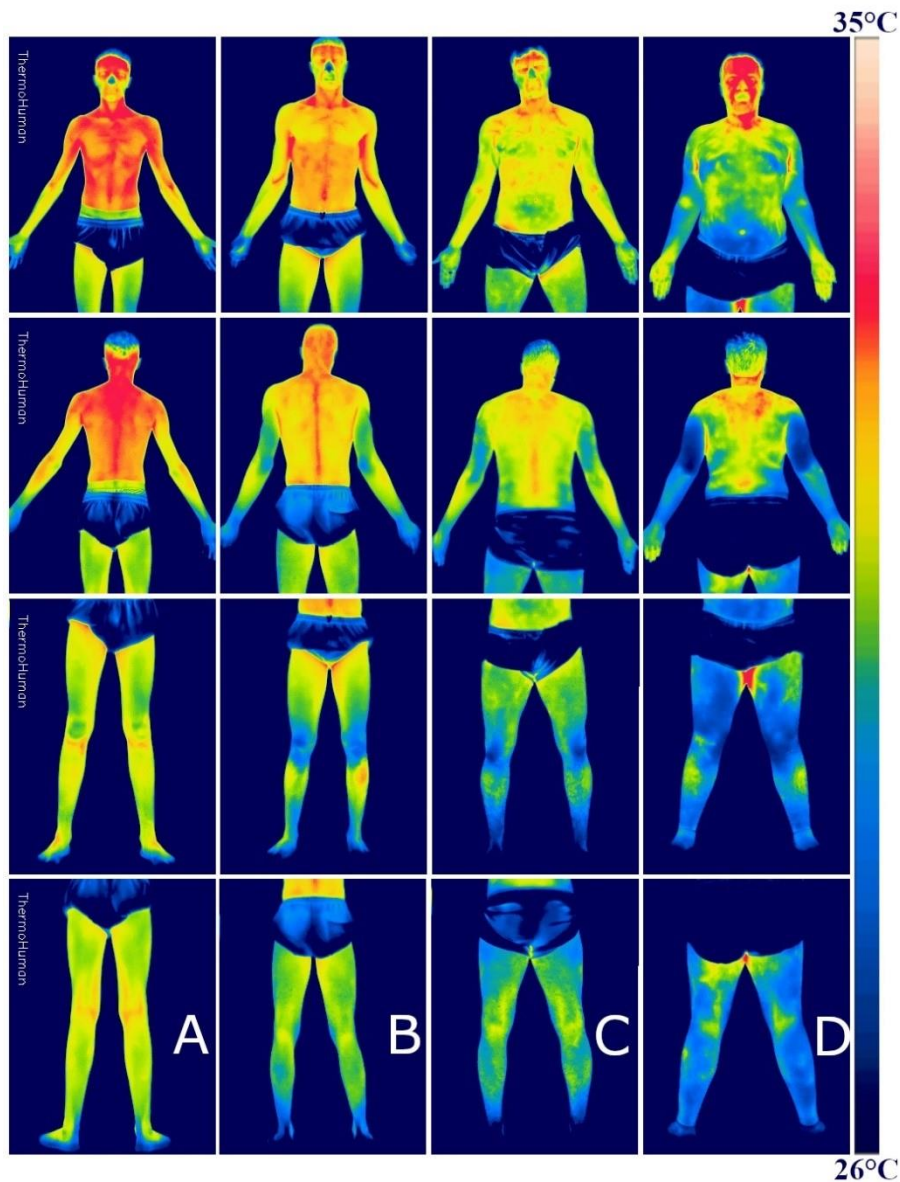


Figure 3: Thermograms of four representative participants of the study (n=100). Note: “A” = Underweighted (BMI: 16.8 kg/m<sup>2</sup>). “B” = Normal-weighted (BMI: 21.40 kg/m<sup>2</sup>), “C” = Overweighted (BMI: 25.6 kg/m<sup>2</sup>), and “D” = Obese (BMI: 31.1 kg/m<sup>2</sup>).

The BMI presented a negative correlation ( $p < 0.05$ ) with all the considered ROIs, as detailed in Table 3, with emphasis on the trunk anterior ( $r = -0.68$ ,  $p \leq 0.001$ ) and posterior ( $r = -0.64$ ,  $p \leq 0.001$ ) region, which presented higher correlation values, as illustrated in Figure 4.

*Table 3 about here.*

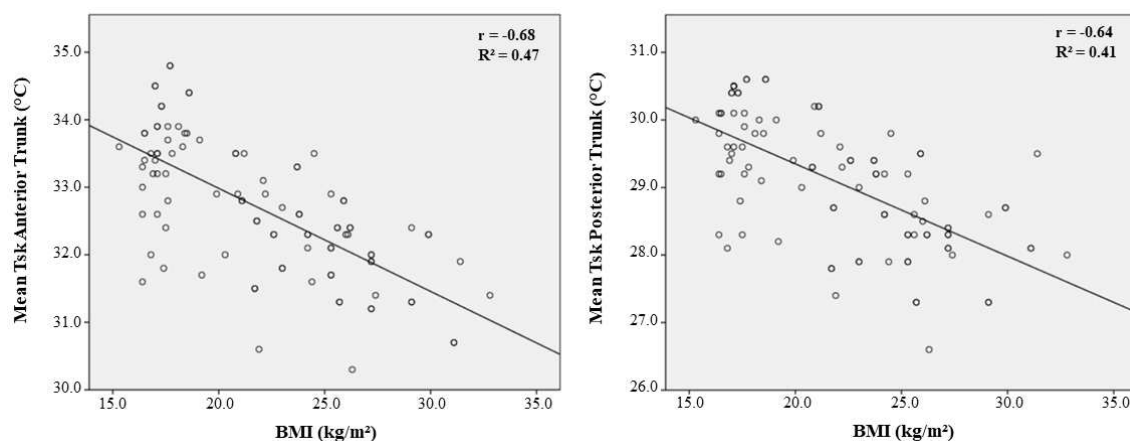


Figure 4: Correlation results between mean Tsk of the anterior and posterior regions of the trunk and the BMI of the participants (n=100).

Considering the Tsk values for the integrated ROIs in each BMI group, Table 4 presents suggestions of values to be observed that may indicate that an ROI is strongly hypo-irradiated ( $<P_5$ ) or strongly hyper-irradiated ( $>P_{95}$ ).

*Table 4 about here.*

## Discussion

The objective of the study was to verify that Tsk is influenced by the BMI classification groups established by WHO in male adolescents. The preliminary results obtained in this study suggest that the Tsk of overweight and obese individuals is lower than the Tsk of underweight and normal weight individuals. Additionally, the Tsk values are inversely related to the BMI. It is possible to affirm that this parameter should be considered in the studies of evaluation of the Tsk by IRT once the range of thermal normality varies according to the classification of the BMI of the evaluated. This standardization is important because it minimizes the interpretation error of the thermograms in accordance with the nutritional profile of each appraised.

This study was conducted based on the hypothesis suggested by Marins et al.(2014), who observed lower Tsk values in women, when compared to men, in certain body regions that were suggestive of a greater amount of body fat percentage (%BF). The influence of body fat on Tsk measured by IRT has been investigated by Chudecka et al.(2014) and Chudecka and Lubkowska(2016), using bioimpedance to assess body composition, and by Neves et al.(2017) and Salamunes et al.(2017), using DXA,

considered the gold standard for the analysis of body composition. All these studies observed an inverse pattern between Tsk and %BF values.

In the study by Neves et al.(2017), 47 men and 47 women aged between 18 and 28 years were evaluated, reporting that the highest %BF value is related to lower Tsk values in the trunk and upper and lower limbs regions. In another study, Salamunes et al.(2017) used the values estimated by DXA of 123 women to verify the Tsk and observed a positive correlation between %BF and body circumferences, being both inversely correlated with Tsk.

From the observation of this pattern of Tsk behavior according to the %BF evaluated by DXA and the high level of correlation between %BF and BMI (de Onis et al., 2007), it becomes a viable option to consider the BMI as a key factor for the clinical interpretation of IRT. On this line, Chudecka et al.(2014), in their study conducted with obese women, compared women with a BMI  $> 30\text{kg/m}^2$  and normal BMI ( $18.5\text{--}24.99\text{ kg/m}^2$ ) and found reductions in mean Tsk in arms anterior and posterior regions, trunk and lower limbs for women with obesity.

Compared to Chudecka et al. (2014), our study also found different Tsk values between all the BMI groups, except for the posterior regions of the arms and anterior regions of the lower limbs between overweight and obese individuals. We highlight the significant Tsk reductions observed for the anterior trunk regions, with values of  $31.83\pm 0.63^\circ\text{C}$  in overweight/obese individuals and  $32.68\pm 0.76^\circ\text{C}$  in normal-weight individuals, and for the posterior trunk, which presented values of  $29.12\pm 0.75^\circ\text{C}$  in overweight/obese adolescents and  $28.25\pm 0.65^\circ\text{C}$  in those with BMI considered normal.

In another comparison, also with normal BMI ( $18.5\text{--}24.99\text{ kg/m}^2$ ), Chudecka and Lubkowska (2016) observed that women with anorexia (BMI  $< 17\text{ kg/m}^2$ ) had higher mean Tsk in the anterior and posterior regions of the trunk and thighs. These results, similar to those observed in our study with male adolescents, could strengthen the idea that the relationship between mean Tsk and BMI is present in different classification ranges. It is worth noting that, in our study, underweight individuals presented values of  $33.50\pm 0.81^\circ\text{C}$  for the anterior region (effect size 0.46) and  $29.83\pm 0.71^\circ\text{C}$  for the posterior region (effect size 0.46) of the trunk, higher than those observed in normal weight individuals.

Correlation analysis allows determining which ROIs have a higher relationship with BMI values, demonstrating how much this variable impacts Tsk values. The results of this study show that the anterior ( $r = -0.68$ ) and posterior ( $r = -0.64$ ) regions of the trunk are more significantly and inversely correlated with BMI values, a pattern also observed in other studies (Chudecka et al., 2014; Chudecka and Lubkowska, 2016) and also by Neves et al. (2017), who found that the Tsk is lower in regions where the %BF is higher. A possible explanation for this observation is the pattern of android obesity, a characteristic prevalent in men, which can cause fat to accumulate more intensely in the trunk region (Rask-Andersen et al., 2019), especially in the abdominal portion, which can explain the greater degree of correlation in the anterior region of the trunk.

The progressive reduction in Tsk values for all ROIs in most of the considered BMI classification ranges (except for the anterior and posterior regions of the arms between normal weight and overweight, where no significant difference was found), as well as the observed correlation between these variables, shows that the characterization of thermal normality needs to take into account the individual factors of the evaluated, especially their anthropometric characteristics. Therefore, Tsk values observed in people with normal weight, according to the BMI classification, cannot be considered to assess those who are underweight or overweight. Thus, data on thermal population patterns presented in several studies (Knobel-Dail et al., 2017; Kolosovas-Machuca and González, 2011; J. C. B. Marins et al., 2014; Zaproudina et al., 2008; Zhu and Xin, 1999) should be considered with caution, as they do not consider BMI in the sample group evaluated.

Considering the results obtained in the present study on the impact of BMI on Tsk, it has been elaborated a thermal normality table by BMI classification ranges (Table 4), which proposes thermal normality points ( $P_{50}$ ), cut-off points of  $P_{25}$  and  $P_{75}$  to classify the regions as areas of attention for a state of hypo- or hyper-irradiation, and  $P_5$  and  $P_{95}$  as values that characterize that a region is strongly hypo- or hyper-irradiated, requiring a clinical intervention to solve that situation.

Considering a survey carried out on July 21, 2022, in the Medline/PubMed and Science Direct databases, with the MeSH descriptors “thermography” and “adolescents”, this is the first study that evaluated the impact of BMI on Tsk values in

healthy adolescents and their correlation levels. This study proposes a table of thermal normality and presents a different analysis methodology from other studies in the area, with other age groups (i.e. young people) and the methodology used to select the ROIs. While the previous studies used manual markings, which, even looking for the highest degree of precision and anatomical references, can lead to a subjective ROI selection process, this study used software with automatic selection, already used in other studies for thermographic evaluation (Gómez-Carmona et al., 2020; Valenzuela et al., 2019; Vieira et al., 2020), capable of reducing individual error and promoting greater reliability, thus increasing the quality of the interpretation of the data obtained.

The results observed in the study can promote a significant contribution to the process of thermal assessment with the use of IRT, providing a new understanding of previous studies that sought to trace the population Tsk profile (Knobel-Dail et al., 2017; Kolosovas-Machuca and González, 2011; J. C. B. Marins et al., 2014; Zaproudina et al., 2008; Zhu and Xin, 1999).

Understanding the factors that can influence the Tsk values obtained by the IRT technique is crucial to evaluate and interpreting thermograms, which can be used as auxiliary tools in the diagnosis of various changes in the normality pattern of the individual. Regarding the present study, the results make it clear that adolescents with different BMI classification ranges cannot be evaluated based on a single standard model as this will lead to a misinterpretation of the thermal image and a consequent inappropriate professional intervention.

## **Limitations**

The study also has limitations, mainly related to the BMI itself and its relationship with body composition. Individuals with high amounts of muscle mass can be classified as overweight or obese, even with a low amount of %BF; this high amount of muscle mass can cause an increase in Tsk rather than a reduction and, consequently, alter the image interpretation. It should be noted that, in the present study, none of the individuals classified as overweight/obese performed strength training, so their muscle mass level was not so high.

Another factor, mainly related to the adolescent population, is maturational age, which can also influence some factors related to Tsk. Although the classification proposed by WHO takes into account the stages of biological age and provides a precise analysis of this indicator, it is interesting to understand the effect of maturational age on this process.

Another point is the software used for automatically selecting the ROIs is not freeware, which limits the comparison of the results with other studies that selected ROIs manually.

It is also suggested to perform similar studies in different population groups, for example, in women with a higher %BF, which could have a greater impact on their Tsk values. Another group of interest could be the elderly, a population group with a high incidence of orthopedic, metabolic and thermoregulatory disorders, thus making it possible to improve the analysis and interpretation of thermal images. Another possibility is to evaluate the %BF with DXA to elaborate normative tables more precisely through this standard reference method.

## **Conclusion**

Body mass index influences Tsk evaluated by IRT. Low-weight male adolescents present higher Tsk values than normal-weight and overweight subjects. Also, the upper- and lower-body Tsk values are inversely related to BMI.

### **Acknowledgments**

The authors thank the participants, from Universidade Federal de Viçosa, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) and the developers of the ThermoHuman® software for all their assistance during the research.

### **Funding sources**

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

## REFERENCES

- Castellani, J.W., Young, A.J., 2016. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure. *Auton Neurosci* 196, 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.autneu.2016.02.009>
- Chudecka, M., Lubkowska, A., 2016. Thermal imaging of body surface temperature distribution in women with anorexia nervosa. *European Eating Disorders Review* 24, 57–61. <https://doi.org/10.1002/erv.2388>
- Chudecka, M., Lubkowska, A., Kempieńska-Podhorodecka, A., 2014. Body surface temperature distribution in relation to body composition in obese women. *J Therm Biol* 43, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.03.001>
- Costa, C.M.A., Sillero-Quintana, M., Piñonosa Cano, S., Moreira, D.G., Brito, C.J., Fernandes, A.A., Pussieldi, G.A., Marins, J.C.B., 2015. Daily oscillations of skin temperature in military personnel using thermography. *J R Army Med Corps* 162, 335–342. <https://doi.org/10.1136/jramc-2015-000462>
- de Onis, M., Onyango, A.W., Borghi, E., Siyam, A., Nishida, C., Siekmann, J., 2007. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ* 85, 660–667. <https://doi.org/10.2471/BLT.07.043497>
- dos Santos Bunn, P., Miranda, M.E.K., Rodrigues, A.I., de Souza Sodr e, R., Neves, E.B., Bezerra da Silva, E., 2020. Infrared thermography and musculoskeletal injuries: A systematic review with meta-analysis. *Infrared Phys Technol* 109, 103435. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2020.103435>
- Fernández-Cuevas, I., Bouzas Marins, J.C., Arnáiz Lastras, J., Gómez Carmona, P.M., Piñonosa Cano, S., García-Concepción, M. .A., Sillero-Quintana, M., 2015. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Phys Technol* 71, 28–55. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2015.02.007>
- Fernández-Cuevas, I., Marins, J.C., Lastras, J.A., Carmona, P.G., Quintana, M.S., 2017. Validity, Reliability, and Reproducibility of Skin Temperature in Healthy Subjects Using Infrared Thermography, in: Humbert, P., Fanian, F., Maibach, H., Agache, P. (Eds.), *Agache’s Measuring the Skin*. Springer, Cham, pp. 1311–1318. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26594-0\\_74-1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26594-0_74-1)
- Gómez-Carmona, P., Fernández-Cuevas, I., Sillero-Quintana, M., Arnaiz-Lastras, J., Navandar, A., 2020. Infrared thermography protocol on reducing the incidence of

soccer injuries. *J Sport Rehabil* 29, 1222–1227. <https://doi.org/10.1123/JSR.2019-0056>

González-Gross, M., Quesada-González, C., Rueda, J., Sillero-Quintana, M., Issaly, N., Díaz, A.E., Gesteiro, E., Escobar-Toledo, D., Torres-Peralta, R., Roller, M., Guadalupe-Grau, A., 2021. Analysis of effectiveness of a supplement combining *harpagophytum procumbens*, *zingiber officinale* and *bixa orellana* in healthy recreational runners with self-reported knee pain: A pilot, randomized, triple-blind, placebo-controlled trial. *Int J Environ Res Public Health* 18. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115538>

Knobel-Dail, R.B., Holditch-Davis, D., Sloane, R., Guenther, B.D., Katz, L.M., 2017. Body Temperature in Premature Infants During the First Week of Life: Exploration Using Infrared Thermal Imaging Robin. *J Therm Biol* 69, 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.06.005>.Body

Kolosovas-Machuca, E.S., González, F.J., 2011. Distribution of skin temperature in Mexican children. *Skin Research and Technology* 17, 326–331. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0846.2011.00501.x>

Lahiri, B.B., Bagavathiappan, S., Jayakumar, T., Philip, J., 2012. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Phys Technol* 55, 221–235. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2012.03.007>

Marins, J. C. B., Fernandes, A.A., Cano, S.P., Moreira, D.G., da Silva, F.S., Costa, C.M.A., Fernandez-Cuevas, I., Sillero-Quintana, M., 2014. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). *J Therm Biol* 42, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.02.020>

Marins, J.C.B., Formenti, D., Costa, C.M.A., de Andrade Fernandes, A., Sillero-Quintana, M., 2015. Circadian and gender differences in skin temperature in militaries by thermography. *Infrared Phys Technol* 71, 322–328. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2015.05.008>

Marins, J.C.B., Moreira, D.G., Cano, S.P., Sillero-Quintana, M., Soares, D.D., Fernandes, A.A., Silva, F.S., Costa, C.M.A., Amorim, P.R.S., 2014. Time required to stabilize thermographic images at rest. *Infrared Phys Technol* 65, 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2014.02.008>

Moreira, D.G., Costello, J.T., Brito, C.J., Adamczyk, J.G., Ammer, K., Bach, A.J.E., Costa, C.M.A., Eglin, C., Fernandes, A.A., Fernández-Cuevas, I., Ferreira, J.J.A., Formenti, D., Fournet, D., Havenith, G., Howell, K., Jung, A., Kenny, G.P., Kolosovas-Machuca, E.S., Maley, M.J., Merla, A., Pascoe, D.D., Priego Quesada, J.I., Schwartz, R.G., Seixas, A.R.D., Selfe, J., Vainer, B.G., Sillero-Quintana, M., 2017. Thermographic imaging in sports and exercise medicine: A Delphi study and consensus statement

- on the measurement of human skin temperature. *J Therm Biol* 69, 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.07.006>
- Moritz, A.R., Henriques Jr., F.C., 1947. Studies of Thermal Injury. *Am J Pathol* 23, 531–549.
- Neves, E.B., Salamunes, A.C.C., de Oliveira, R.M., Stadnik, A.M.W., 2017. Effect of body fat and gender on body temperature distribution. *J Therm Biol* 70, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.10.017>
- Perpetuini, D., Filippini, C., Cardone, D., Merla, A., 2021. An overview of thermal infrared imaging-based screenings during pandemic emergencies. *Int J Environ Res Public Health* 18, 1–12. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063286>
- Rask-Andersen, M., Karlsson, T., Ek, W.E., Johansson, Å., 2019. Genome-wide association study of body fat distribution identifies adiposity loci and sex-specific genetic effects. *Nat Commun* 10. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-08000-4>
- Requena-Bueno, L., Priego-Quesada, J.I., Jimenez-Perez, I., Gil-Calvo, M., Pérez-Soriano, P., 2020. Validation of ThermoHuman automatic thermographic software for assessing foot temperature before and after running. *J Therm Biol* 92. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102639>
- Salamunes, A.C.C., Stadnik, A.M.W., Neves, E.B., 2017. The effect of body fat percentage and body fat distribution on skin surface temperature with infrared thermography. *J Therm Biol* 66, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.03.006>
- Shimatani, A., Hoshi, M., Oebisu, N., Iwai, T., Takada, N., Nakamura, H., 2020. Clinical significance of thermal detection of soft-tissue tumors. *Int J Clin Oncol* 25, 1418–1424. <https://doi.org/10.1007/s10147-020-01658-1>
- Sillero-Quintana, M., Jones-Rando, J., Refoyo, I., Marins, J.C.B., Seixas, A., 2022. Effects of Resistance Training on Skin Temperature and Its Relationship with Central Nervous System (CNS) Activation. *Healthcare (Switzerland)* 10. <https://doi.org/10.3390/healthcare10020207>
- Valenzuela, P.L., Martín-Candilejo, R., Anchez-Martínez, G.S., Marins, B., de La Villa, P., Sillero-Quintana, M., 2019. Ischemic Preconditioning and Muscle Force Capabilities.
- Vieira, S.G., Sillero-Quintana, M., da Silva, A.G., Marins, K.O., Marins, J.C.B., 2020. Thermographic response resulting from strength training: A preliminary study. *Apunts Sports Medicine* 55, 120–127. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2020.08.003>
- Zaproudina, N., Varmavuo, V., Airaksinen, O., Närhi, M., 2008. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. *Physiol Meas* 29, 515–524. <https://doi.org/10.1088/0967-3334/29/4/007>

Zhu, W.P., Xin, X.R., 1999. Study on the distribution pattern of skin temperature in normal Chinese and detection of the depth of early burn wound by infrared thermography. *Ann N Y Acad Sci* 888, 300–313. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1999.tb07964.x>

## TABLES

Table 1: Tsk values of the Brazilian male adolescents evaluated in the study (n=100).

<b>Integrated ROI (°C)</b>	<b>Mean±SD</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
Global T <sub>sk</sub>	31.28±0.86	29.10	33.20
Mean T <sub>sk</sub> Anterior Trunk	32.67±1.00	30.30	34.80
Mean T <sub>sk</sub> Anterior Arms	31.99±0.79	30.20	34.00
Mean T <sub>sk</sub> Anterior Lower Limbs	31.71±1.04	29.10	34.30
Mean T <sub>sk</sub> Posterior Trunk	29.07±0.95	26.60	30.60
Mean T <sub>sk</sub> Posterior Arms	30.85±0.94	28.20	33.20
Mean T <sub>sk</sub> Posterior Lower Limbs	30.50±0.98	27.50	32.50

Table 2: Difference of mean Tsk values between the BMI classification groups.

<b>Integrated ROI (°C)</b>	<b>IMC Group</b>	<b>n</b>	<b>Mean±SD</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	<b>η<sup>2</sup></b>
Global T <sub>sk</sub>	Underweight (a)	33	31.96±0.83 <sup>BC</sup>	28.63	≤0.001	0.37
	Normal weight(b)	34	31.20±0.66 <sup>AC</sup>			
	Overweight/Obesity (c)	33	30.67±0.54 <sup>AB</sup>			
Mean T <sub>sk</sub> Anterior Trunk	Underweight (a)	33	33.50±0.81 <sup>BC</sup>	41.04	≤0.001	0.46
	Normal weight(b)	34	32.68±0.76 <sup>AC</sup>			
	Overweight/Obesity (c)	33	31.83±0.63 <sup>AB</sup>			
Mean T <sub>sk</sub> Anterior Arms	Underweight (a)	33	32.37±0.88 <sup>bc</sup>	6.31	≤0.01	0.12
	Normal weight(b)	34	31.89±0.57 <sup>ac</sup>			
	Overweight/Obesity (c)	33	31.73±0.76 <sup>ab</sup>			
Mean T <sub>sk</sub> Anterior Lower Limbs	Underweight (a)	33	32.43±1.21 <sup>bc</sup>	19.69	≤0.001	0.29
	Normal weight(b)	34	31.65±0.75 <sup>a</sup>			
	Overweight/Obesity (c)	33	31.06±0.59 <sup>A</sup>			
Mean T <sub>sk</sub> Posterior Trunk	Underweight (a)	33	29.83±0.71 <sup>BC</sup>	41.17	≤0.001	0.46
	Normal weight(b)	34	29.12±0.75 <sup>AC</sup>			
	Overweight/Obesity (c)	33	28.25±0.65 <sup>BC</sup>			
Mean T <sub>sk</sub> Posterior Arms	Underweight (a)	33	31.35±1.10 <sup>bc</sup>	9.91	≤0.001	0.17
	Normal weight(b)	34	30.79±0.59 <sup>a</sup>			
	Overweight/Obesity (c)	33	30.41±0.83 <sup>A</sup>			
Mean T <sub>sk</sub> Posterior Lower Limbs	Underweight (a)	33	31.04±1.09 <sup>BC</sup>	13.07	≤0.001	0.21
	Normal weight(b)	34	30.51±0.82 <sup>Ac</sup>			
	Overweight/Obesity (c)	33	29.93±0.68 <sup>Ab</sup>			

NOTE: <sup>x</sup> significant difference (p<0.05) with group "X"; <sup>X</sup> Significant difference (p<0.01) with group "X".

Table 3: Correlation between the BMI of Brazilian male adolescents (n=100) and Tsk values for the ROIs analyzed.

<b>Integrated ROI (°C)</b>	<b>Mean±SD</b>	<b>r (with IMC)</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>p</b>
Global T <sub>sk</sub>	31.28±0.86	-0.57	0.32	0.000
Mean T <sub>sk</sub> Anterior Trunk	32.67±1.00	-0.68	0.47	0.000
Mean T <sub>sk</sub> Anterior Arms	31.99±0.79	-0.25	0.06	0.012
Mean T <sub>sk</sub> Anterior Lower Limbs	31.71±1.04	-0.48	0.23	0.000
Mean T <sub>sk</sub> Posterior Trunk	29.07±0.95	-0.64	0.41	0.000
Mean T <sub>sk</sub> Posterior Arms	30.85±0.94	-0.34	0.12	0.001
Mean T <sub>sk</sub> Posterior Lower Limbs	30.50±0.98	-0.39	0.15	0.000

Table 4: Percentile intervals for Tsk according to the considered integrated ROIs and BMI groups

Integrated ROIs (°C)	BMI Classification Groups														
	Underweight (n=33)					Normal weight(n=34)					Overweight/Obesity (n=33)				
	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>
Global T <sub>sk</sub>	30.00	31.18	31.57	32.03	33.12	29.79	30.92	31.36	31.70	32.02	29.78	30.57	30.70	30.86	31.53
Mean T <sub>sk</sub> AT	31.93	33.17	33.53	33.94	34.62	31.51	32.32	32.75	33.29	33.76	30.66	31.32	31.95	32.33	32.81
Mean T <sub>sk</sub> AA	30.65	32.04	32.35	32.97	33.73	30.88	31.51	31.98	32.25	32.76	30.52	31.10	31.70	32.30	32.82
Mean T <sub>sk</sub> ALL	32.32	31.92	32.41	33.25	34.05	30.66	31.23	31.56	32.25	32.67	29.95	30.71	31.10	31.41	32.10
Mean T <sub>sk</sub> PT	27.89	29.41	30.07	30.44	30.57	27.76	28.72	29.26	29.63	30.16	27.29	27.99	28.27	28.56	29.49
Mean T <sub>sk</sub> PA	29.44	30.93	31.13	32.03	32.87	29.96	30.41	30.91	31.24	31.65	29.22	29.78	30.29	30.93	31.67
Mean T <sub>sk</sub> PLL	29.10	30.55	31.34	31.90	32.39	29.60	29.91	30.64	30.90	31.76	28.66	29.58	29.84	30.47	30.87

Note: P<sub>5</sub> = strongly hypo-radiant, P<sub>25</sub> = hypo-radiant, P<sub>50</sub> = in thermal normality state, P<sub>75</sub> = hyper-radiant, and P<sub>95</sub> = strongly hyper-radiant.  
 AT – Anterior Trunk; AA – Anterior Arms; ALL – Anterior Lower Limbs; PT – Posterior Trunk; PA – Posterior Arms; PLL – Posterior Lower Limbs.

## 7. ARTIGO 4: O TECIDO ADIPOSEO PODE INFLUENCIAR NA AVALIAÇÃO DA IMAGEM TERMOGRÁFICA EM ADOLESCENTES?

Hamilton Henrique Teixeira Reis<sup>1</sup>, Ciro José Brito<sup>2</sup>, Manuel Sillero-Quintana<sup>3</sup>, Alisson Gomes da Silva<sup>1,4</sup>, Ismael Fernández-Cuevas<sup>3</sup>, Matheus Santos Cerqueira<sup>5</sup>, Francisco Zacaron Werneck<sup>6</sup>, João Carlos Bouzas Marins<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Juiz de Fora, Governador Valadares, Brasil.

<sup>3</sup> Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Espanha.

<sup>4</sup> Departamento de Educação Física, Escola Preparatória de Cadetes do Ar, Barbacena, Brasil.

<sup>5</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Rio Pomba, Brasil.

<sup>6</sup> Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil.

\*Autor correspondente: Hamilton H. Reis, Departamento de Educação Física – Avenida Peter Henry Rolfs- Campus Universitário, Viçosa, Minas Gerais, Brasil, 36570-900. E-mail: [hhteixeirareis@gmail.com](mailto:hhteixeirareis@gmail.com).

Agradecimentos: Os autores agradecem aos participantes, à Universidade Federal de Viçosa, à CAPES e aos desenvolvedores do software ThermoHuman® por todo o auxílio durante a pesquisa.

## RESUMO

**INTRODUÇÃO:** A termografia infravermelha (TI) é uma tecnologia de fácil aplicação para utilização para o corpo clínico como forma de análise e ferramenta pré diagnóstica de diversas doenças e também como forma de prevenção e recuperação de lesões. Entretanto, o processo de análise de uma imagem termográfica (IT) precisa ser minucioso para que uma ação diagnóstica de qualidade seja tomada. A quantidade de tecido adiposo tem sido associada como um potencial agente de alteração nos valores da temperatura da pele ( $T_P$ ) obtidos a partir da TI, podendo influenciar na interpretação da IT. **OBJETIVO:** Verificar se o percentual de gordura (%G) afeta os valores observados da temperatura da pele  $T_P$ , medida por TI, em adolescentes do sexo masculino. **METODOLOGIA:** Foram avaliados 100 adolescentes do sexo masculino ( $16.83 \pm 1.08$  anos,  $66.51 \pm 13.35$ kg de peso corporal,  $1.75 \pm 7.04$ m de estatura), sendo divididos em dois grupos: com obesidade ( $n=50$ ) e sem obesidade ( $n=50$ ), de acordo com a classificação proposta por Williams et al. As IT foram obtidas pelo termovisor FLIR T420 após um período de aclimação dos avaliados em um ambiente controlado (temperatura:  $21.3 \pm 0.7^\circ\text{C}$  e umidade:  $55.3 \pm 2.2\%$ ) e foram avaliadas com a utilização do *software* ThermoHuman®, subdividindo o corpo em 7 grandes regiões corporais de interesse (RCI), nas faces anterior e posterior de membros superiores e inferiores. **RESULTADOS:** Os indivíduos com obesidade apresentam valores de  $T_P$  menores que indivíduos sem obesidade para todas RCI avaliadas ( $p < 0.01$ ), com destaque para as diferenças médias obtidas nas regiões anterior e posterior de tronco,  $1.28^\circ\text{C}$  e  $1.18^\circ\text{C}$  menores ( $p=0.000$ ), respectivamente. Foi observada uma correlação negativa em todas as RCI ( $p < 0.01$ ), com valores maiores para as regiões anterior ( $r=-0.71$ ,  $p < 0.001$ ) e posterior ( $r=-0.65$ ,  $p < 0.001$ ) de tronco. Foram propostas tabelas de normalidade térmica para várias RCI de acordo com a classificação de obesidade. **CONCLUSÃO:** O %G afeta os valores da  $T_P$  avaliada por TI, devendo, assim, ser levado em consideração para se obter uma análise precisa da IT.

**Keywords:** Mapeamento da temperatura, composição corporal, adiposidade, adolescentes.

**Destaques**

- %G é um fator que influencia nos valores de Tsk em adolescentes.
- Indivíduos com maior %G apresentam valores de  $T_P$  menores em todas as RCI.
- O %G apresenta correlação inversa com a  $T_P$ .
- Tabelas normativas de classificação da  $T_P$  em adolescentes do sexo masculino em função do %G foram elaboradas.

## INTRODUÇÃO

A Termografia Infravermelha (TI) é uma tecnologia que vem sendo altamente utilizada por profissionais do corpo clínico como ferramenta auxiliar no processo de diagnóstico de doenças<sup>1-3</sup> e na prevenção e reabilitação de lesões<sup>4-7</sup> por ser um método não-invasivo, sem contato com o avaliado, livre de radiação e de fácil aplicação para a avaliação da temperatura da pele ( $T_P$ ) através da análise de imagens termográficas.

O processo de obtenção de uma imagem termográfica de qualidade e uma avaliação mais precisa, depende, entretanto, da observação de alguns fatores essenciais. Fernández-Cuevas et al.<sup>8</sup> apontam que são três os principais grupos de fatores que podem influenciar na coleta termográfica – internos, externos e tecnológicos, devendo ser observados no momento pré e pós avaliação, de modo a diminuir a incidência de qualquer condição que influencie negativamente na qualidade da imagem térmica<sup>8</sup> e, conseqüentemente, em uma avaliação diagnóstica errônea da região avaliada.

Um dos principais fatores a ser observado, incluso no grupo de fatores internos, é aquele relacionado à composição corporal<sup>8</sup>. A gordura corporal possui um nível de condutividade térmica menor que os demais tecidos envolvidos no processo da termorregulação<sup>9</sup>, agindo como um isolante térmico corporal<sup>10</sup> e podendo influenciar na  $T_P$ . Visando avaliar se a quantidade de gordura corporal pode interferir na  $T_P$ , mensurada com a TI, alguns estudos já foram conduzidos na população de homens<sup>11-14</sup> e mulheres<sup>11,12,15-17</sup> e observaram, de maneira geral, que indivíduos com maior quantidade de gordura corporal apresentam menores valores de  $T_P$ , devendo esse fator ser levado em consideração no momento da avaliação de uma imagem térmica para um diagnóstico mais preciso.

Dada a necessidade de um maior aprimoramento sobre essa temática, visando promover uma melhor qualidade na obtenção da imagem térmica, uma vez que os poucos estudos existentes estão restritos à população adulta<sup>11-17</sup>, e haja vista que a utilização da TI é cada vez mais frequente nos ambientes clínicos, investigar a influência dessa característica em outras faixas etárias é de fundamental importância para que a ação profissional seja mais precisa e eficiente.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi verificar o impacto da gordura corporal, nos valores da  $T_P$  de adolescentes do sexo masculino e, caso exista essa influência, propor tabelas de normalidade térmica que auxiliarão no processo de interpretação das imagens termográficas e posterior diagnóstico. A hipótese é que a quantidade de gordura corporal influenciará diretamente nos valores observados da  $T_P$ , influenciando, assim, na interpretação das imagens termográficas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### ***Participantes***

Foram avaliados 216 adolescentes do sexo masculino, onde, destes, 100 compuseram a amostra final. Foram selecionados, de maneira intencional, 50 indivíduos considerados com obesidade (16,64±0,13 anos, 78,93±1,43kg e 175,54±1,06cm) e, de maneira aleatória, dentre os 166 avaliados restantes, 50 sem obesidade (16,78±0,15 anos, 56,48±1,20kg e 174,96±1,10cm). Como critério de caracterização de indivíduos com ou sem obesidade foi utilizada a classificação proposta por Williams et al.<sup>18</sup> que considera adolescentes do sexo masculino com obesidade a partir de um %G superior a 25%. O processo de randomização dos 166 avaliados foi realizado a partir do site <https://www.randomizer.org/>. Os avaliados eram estudantes do ensino médio de escolas públicas e privadas de um município do interior do Brasil.

Como critérios de inclusão, foram selecionados indivíduos do sexo masculino, aparentemente saudáveis, sem deficiência motora ou intelectual aparente e idade entre 14 e 19 anos. Foram excluídos da pesquisa aqueles que não se adequaram ao proposto estabelecido como critério prévio para análise da TI. Como a  $T_P$  sofre interferência de fatores individuais, as seguintes condições foram consideradas critérios de exclusão: tabagismo; histórico de problemas renais; lesão osteomioarticular nos últimos dois meses ou que apresentarem alguma sintomatologia; quadro de queimaduras na pele; sintomatologia de dor em alguma região corporal; distúrbios do sono; quadro febril nos últimos sete dias; estar em tratamento fisioterápico ou dermatológico com cremes, pomadas ou loções de uso local; consumo de medicamentos como anti-inflamatórios, antitérmicos ou diuréticos,

ou algum suplemento alimentar com potencial interferência na homeostase hídrica ou temperatura corporal nas últimas duas semanas.

O estudo foi aprovado segundo critérios éticos para pesquisa com seres humanos sob o número de registro no CAAE 40934275729 do Comitê de Ética da Instituição local e todos os avaliados ou responsáveis assinaram o termo de assentimento ou o termo de consentimento livre e esclarecido anteriormente ao início do processo de coleta de dados.

### ***Procedimentos***

#### *Avaliação antropométrica e do Percentual de Gordura (%G)*

Inicialmente foram obtidas as medidas antropométricas de estatura e peso corporal, coletadas por profissionais treinados e com certificação relativa ao nível II da International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK)<sup>19</sup> em um estadiômetro portátil (Cescorf®, Porto Alegre – Brasil) com precisão de 1 mm e com uma balança digital (Welmy w 200/5, Brasil) com precisão de 0,1 kg, respectivamente. A determinação do %G foi realizada na DXA por um único técnico devidamente habilitado para essa função, utilizando o densitômetro da marca GE Healthcare®, Lunar Prodigy Advance DXA System, versão do software: 13.31, que forneceu os valores de gordura total e de maneira segmentada (tronco, braços e membros inferiores). Para garantir a qualidade das mensurações o equipamento foi calibrado diariamente, conforme as especificações do fabricante.

#### *Avaliação termográfica*

Quatro imagens termográficas foram coletadas das partes superior e inferior do corpo, nas posições anterior e posterior. Foi utilizando o termovisor T420 (FLIR®, Stockholm, Sweden) com acurácia de 2%, a uma banda espectral de 7.5-13  $\mu\text{m}$ , 60 Hz rate, foco automático e com resolução de 320 x 240 pixels. A câmera apresenta precisão para detectar variações de temperatura numa escala  $\leq 0.05$  °C e foi ligada 30 minutos antes de todas as avaliações, de modo a permitir a estabilização de seu sensor térmico, sendo posicionada de maneira perpendicular às regiões corporais de

interesse (RCI). Foi ajustado um valor de emissividade de 0.98 para a pele humana e a temperatura ( $21.3 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ ) e umidade ( $55.3 \pm 2.2\%$ ) da sala foram controlados segundo recomendações específicas para esse tipo de avaliação<sup>8,20</sup>. Os avaliados respeitaram um período de 10 minutos para a estabilização da  $T_P$ <sup>21</sup>, usando somente chinelos e um short e evitando qualquer tipo de contato entre avaliados. Além disso, todos os termogramas foram obtidos em um mesmo período do dia, uma vez que a  $T_P$  pode ser influenciada pelo ritmo circadiano<sup>22,23</sup>.

Os termogramas obtidos foram avaliados no software ThermoHuman® (PEMA THERMO GROUP S.L., Spain), sistema validado<sup>24</sup> e já utilizado em outros estudos com aplicação da TI<sup>25,26</sup>. O software fornece os valores da média da  $T_P$ , desvio padrão e número de pixels, que são automaticamente quantificadas em 48 RCI para a região superior do corpo e 36 RCI para a região inferior, de modo a prover os valores da  $T_P$  de todo o corpo. As RCI foram integradas, a partir da consideração dos valores médios da  $T_P$  e o número de pixels de cada RCI, em sete grupos:  $T_P$  Global, onde foram consideradas todas as 84 RCI;  $T_P$  média do tronco, 10 RCI da visão anterior e 10 RCI da visão posterior;  $T_P$  média dos braços, 12 RCI da visão anterior e 12 RCI da região posterior e;  $T_P$  média dos membros inferiores, com 16 RCI na visão anterior e 16 RCI na visão posterior), conforme ilustrado na Figura 1. As RCI foram integradas com a utilização da equação:  $T_{P \text{ INTEGRADA}} = (T_{PRC1} * npix_{RCI1} + T_{PRC2} * npix_{RCI2} + \dots + T_{PRCn} * npix_{RCIn}) / (npix_{RCI1} + npix_{RCI2} + \dots + npix_{RCIn})$ , onde “n” = número de RCI a serem integradas e “npix” = número de pixels da RCI.

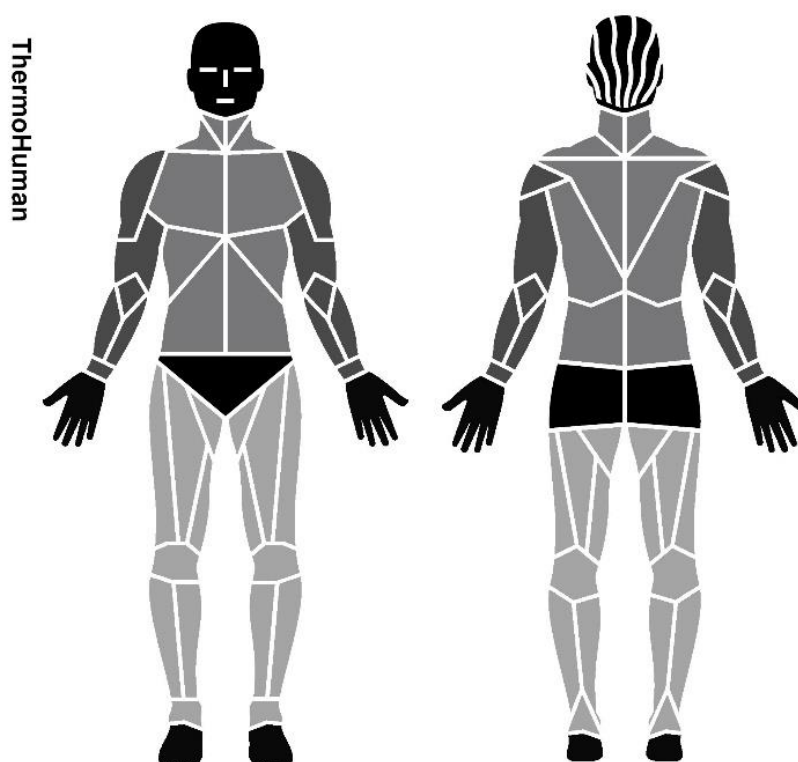


Figura 1: RCI analisadas pelo software ThermoHuman®. Nota: braços (cinza escuro), tronco (cinza) e membros inferiores (cinza claro).

### ***Análise Estatística***

Foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov que confirmou a normalidade dos dados da variável dependente, sendo eles apresentados em valores médios, mínimos e máximos e desvio padrão. Para verificar se a  $T_P$  é afetada pela classificação de obesidade dos adolescentes foi aplicado o Teste T de *Student* para amostras independentes e também foi analisada a correlação entre essas variáveis, a partir do teste de correlação de Pearson.

Além disso, foi elaborada, a fim de estabelecer o perfil térmico dos adolescentes, uma tabela normativa, utilizando os percentis  $P<5$ ,  $P<25$ ,  $P=50$ ,  $P>75$  e  $p>95$  como referência para classificar se uma região está hipo irradiada ( $P<5$ ), em estado de atenção hipo irradiada ( $P<25$ ), em estado de normalidade térmica ( $P=50$ ), em estado de atenção hiper irradiada ( $P>75$ ) ou hiper irradiada ( $P>95$ ), respectivamente, de acordo com as diferentes faixas de classificação de obesidade por RCI.

As análises estatísticas foram realizadas por um software estatístico (SPSS, versão 22.0), com nível de significância adotado de 5%.

## RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os dados de quantidade de gordura dos participantes (n=100) em função da sua classificação de obesidade.

Tabela 1: Valores de gordura corporal obtidos pela avaliação com a DXA e comparação em função da classificação de obesidade nos adolescentes (n=100).

Segmento (%G)	Com obesidade (n=50)			Sem obesidade (n=50)			p
	Média±DP	Mínimo	Máximo	Média±DP	Mínimo	Máximo	
Corpo	30.21±3.79	25.00	47.50	11.33±3.08	5.90	22.50	≤0.001
Tronco	32.57±4.46	24.60	50.80	11.73±3.47	6.20	25.90	≤0.001
Braços	23.22±4.61	15.00	41.10	7.14±2.16	4.10	15.90	≤0.001
Pernas	31.46±4.25	23.40	49.20	12.73±3.39	6.10	23.30	≤0.001

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos pela avaliação termográfica dos participantes (n=100) e suas respectivas médias, desvio padrão e valores mínimos e máximos, bem como a comparação entre os valores observados entre os participantes com obesidade (n=50) e sem obesidade (n=50), com destaque para as diferenças médias de temperatura observadas entre as regiões anterior e posterior de tronco, 1.28°C e 1.18°C mais baixas em indivíduos com obesidade, respectivamente.

Tabela 2: Valores observados e comparação da  $T_{sk}$  em função da classificação de obesidade dos adolescentes avaliados no estudo.

RCI (°C)	Com obesidade	Sem obesidade	p	Diferença Média±DP
	(n=50)	(n=50)		
	Média±DP (Min-Max)	Média±DP (Min-Max)		
$T_P$ Global	30.83±0.66 (29.11-31.87)	31.74±0.81 (29.36-33.25)	≤0.00 1	0.91±0.15
$T_{PMédia}$ AT	32.04±0.74 (30.32-33.47)	33.31±0.81 (31.63-34.75)	≤0.00 1	1.28±0.16
$T_{PMédia}$ AB	31.80±0.70 (30.45-33.14)	32.20±0.84 (30.24-33.96)	<0.05	0.40±0.16
$T_{PMédia}$ AMMII	31.33±0.75 (29.27-32.67)	32.10±1.16 (29.13-34.26)	≤0.00 1	0.78±0.20
$T_{PMédia}$ PT	28.48±0.78 (26.65-30.16)	29.66±0.72 (28.14-30.61)	≤0.00 1	1.18±0.15
$T_{PMédia}$ PB	30.55±0.80 (28.98-32.47)	31.16±0.99 (28.23-33.16)	≤0.00 1	0.61±0.18
$T_{PMédia}$ PMMII	30.14±0.84 (27.55-31.99)	30.86±1.00 (27.79-32.53)	≤0.00 1	0.72±0.18

Nota:  $T_P$  – Temperatura da Pele; AT – Anterior de Tronco; AB – Anterior de Braços; AMMII – Anterior de Membros Inferiores; PT – Posterior de Tronco; PB – Posterior de Braços; PMMII – Posterior de Membros Inferiores.

Esse padrão de variação negativa observada entre os valores de  $T_P$  de adolescentes com obesidade e sem obesidade é também corroborada na avaliação de correlação entre as variáveis, onde foi possível observar uma relação negativa na avaliação entre o %G total e  $T_P$  Global ( $r=-0.57$ ,  $p<0.001$ ), entre o %G no tronco e a  $T_P$  média anterior ( $r=-0.71$ ,  $p<0.001$ ) e posterior ( $r=-0.65$ ,  $p<0.001$ ) de tronco, %G dos braços e a  $T_P$  média anterior ( $r=-0.29$ ,  $p<0.01$ ) e posterior ( $r=-0.36$ ,  $p<0.001$ ) de braços e %G dos braços e a  $T_P$  média anterior ( $r=-0.45$ ,  $p<0.001$ ) e posterior  $r=-0.44$ ,  $p<0.001$ ) de braços, com destaque para os valores observados na região do tronco, conforme ilustrado na Figura 2.

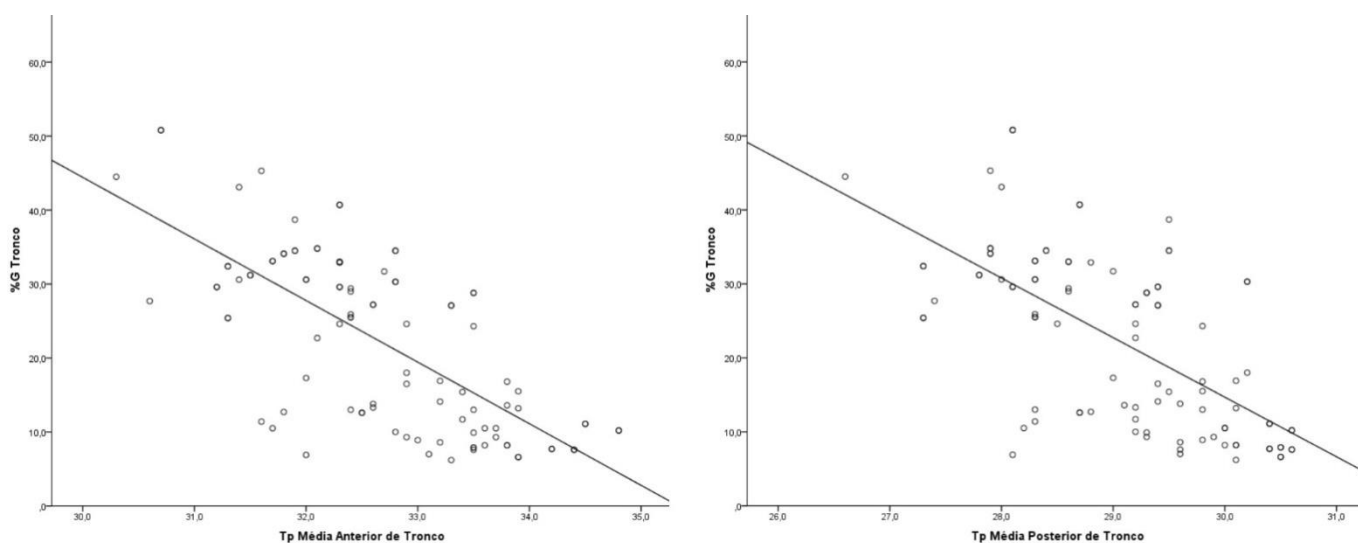


Figura 2: Correlação entre o %G do tronco e valores de  $T_P$  Média das regiões anterior e posterior de tronco, respectivamente (n=100).

Com base nos resultados obtidos é apresentada a Tabela 3, que sugere valores de classificação que devem ser observados durante uma avaliação termográfica em função do perfil do avaliado, seja ele obeso ou não obeso que podem indicar se uma RCI está hipo irradiada ( $P < 5$ ), em estado de atenção hipo irradiada ( $P < 25$ ), em estado de normalidade térmica ( $P = 50$ ), em estado de atenção hiper irradiada ( $P > 75$ ) ou hiper irradiada ( $P > 95$ ).

Tabela 3: Valores de  $T_P$  média a serem considerados para avaliação termográfica de adolescentes em função da classificação de obesidade e RCI.

RCIs (°C)	Classificação de Obesidade									
	Obeso (n=50)					Não Obeso (n=50)				
	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>25</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>75</sub>	P <sub>95</sub>
$T_P$ Global	29.8	30.6	30.9	31.4	31.7	30.5	31.2	31.8	32.3	33.0
$T_{PMédia}$ AT	30.7	31.5	32.1	32.4	33.3	31.9	32.8	33.5	33.8	34.5
$T_{PMédia}$ AB	30.6	31.3	31.7	32.3	32.8	30.6	31.8	32.3	32.6	33.6
$T_{PMédia}$ AMMII	30.0	30.8	31.3	31.9	32.4	30.5	31.3	32.1	32.9	33.9
$T_{PMédia}$ PT	27.3	27.9	28.4	29.2	29.5	28.3	29.2	29.8	30.2	30.6
$T_{PMédia}$ PB	29.3	29.9	30.6	31.2	31.7	29.7	30.7	31.0	31.9	32.7
$T_{PMédia}$ PMMII	28.6	29.6	30.2	30.8	31.0	29.5	30.2	30.9	31.6	32.3

Nota:  $T_P$  – Temperatura da Pele; AT – Anterior de Tronco; AB – Anterior de Braços; AMMII – Anterior de Membros Inferiores; PT – Posterior de Tronco; PB – Posterior de Braços; PMMII – Posterior de Membros Inferiores.

## DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi verificar a influência do %G na  $T_P$  de adolescentes do sexo masculino. Os resultados obtidos neste estudo apontam que a  $T_P$  de indivíduos considerados com obesidade é menor do que a de indivíduos sem obesidade, com destaque para as regiões anterior e posterior de tronco, que apresentam as maiores variações de temperatura (Tabela 2). Além disso, os valores de  $T_P$  são inversamente relacionados ao %G. Esses achados possibilitam afirmar que esse parâmetro deve ser considerado nos estudos de avaliação da  $T_P$  por TI, uma vez que a faixa de normalidade térmica varia de acordo com a classificação de obesidade do avaliado. Por esse motivo foram propostas tabelas de caracterização de normalidade térmica a fim de minimizar qualquer erro de interpretação das imagens térmicas de acordo com o perfil nutricional de cada avaliado.

A influência do %G nos valores de  $T_P$  mensurados por TI já foi verificada anteriormente na população de adultos através de diferentes metodologias de análise, mas apresentando resultados similares ao de presente estudo. Chudecka et al.<sup>16</sup> e Chudecka e Lubkowska<sup>17</sup> utilizaram da técnica da bioimpedância e da marcação manual de RCI para avaliar o impacto do %G na  $T_P$  em mulheres adultas. Chudecka et al.<sup>16</sup>, comparando 20 mulheres com obesidade ( $23.2 \pm 1.57$  anos,  $90.7 \pm 5.12$ kg,

167.2±3.75cm de estatura e 37.8±2.25 %G) com 20 mulheres não obesas (22.4±1.22 anos, 60.4±2.56kg, 169.0±2.68cm de estatura e 25.7±2.44 %G) verificaram que mulheres com obesidade apresentam valores menores ( $p<0.05$ ) de  $T_P$  nas regiões anterior(-0.6°C) e posterior(-0.6°C) de braços, anterior (-1.8°C) e posterior (-1.9°C) de coxas e anterior (-1.4°C) e posterior (-0.8°C) de panturrilhas, abdômen(-2.7°C) e porção inferior de costas, com destaque para diferenças além de apresentar uma correlação negativa com as regiões anterior ( $r=-0.77$ ,  $p=0.001$ ) e posterior ( $r=-0.63$ ,  $p=0.008$ ) de coxas e com o abdômen ( $r=-0.88$ ,  $p=0.000$ ). A região do abdômen também se correlacionou negativamente ( $r=-0.59$ ,  $p=0.052$ ) com a  $T_P$  no estudo de Chudecka e Lubkowska<sup>17</sup>, que comparou 15 mulheres com anorexia nervosa (18-24 anos, 44.9±4.49kg, 169.90±6.16 cm de estatura e 13.30±1.43 %G) com 100 mulheres aparentemente saudáveis (21-23 anos, 62.0±4.84kg, 168.8±6.12cm de estatura e 22.8±3.77 %G).

Já Neves et al.<sup>11</sup> e Salamunes et al.<sup>15</sup> utilizaram o método de referência para análise da composição corporal, a DXA, para avaliar a população de homens e mulheres adultos e o impacto do %G nos valores observados da  $T_P$ , apresentando, também, resultados equivalentes ao de presente estudo. No estudo de Neves et al.<sup>11</sup>, ao avaliarem a  $T_P$  em 47 homens e 47 mulheres adultos com idade entre 18 a 28 anos, observaram que o maior valor de %G se correlaciona de maneira negativa com a  $T_P$  média das regiões anterior ( $r=-0.76$ ,  $p<0.05$ ) e posterior ( $r=-0.69$ ,  $p<0.05$ ) de tronco, anterior ( $r=-0.57$ ,  $p<0.05$ ) e posterior ( $r=-0.63$ ,  $p<0.05$ ) de membros inferiores, anterior ( $r=-0.42$ ,  $p<0.05$ ) e posterior ( $r=-0.47$ ,  $p<0.05$ ) de braços nos indivíduos de sexo masculino e, também de maneira negativa,  $T_P$  média das regiões anterior ( $r=-0.27$ ,  $p<0.05$ ) e posterior ( $r=-0.47$ ,  $p<0.05$ ) de tronco, anterior ( $r=-0.36$ ,  $p<0.05$ ) e posterior ( $r=-0.40$ ,  $p<0.05$ ) de membros inferiores, anterior ( $r=-0.30$ ,  $p<0.05$ ) e posterior ( $r=-0.21$ ,  $p<0.05$ ) de braços nas mulheres. Essa correlação negativa em mulheres também foi notada por Salamunes et al.<sup>15</sup>, que, ao avaliar 123 mulheres, com idade entre 18-35 anos, observou esse comportamento nas regiões anterior e posterior de tronco ( $r=-0.33$  e  $r=-0.36$ ,  $p=0.000$ , respectivamente), braços ( $r=-0.40$  e  $r=-0.43$ ,  $p=0.000$ , respectivamente), e membros inferiores ( $r=-0.38$  e  $r=-0.49$ ,  $p=0.000$ , respectivamente).

Os resultados observados no presente estudo, corroborado pelos que observaram o mesmo padrão de comportamento da  $T_P$  e sua relação com o %G através, demonstram que, de fato, existe uma influência do tecido adiposo nos valores obtidos da  $T_P$ , oriundo da sua baixa condutividade térmica<sup>9,10</sup>, sendo, portanto, um fator que precisa ser levado em consideração no momento da análise da imagem termográfica. Por esse motivo foram propostos valores de caracterização de normalidade térmica em função da característica do avaliado (Tabela 4), que propõe os pontos de normalidade térmica ( $P=50$ ), pontos de corte de  $P<25$  e  $P>75$ , para classificar as regiões como áreas de atenção para um estado de hipo ou hiper irradiação e  $P<5$ , e  $P>95$  como valores que caracterizam que uma região está hipo ou hiper irradiada, cabendo uma ação clínica sobre a situação. Essa proposição é pioneira, não sendo realizada pelos demais estudos que avaliaram o perfil térmico<sup>12,27-31</sup> ou que observaram diferença entre os valores de  $T_P$  em função da composição corporal<sup>11,15-17</sup> ou índices antropométricos<sup>16,17</sup>.

Tendo como base pesquisa realizada em 07 de outubro de 2022 nas bases de dados Medline/PubMed e Science Direct, com os descritores MeSH “thermography” and “adolescents”, esse é o primeiro estudo que avaliou o impacto do %G nos valores da  $T_P$  em adolescentes, seus níveis de correlação, que propôs uma tabela de normalidade térmica e, além disso, que apresentou metodologia de análise diferente dos demais estudos da área, com outras faixas etárias. Enquanto os estudos prévios utilizaram métodos de marcação manual para as RCI, esse estudo utilizou um software com seleção automática, já empregado em outros estudos para a avaliação termográfica<sup>5,32,33</sup>, capaz de reduzir o erro individual e promover uma maior confiabilidade, aumentando, assim, a qualidade da interpretação dos dados obtidos.

Os resultados obtidos no presente estudo podem promover uma contribuição significativa no processo de avaliação térmica com a utilização da TI, proporcionando um novo entendimento sobre os estudos anteriores que buscaram traçar o perfil populacional da  $T_P$ <sup>27-31</sup> e que não levaram em consideração os valores de %G, o que pode acarretar em um erro de interpretação sobre a característica do avaliado, podendo causar uma ação diagnóstica errônea. Sendo assim, é extremamente importante que estudos futuros que tenham como objetivo traçar um perfil térmico de uma determinada população façam essa caracterização em função do %G ou de

índices antropométricos relacionados com essa variável. De forma alternativa e prática têm-se também como sugestão empregar o índice de massa corporal (IMC), que também pode influenciar os valores da  $T_P$  em adolescentes, conforme indicado por Reis et al.<sup>34</sup>

A DXA, apesar de ser considerado o método de referência para avaliação do %G, é um equipamento de difícil acesso e com aplicação relativamente cara. Dessa maneira, pesquisar a influência do %G através de outros métodos que possuam relação com essa variável e que sejam de mais fácil aplicação clínica é uma sugestão para estudos futuros. Além disso, dada a necessidade de acrescentar maiores informações sobre fatores que podem influenciar a  $T_P$  avaliada por TI, sugere-se ampliar a realização de estudos semelhantes em diferentes grupos populacionais, como, por exemplo, em mulheres, tendem a possuir uma maior quantidade de %G e podem sofrer alterações mais consideráveis nos valores de  $T_P$ . Outro grupo de interesse são os idosos, que estão sujeitos à problemas ortopédicos, perturbações metabólicas e termorregulatórias, sendo uma população que pode se beneficiar de uma maneira mais considerável dessa estratégia, possibilitando, assim, aprimorar o processo de análise das imagens térmicas.

## **APLICAÇÕES PRÁTICAS**

Compreender os fatores que podem influenciar os valores da  $T_P$ , obtidos pela técnica da TI, é de fundamental importância para o processo de avaliação e interpretação das imagens termográficas, que podem ser utilizadas como ferramentas auxiliares no diagnóstico de variadas alterações no padrão de normalidade do indivíduo. Em relação ao presente estudo, os resultados deixam claro que adolescentes com obesidade não podem ser avaliados a partir de um padrão de consideração único, pois isso acarretará em uma interpretação equivocada da imagem térmica e uma consequente ação profissional não adequada de acordo com a situação.

## **CONCLUSÕES**

Adolescentes com maior quantidade de gordura corporal apresentam menores valores da  $T_P$ , influenciando diretamente na interpretação da imagem termográfica. Foram propostos valores de classificação de normalidade para a  $T_P$  em função da classificação do avaliado – com ou sem obesidade.

## REFERÊNCIAS

1. Lahiri BB, Bagavathiappan S, Jayakumar T, Philip J. Medical applications of infrared thermography: A review. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2012;55(4):221–35. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2012.03.007>
2. Shimatani A, Hoshi M, Oebisu N, Iwai T, Takada N, Nakamura H. Clinical significance of thermal detection of soft-tissue tumors. *Int J Clin Oncol* [Internet]. 2020;25(7):1418–24. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10147-020-01658-1>
3. Perpetuini D, Filippini C, Cardone D, Merla A. An overview of thermal infrared imaging-based screenings during pandemic emergencies. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(6):1–12.
4. dos Santos Bunn P, Miranda MEK, Rodrigues AI, de Souza Sodr e R, Neves EB, Bezerra da Silva E. Infrared thermography and musculoskeletal injuries: A systematic review with meta-analysis. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2020;109(July):103435. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2020.103435>
5. G3mez-Carmona P, Fern3ndez-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.
6. Fernandes AA, Pimenta EM, Moreira DG, Marins JCB, Garcia ES. Application of Infrared Thermography in the Assessment of Muscle Damage in Elite Soccer Athletes. *MOJ Orthop Rheumatol*. 2017;8(5):5–6.
7. Marins JCB, Fern3ndez-Cuevas I, Arnaiz-Lastras J, Fernandes AA, Sillero-Quintana M. Aplicaciones de la termografía infrarroja en el deporte. Una revisi3n. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte*. 2015;15(60):805–24.
8. Fern3ndez-Cuevas I, Bouzas Marins JC, Arn3iz Lastras J, G3mez Carmona PM, Pi3nonosa Cano S, García-Concepci3n M3, et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: A review. *Infrared Phys Technol*. 2015;71:28–55.
9. Moritz AR, Henriques Jr. FC. Studies of Thermal Injury. *Am J Pathol*. 1947;23:531–49.
10. Castellani JW, Young AJ. Human physiological responses to cold exposure: Acute responses and acclimatization to prolonged exposure. *Auton Neurosci* [Internet]. 2016;196:63–74. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autneu.2016.02.009>

11. Neves EB, Salamunes ACC, de Oliveira RM, Stadnik AMW. Effect of body fat and gender on body temperature distribution. *J Therm Biol* [Internet]. 2017;70:1–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.10.017>
12. Chudecka M, Lubkowska A. Thermal maps of young women and men. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2015;69:81–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2015.01.012>
13. Fernando BG, Ildefonso AO, Rodrigo YS, Gernot HC. Asociación entre la Termografía por Infrarrojo y Parámetros Antropométricos de Riesgo Cardiometabólico en Hombres Association between Infrared Thermography, Anthropometry and Cardiovascular Risk Parameters in Men. Vol. 40, *Int. J. Morphol.* 2022.
14. Fernando BG, Ildefonso AO, Gernot HC, Matías H, Marcelo T. Asociación entre la Termografía por Infrarrojo, Parámetros Antropométricos y Gasto Energético de Reposo en Hombres Association Between Infrared Thermography, Anthropometry Parameters and Rest Energy Expenditure in Men. Vol. 39, *Int. J. Morphol.* 2021.
15. Salamunes ACC, Stadnik AM, Neves EB. The effect of body fat percentage and body fat distribution on skin surface temperature with infrared thermography. *J Therm Biol* [Internet]. 2017;66(November 2016):1–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.03.006>
16. Chudecka M, Lubkowska A, Kempieńska-Podhorodecka A. Body surface temperature distribution in relation to body composition in obese women. *J Therm Biol.* 2014;43(1):1–6.
17. Chudecka M, Lubkowska A. Thermal imaging of body surface temperature distribution in women with anorexia nervosa. *European Eating Disorders Review.* 2016;24(1):57–61.
18. Williams D, Going S, Lohman T, Harsha D, Srinivasan S, Webber L, et al. Body Fatness and Risk for Elevated Blood Pressure , Total Cholesterol , and Serum Lipoprotein Ratios in Children and Adolescents. *Blood.* 1992;82(3):358–63.
19. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, Ridder H. International standards for anthropometric assessment. ISAK IS for the A of K, editor. Lower Hutt, New Zealand; 2011.
20. 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* [Internet]. 2017;69:155–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.07.006>

21. Marins JCB, Moreira DG, Cano SP, Sillero-Quintana M, Soares DD, Fernandes AA, et al. Time required to stabilize thermographic images at rest. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2014;65:30–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2014.02.008>
22. Marins JCB, Formenti D, Costa CMA, de Andrade Fernandes A, Sillero-Quintana M. Circadian and gender differences in skin temperature in militaries by thermography. *Infrared Phys Technol* [Internet]. 2015;71:322–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2015.05.008>
23. Costa CMA, Moreira DG, Sillero-Quintana M, Brito CJ, Pussieldi GA, Fernandes AA, et al. Daily rhythm of skin temperature of women evaluated by infrared thermal imaging. *J Therm Biol* [Internet]. 2018;72:1–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.12.002>
24. Requena-Bueno L, Priego-Quesada JI, Jimenez-Perez I, Gil-Calvo M, Pérez-Soriano P. Validation of ThermoHuman automatic thermographic software for assessing foot temperature before and after running. *J Therm Biol*. 2020 Aug 1;92.
25. González-Gross M, Quesada-González C, Rueda J, Sillero-Quintana M, Issaly N, Díaz AE, et al. Analysis of effectiveness of a supplement combining harpagophytum procumbens, zingiber officinale and bixa orellana in healthy recreational runners with self-reported knee pain: A pilot, randomized, triple-blind, placebo-controlled trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jun 1;18(11).
26. Sillero-Quintana M, Jones-Rando J, Refoyo I, Marins JCB, Seixas A. Effects of Resistance Training on Skin Temperature and Its Relationship with Central Nervous System (CNS) Activation. *Healthcare (Switzerland)*. 2022 Feb 1;10(2).
27. Knobel-Dail RB, Holditch-Davis D, Sloane R, Guenther BD, Katz LM. Body Temperature in Premature Infants During the First Week of Life: Exploration Using Infrared Thermal Imaging Robin. *J Therm Biol*. 2017;69:118–23.
28. Marins JCB, Fernandes AA, Cano SP, Moreira DG, da Silva FS, Costa CMA, et al. Thermal body patterns for healthy Brazilian adults (male and female). *J Therm Biol* [Internet]. 2014;42(1):1–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtherbio.2014.02.020>
29. Zaproudina N, Varmavuo V, Airaksinen O, Närhi M. Reproducibility of infrared thermography measurements in healthy individuals. *Physiol Meas*. 2008;29(4):515–24.
30. Zhu WP, Xin XR. Study on the distribution pattern of skin temperature in normal Chinese and detection of the depth of early burn wound by infrared thermography. *Ann N Y Acad Sci*. 1999;888:300–13.

31. Kolosovas-Machuca ES, González FJ. Distribution of skin temperature in Mexican children. *Skin Research and Technology*. 2011;17(3):326–31.
32. Vieira SG, Sillero-Quintana M, da Silva AG, Marins KO, Marins JCB. Thermographic response resulting from strength training: A preliminary study. *Apunts Sports Medicine*. 2020 Oct 1;55(208):120–7.
33. Valenzuela PL, Martín-Candilejo R, ´ Anchez-Martínez GS, Carlos J, Marins B, de La Villa P, et al. Ischemic Preconditioning and Muscle Force Capabilities [Internet]. 2019. Available from: [www.nasca.com](http://www.nasca.com)
34. Reis HHT, Brito CJ, Silva AG, Sillero-Quintana M, Reis VET, Werneck FZ, et al. Can body mass index influence the skin temperature of adolescents? A preliminary study with the use of infrared thermography. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*. 2022 (no prelo).

## CONCLUSÕES GERAIS

Com base nos resultados encontrados é possível concluir que a gordura corporal, a partir de suas características fisiológicas, influencia nos valores obtidos da  $T_P$  em uma avaliação termográfica na população de adolescentes do sexo masculino.

O levantamento bibliográfico realizado descreveu os fundamentos teóricos fisiológicos sobre a influência do tecido adiposo e de medidas antropométricas sobre a  $T_P$  e demonstrou que a obesidade, atrelada a altos valores de gordura corporal e aumento de medidas antropométricas, incluso o IMC, apresentando uma relação inversa com os valores da  $T_P$ .

Os resultados observados no presente trabalho confirmam a fundamentação teórica apresentada no levantamento bibliográfico, sendo comprovado que diferentes faixas de classificação de IMC apresentam valores de  $T_P$  específicos em adolescentes avaliados pela TI e que essas variáveis mantêm uma correlação negativa.

Esse tipo de correlação também foi encontrado na investigação entre %G e  $T_P$ , demonstrando que adolescentes com maior quantidade de gordura corporal apresentam menores valores da  $T_P$  em todas as RCI avaliadas no estudo.

Dessa maneira, conclui-se que as variáveis %G e IMC são determinantes no processo de avaliação termográfica, podem influenciar diretamente na interpretação da imagem, devendo ser levadas em consideração no momento da análise. Por esse motivo foram propostas tabelas de valores de classificação de normalidade para a  $T_P$  em função da classificação do avaliado – com ou sem obesidade – e do IMC.

## APÊNDICES

- I. Carta Convite para as Escolas do Município de Viçosa;
- II. Carta Convite para a Escola CAp-Coluni;
- III. Carta Convite para a Escola ESED RAT;
- IV. Carta Convite para a Escola Raul de Leoni;
- V. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – para os responsáveis;
- VI. Termo de Assentimento – para os avaliados menores de idade;
- VII. Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – para os avaliados maiores de idade e;
- VIII. Modelo de relatório para os avaliados.

## Apêndice I – Carta Convite para as Escolas do Município de Viçosa



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**  
**DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA**  
**LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA**



Eu, Hamilton Henrique Teixeira Reis, estudante do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, objetivando realizar um estudo para identificar a influência de fatores antropométricos e de composição corporal na Temperatura Irradiada pela Pele, juntamente com meu orientador, Professor Dr. João Carlos Bouzas Marins, professor Titular no Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, solicitamos a autorização da direção geral da Escola ..... para a realização da pesquisa intitulada **“RELAÇÃO ENTRE FATORES ANTROPOMÉTRICOS E DE COMPOSIÇÃO CORPORAL NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE”**.

Eu, ....., diretor(a) da instituição supracitada, portador(a) de RG nº ....., compreendi os objetivos do estudo e estou de acordo com a coleta de dados da pesquisa, certo(a) de que não haverá nenhum risco aos jovens, uma vez que o pesquisador responsável seguirá rigorosamente todos os critérios éticos estabelecidos pela Lei 466/12. Ainda estou consciente de que os resultados serão utilizados apenas para fins científicos, sendo totalmente sigilosos, não havendo nenhuma despesa ou gratificação para participação da referida pesquisa, e de que terei acesso aos resultados publicados em periódicos científicos. Ainda mais, em caso de identificação de qualquer tipo de aspecto relacionado à saúde dos participantes ao longo da pesquisa, serei informado pelo pesquisador e uma reunião com os pais será agendada para que o fato seja exposto.

---

Diretor(a) do Colégio

---

Hamilton Henrique T. Reis  
 Pesquisador

---

Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins  
 Orientador

## Apêndice II – Carta Convite para a Escola CAP-Coluni

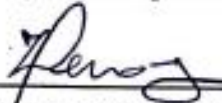



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA

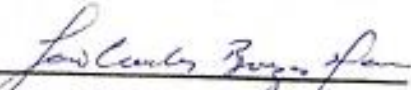


Eu, Hamilton Henrique Teixeira Reis, estudante do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, objetivando realizar um estudo para identificar a influência de fatores antropométricos e de composição corporal na Temperatura Irradiada pela Pele, juntamente com meu orientador, Professor Dr. João Carlos Bouzas Marins, professor Titular no Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, solicitamos a autorização da direção geral da Escola CAp-COLUNI para a realização da pesquisa intitulada "RELAÇÃO ENTRE FATORES ANTROPOMÉTRICOS E DE COMPOSIÇÃO CORPORAL NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE".

Eu, Isnard Domingos Ferraz, diretor(a) da instituição supracitada, portador(a) de RG nº M4822647, compreendi os objetivos do estudo e estou de acordo com a coleta de dados da pesquisa, certo(a) de que não haverá nenhum risco aos jovens, uma vez que o pesquisador responsável seguirá rigorosamente todos os critérios éticos estabelecidos pela Lei 466/12. Ainda estou consciente de que os resultados serão utilizados apenas para fins científicos, sendo totalmente sigilosos, não havendo nenhuma despesa ou gratificação para participação da referida pesquisa, e de que terei acesso aos resultados publicados em periódicos científicos. Ainda mais, em caso de identificação de qualquer tipo de aspecto relacionado à saúde dos participante ao longo da pesquisa, serei informado pelo pesquisador e uma reunião com os pais será agendada para que o fato seja exposto.

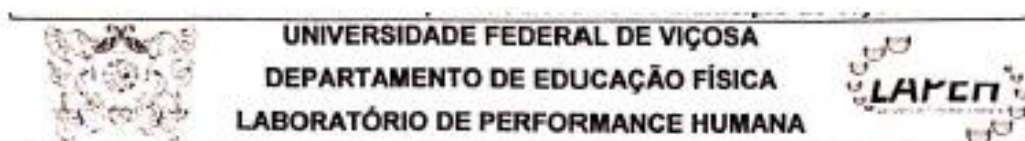
  
Diretor(a) do Colégio  
Isnard Domingos Ferraz  
Diretor do Colégio de Aplicação  
CAp-COLUNI/UFV  
Portaria nº 0624/2019, de 05/06/2019

  
Hamilton Henrique T. Reis  
Pesquisador

  
Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins  
Orientador

Prof. Dr. João C. B. Marins  
Diretor da DLZ-UFV  
Mat.: 6745-8

## Apêndice III – Carta Convite para a Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres




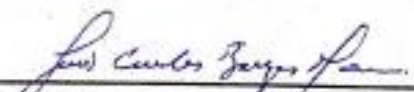
Eu, Hamilton Henrique Teixeira Reis, estudante do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, objetivando realizar um estudo para identificar a influência de fatores antropométricos e de composição corporal na Temperatura Irradiada pela Pele, juntamente com meu orientador, Professor Dr. João Carlos Bouzas Marins, professor Titular no Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, solicitamos a autorização da direção geral da Escola Estadual Dr. Raimundo Alves Torres para a realização da pesquisa intitulada "RELAÇÃO ENTRE FATORES ANTROPOMÉTRICOS E DE COMPOSIÇÃO CORPORAL NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE".

Eu, Silvia Regina Sangoletti Bellato, diretor(a) da instituição supracitada, portador(a) de RG nº 17557255-0, compreendi os objetivos do estudo e estou de acordo com a coleta de dados da pesquisa, certo(a) de que não haverá nenhum risco aos jovens, uma vez que o pesquisador responsável seguirá rigorosamente todos os critérios éticos estabelecidos pela Lei 466/12. Ainda estou consciente de que os resultados serão utilizados apenas para fins científicos, sendo totalmente sigilosos, não havendo nenhuma despesa ou gratificação para participação da referida pesquisa, e de que terei acesso aos resultados publicados em periódicos científicos. Ainda mais, em caso de identificação de qualquer tipo de aspecto relacionado à saúde dos participante ao longo da pesquisa, serei informado pelo pesquisador e uma reunião com os pais será agendada para que o fato seja exposto.

  
Diretor(a) do Colégio

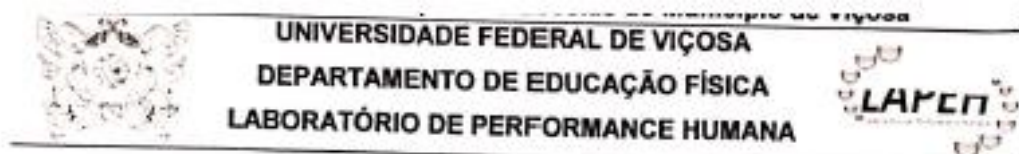
Silvia Regina Sangoletti Bellato  
DIRETORA ESCOLAR  
MG 29/08/2019  
MASP: 1053911-2

  
Hamilton Henrique T. Reis  
Pesquisador

  
Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins  
Orientador


Prof. Dr. João C. B. Marins  
Diretor da DLZ-UFV  
Mat.: 6745-8


## Apêndice IV – Carta Convite para a Escola Raul de Leoni

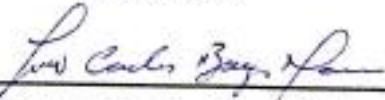


Eu, Hamilton Henrique Teixeira Reis, estudante do Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, objetivando realizar um estudo para identificar a influência de fatores antropométricos e de composição corporal na Temperatura Irradiada pela Pele, juntamente com meu orientador, Professor Dr. João Carlos Bouzas Marins, professor Titular no Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa, solicitamos a autorização da direção geral da Escola Estadual Raul de Leoni para a realização da pesquisa intitulada "RELAÇÃO ENTRE FATORES ANTROPOMÉTRICOS E DE COMPOSIÇÃO CORPORAL NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE".

Eu, Graziela Aparecida da Silva Vieira Castro, diretor(a) da instituição supracitada, portador(a) de RG nº MG.13.202.341, compreendi os objetivos do estudo e estou de acordo com a coleta de dados da pesquisa, certo(a) de que não haverá nenhum risco aos jovens, uma vez que o pesquisador responsável seguirá rigorosamente todos os critérios éticos estabelecidos pela Lei 466/12. Ainda estou consciente de que os resultados serão utilizados apenas para fins científicos, sendo totalmente sigilosos, não havendo nenhuma despesa ou gratificação para participação da referida pesquisa, e de que terei acesso aos resultados publicados em periódicos científicos. Ainda mais, em caso de identificação de qualquer tipo de aspecto relacionado à saúde dos participante ao longo da pesquisa, serei informado pelo pesquisador e uma reunião com os pais será agendada para que o fato seja exposto.

  
 Graziela A. da S. Vieira Castro  
 Diretora-MG 29/06/19  
 MRPSP: 328.702-4  
 Diretor(a) do Colégio Escola Estadual Raul de Leoni

  
 Hamilton Henrique T. Reis  
 Pesquisador

  
 Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins  
 Orientador

Prof. Dr. João C. B. Marins  
 Diretor da DLZ-UFV  
 Mat.: 6745-8

## Apêndice V – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – para os Responsáveis



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**  
**DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA**  
**LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA**



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO: RESPONSÁVEL

**TÍTULO DO PROJETO: RELAÇÃO ENTRE FATORES ANTROPOMÉTRICOS E DE COMPOSIÇÃO CORPORAL NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE**

**COORDENADOR DA PESQUISA (Pesquisador responsável):**

**Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins**  
 Departamento de Educação Física – UFV  
 Tel.: 31 3899-2076 – jcbouzas@ufv.br

**EQUIPE DE TRABALHO:**

**Hamilton Henrique Teixeira Reis**  
 Departamento de Educação Física – UFV  
 Tel.: 31 97175-6508 – hamilton.reis@ufv.br

O participante sob sua responsabilidade está sendo convidado como voluntário a participar da pesquisa **RELAÇÃO ENTRE FATORES ANTROPOMÉTRICOS E DE COMPOSIÇÃO CORPORAL NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE**. O propósito da pesquisa é determinar os valores de temperatura irradiada pela pele, através da Termografia Infravermelha, e sua relação com parâmetros antropométricos (medidas corporais) e por um método por imagem (DXA). Essa pesquisa é importante para conhecer o padrão de medidas corporais de adolescentes e jovens adultos brasileiros, bem como para verificar como essas medidas influenciam a leitura de uma imagem termográfica.

A participação neste estudo do voluntário sob sua responsabilidade é **MUITO IMPORTANTE**, mas a decisão de participar é **VOLUNTÁRIA**, o que significa que você terá o direito de decidir se autoriza ou não a participação, ou mesmo recusar a participação em alguma parte do estudo em especial. Também poderá retirar a autorização para participação do estudo em qualquer momento, sem acarretar qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador.

### **CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS E ANONIMATO**

Garantimos que será mantida a **CONFIDENCIALIDADE** das informações e o **ANONIMATO**. Ou seja, o nome do voluntário por quem é responsável não será mencionado em qualquer hipótese ou circunstância, mesmo em publicações científicas. Informamos que os resultados obtidos irão compor uma base de dados que poderão ser utilizados em outros estudos desenvolvidos pelo grupo dirigido pelo coordenador geral dessa investigação, Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins.

### **PROCEDIMENTOS DA DINÂMICA DO ESTUDO QUE ESTARÁ SENDO REALIZADO.**

A dinâmica do estudo que o voluntário sob sua responsabilidade será submetido corresponderá à mensuração de medidas corporais, como estatura, peso corporal, circunferências e medidas ósseas com duração de aproximadamente 50 minutos, seguidos pela avaliação da temperatura irradiada pela pele, com duração aproximada de 15 minutos. Os dados serão coletados no ambiente escolar (antropometria) ou no Laboratório de Performance Humana (antropometria e/ou termografia) da UFV, em uma sala reservada, estando somente o avaliado, o avaliador e um auxiliar. Posteriormente, na Divisão de Saúde da UFV o voluntário fará um exame de imagem chamado DXA para avaliar a quantidade de gordura e massa óssea do corpo, para identificar qual a quantidade de cada um desses componentes tem no corpo. Compreender a quantidade desses componentes é importante para o desenvolvimento de vida saudável. Esse último exame é realizado em um tempo não superior a sete minutos. Ao concluir todas as etapas, você receberá, caso solicite neste formulário, um relatório individual contendo as informações obtidas com a avaliação.

### **INFORMAÇÕES FINANCEIRAS**

Os pesquisadores deixam claro que não haverá nenhuma compensação financeira por participar do estudo, ou custos de transporte e de alimentação. Também não será exigido por parte do avaliado nenhuma cobrança financeira por estar participando do estudo.

#### **São considerados como benefícios de sua participação:**

O voluntário irá receber um relatório com os resultados das suas medidas antropométricas e gordura corporal por um método preciso, bem como seu estado de normalidade térmica dos valores encontrados pela técnica de Termografia Infravermelha. Caso os valores de composição corporal observados sejam classificados dentro das faixas de risco à saúde, o voluntário receberá informações sobre mudanças no estilo de vida que promovam a saúde e reduzam os fatores de risco. Caso apresente risco elevado, será fornecido encaminhamento para um profissional específico para acompanhamento. No caso de anormalidade térmica o avaliado será informado para que procure um médico para uma avaliação mais detalhada. A instituição de ensino envolvida receberá os resultados globais da pesquisa, com um diagnóstico da situação encontrada no grupo de alunos. A produção do conhecimento científico a partir dos dados obtidos podem gerar novas formas de se interpretar as imagens termográficas, que vem sendo utilizadas por várias classes de profissionais da área da saúde.

#### **Quanto aos riscos de participação do Estudo:**

Em todo o estudo não será feito qualquer medida de amostra de sangue, ou realização de esforço físico, nem será oferecido qualquer tipo de alimento, não havendo assim risco à integridade física. Pode haver constrangimento do avaliado no momento das medidas antropométricas, termografia infravermelha e realização da DXA, pois terão que estar com o mínimo de roupa expondo assim o corpo. A fim de minimizar qualquer problema de constrangimento, as avaliações serão realizadas em local apropriado, sem a presença de estranhos, havendo somente a presença do avaliado, avaliador e um auxiliar, que serão treinados para trabalhar de forma discreta e respeitosa. O exame de imagem por DXA emite radiação, porém em doses mínimas e aceitáveis, e que não há desconfortos previstos nas avaliações. As medidas de dobra cutânea fazem uma ligeira compressão na pele, que em alguns casos chega a incomodar ou deixar um “rubor” em pessoas muito brancas, contudo sem nenhum tipo de comprometimento físico. O(a) voluntário(a) tem a liberdade de não participar do estudo a qualquer momento.

### **DÚVIDAS SOBRE O ESTUDO**

Em caso de dúvida o senhor poderá entrar em contato com o Prof. Dr. JOÃO CARLOS BOUZAS MARINS, orientador da pesquisa, no Departamento de Educação Física – Universidade Federal de Viçosa – DES/UFV, na Av. P. H. Rolfs, s/n – Laboratório de Performance Humana (LAPEH), pelo telefone (31) 3899-2076 ou no e-mail: jcbouzas@ufv.br

Para que possamos manter contato posteriormente, mandando informações sobre os resultados, gostaríamos caso tenha interesse em preencher os seguintes dados:

Não tenho interesse de receber os resultados.  Tenho interesse de ter minhas informações.

Nome: \_\_\_\_\_ Data de nascimento: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_ Nacionalidade: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_ Bairro: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_ CEP.: \_\_\_\_\_

Eu....., declaro estar esclarecido(a) sobre os termos apresentados quanto aos objetivos, dinâmica do estudo, confidencialidade de meus dados, benefícios e riscos, além da possibilidade de retirar a autorização de participação parcial do estudo do(a) voluntário(a) sob minha responsabilidade, ou mesmo solicitar a sua exclusão posteriormente. Também fui esclarecido de todas as dúvidas sei que este projeto busca seguir integralmente a legislação brasileira com seres humanos, lei 466/12. Consinto por minha livre e espontânea vontade que o(a) voluntário(a) sob minha responsabilidade ..... participe desta pesquisa e assino o presente documento em duas vias de igual teor e forma, ficando uma em minha posse.

Para dúvida ou queixa sobre os aspectos éticos deste estudo poderei entrar em contato com o seguinte setor:

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, CEP/UFV, localizada no Prédio Arthur Bernardes, pelo e-mail cep@ufv.br, pelo site www.cep.ufv.br ou ainda pelo telefone: (31) 3899 2492.

\_\_\_\_\_  
 Hamilton Henrique Teixeira Reis  
 (Doutorando em Educação Física da UFV)

\_\_\_\_\_  
 Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins  
 (Assinatura do pesquisador responsável)

\_\_\_\_\_  
 (Assinatura do responsável)

Viçosa, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

## Apêndice VI – Termo de Assentimento



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**  
**DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA**  
**LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA**



### TERMO DE ASSENTIMENTO

#### **TÍTULO DO PROJETO: RELAÇÃO ENTRE FATORES ANTROPOMÉTRICOS E DE COMPOSIÇÃO CORPORAL NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE**

#### **COORDENADOR DA PESQUISA (Pesquisador responsável):**

**Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins**  
 Departamento de Educação Física – UFV  
 Tel.: 31 3899-2076 – jcbouzas@ufv.br

#### **EQUIPE DE TRABALHO:**

**Hamilton Henrique Teixeira Reis**  
 Departamento de Educação Física – UFV  
 Tel.: 31 97175-6508 – hamilton.reis@ufv.br

O participante sob sua responsabilidade está sendo convidado como voluntário a participar da pesquisa **RELAÇÃO ENTRE FATORES ANTROPOMÉTRICOS E DE COMPOSIÇÃO CORPORAL NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE**. O propósito da pesquisa é determinar os valores de temperatura irradiada pela pele, através da Termografia Infravermelha, e sua relação com parâmetros antropométricos (medidas corporais) e por um método por imagem (DXA). Essa pesquisa é importante para conhecer o padrão de medidas corporais de adolescentes e jovens adultos brasileiros, bem como para verificar como essas medidas influenciam a leitura de uma imagem termográfica.

A participação neste estudo do voluntário sob sua responsabilidade é **MUITO IMPORTANTE**, mas a decisão de participar é **VOLUNTÁRIA**, o que significa que você terá o direito de decidir se autoriza ou não a participação, ou mesmo recusar a participação em alguma parte do estudo em especial. Também poderá retirar a autorização para participação do estudo em qualquer momento, sem acarretar qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador.

#### **CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS E ANONIMATO**

Garantimos que será mantida a **CONFIDENCIALIDADE** das informações e o **ANONIMATO**. Ou seja, o nome do voluntário por quem é responsável não será mencionado em qualquer hipótese ou circunstância, mesmo em publicações científicas. Informamos que os resultados obtidos irão compor uma base de dados que poderão ser utilizados em outros estudos desenvolvidos pelo grupo dirigido pelo coordenador geral dessa investigação, Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins.

#### **PROCEDIMENTOS DA DINÂMICA DO ESTUDO QUE ESTARÁ SENDO REALIZADO.**

A dinâmica do estudo que o voluntário sob sua responsabilidade será submetido corresponderá à mensuração de medidas corporais, como estatura, peso corporal, circunferências e medidas ósseas com duração de aproximadamente 50 minutos, seguidos pela avaliação da temperatura irradiada pela pele, com duração aproximada de 15 minutos.

Os dados serão coletados no ambiente escolar (antropometria) ou no Laboratório de Performance Humana (antropometria e/ou termografia), em uma sala reservada, estando somente o avaliado, o avaliador e um auxiliar. Posteriormente, na Divisão de Saúde da UFV o voluntário fará um exame de imagem chamado DXA para avaliar a quantidade de gordura e massa óssea do corpo, para identificar qual a quantidade de cada um desses componentes tem no corpo. Compreender a quantidade desses componentes é importante para o desenvolvimento de vida saudável. Esse último exame é realizado em um tempo não superior a sete minutos. Ao concluir todas as etapas, você receberá, caso solicite neste formulário, um relatório individual contendo as informações obtidas com a avaliação.

### **INFORMAÇÕES FINANCEIRAS**

Para participar deste estudo, seu responsável legal deverá autorizar e assinar um termo de consentimento. Os pesquisadores deixam claro que não haverá nenhuma compensação financeira por participar do estudo, ou custos de transporte e de alimentação. Também não será exigido por parte do avaliado nenhuma cobrança financeira por estar participando do estudo.

### **São considerados como benefícios de sua participação:**

O voluntário irá receber um relatório com os resultados das suas medidas antropométricas e gordura corporal por um método preciso, bem como seu estado de normalidade térmica dos valores encontrados pela técnica de Termografia Infravermelha. Caso os valores de composição corporal observados sejam classificados dentro das faixas de risco à saúde, o voluntário receberá informações sobre mudanças no estilo de vida que promovam a saúde e reduzam os fatores de risco. Caso apresente risco elevado, será fornecido encaminhamento para um profissional específico para acompanhamento. No caso de anormalidade térmica o avaliado será informado para que procure um médico para uma avaliação mais detalhada. A instituição de ensino envolvida receberá os resultados globais da pesquisa, com um diagnóstico da situação encontrada no grupo de alunos. A produção do conhecimento científico a partir dos dados obtidos podem gerar novas formas de se interpretar as imagens termográficas, que vem sendo utilizadas por várias classes de profissionais da área da saúde.

### **Quanto aos riscos de participação do Estudo:**

Em todo o estudo não será feito qualquer medida de amostra de sangue, ou realização de esforço físico, nem será oferecido qualquer tipo de alimento, não havendo assim risco à integridade física. Pode haver constrangimento do avaliado no momento das medidas antropométricas, termografia infravermelha e realização da DXA, pois terão que estar com o mínimo de roupa expondo assim o corpo. A fim de minimizar qualquer problema de constrangimento, as avaliações serão realizadas em local apropriado, sem a presença de estranhos, havendo somente a presença do avaliado, avaliador e um auxiliar, que serão treinados para trabalhar de forma discreta e respeitosa. O exame de imagem por DXA emite radiação, porém em doses mínimas e aceitáveis, e que não há desconfortos previstos nas avaliações. As medidas de dobra cutânea fazem uma ligeira compressão na pele, que em alguns casos chega a incomodar ou deixar um “rubor” em pessoas muito brancas, contudo sem nenhum tipo de comprometimento físico. O(a) voluntário(a) tem a liberdade de não participar do estudo a qualquer momento.

### **DÚVIDAS SOBRE O ESTUDO**

Em caso de dúvida você poderá entrar em contato com o Prof. Dr. JOÃO CARLOS BOUZAS MARINS, orientador da pesquisa, no Departamento de Educação Física –

Universidade Federal de Viçosa – DES/UFV, na Av. P. H. Rolfs, s/n – Laboratório de Performance Humana (LAPEH), pelo telefone (31) 3899-2076 ou no e-mail: jcbouzas@ufv.br.

Para que possamos manter contato posteriormente, enviando informações sobre seus resultados, solicitamos, caso tenha interesse, o preenchimento dos seguintes dados:

Não tenho interesse de receber os resultados.  Tenho interesse de ter minhas informações.

Nome: \_\_\_\_\_ Data de nascimento: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_ Nacionalidade: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_ Bairro: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_ CEP.: \_\_\_\_\_

Eu ....., declaro estar esclarecido(a) sobre os termos apresentados quanto aos objetivos, dinâmica do estudo, confidencialidade de meus dados, benefícios e riscos, além da possibilidade de recusar a participação parcial do estudo, ou mesmo solicitar a exclusão posteriormente. Também fui esclarecido de todas as dúvidas e sei que este projeto busca seguir integralmente a legislação brasileira com seres humanos, lei 466/12. Concordo, por minha livre e espontânea vontade, participar nesta pesquisa e assino o presente documento em duas vias de igual teor e forma, ficando uma em minha posse.

Para dúvida ou queixa sobre os aspectos éticos deste estudo poderei entrar em contato com o seguinte setor:

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, CEP/UFV, localizada no Prédio Arthur Bernardes, pelo e-mail cep@ufv.br, pelo site www.cep.ufv.br ou ainda pelo telefone: (31) 3899 2492.

\_\_\_\_\_  
 Hamilton Henrique Teixeira Reis  
 (Doutorando em Educação Física da UFV)

\_\_\_\_\_  
 Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins  
 (Assinatura do pesquisador responsável)

\_\_\_\_\_  
 (Assinatura do voluntário)

Viçosa, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

## Apêndice VII – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Voluntário



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA  
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
LABORATÓRIO DE PERFORMANCE HUMANA



### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO: VOLUNTÁRIO

**TÍTULO DO PROJETO: RELAÇÃO ENTRE FATORES ANTROPOMÉTRICOS E DE COMPOSIÇÃO CORPORAL NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE**

**COORDENADOR DA PESQUISA (Pesquisador responsável):**

**Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins**  
Departamento de Educação Física – UFV  
Tel.: 31 3899-2076 – jcbouzas@ufv.br

**EQUIPE DE TRABALHO:**

**Hamilton Henrique Teixeira Reis**  
Departamento de Educação Física – UFV  
Tel.: 31 97175-6508 – hamilton.reis@ufv.br

O participante sob sua responsabilidade está sendo convidado como voluntário a participar da pesquisa **RELAÇÃO ENTRE FATORES ANTROPOMÉTRICOS E DE COMPOSIÇÃO CORPORAL NA TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE**. O propósito da pesquisa é determinar os valores de temperatura irradiada pela pele, através da Termografia Infravermelha, e sua relação com parâmetros antropométricos (medidas corporais) e por um método por imagem (DXA). Essa pesquisa é importante para conhecer o padrão de medidas corporais de adolescentes e jovens adultos brasileiros, bem como para verificar como essas medidas influenciam a leitura de uma imagem termográfica.

A participação neste estudo do voluntário sob sua responsabilidade é **MUITO IMPORTANTE**, mas a decisão de participar é **VOLUNTÁRIA**, o que significa que você terá o direito de decidir se autoriza ou não a participação, ou mesmo recusar a participação em alguma parte do estudo em especial. Também poderá retirar a autorização para participação do estudo em qualquer momento, sem acarretar qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador.

### CONFIDENCIALIDADE DOS DADOS E ANONIMATO

Garantimos que será mantida a **CONFIDENCIALIDADE** das informações e o **ANONIMATO**. Ou seja, o nome do voluntário por quem é responsável não será mencionado em qualquer hipótese ou circunstância, mesmo em publicações científicas. Informamos que os resultados obtidos irão compor uma base de dados que poderão ser utilizados em outros estudos desenvolvidos pelo grupo dirigido pelo coordenador geral dessa investigação, Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins.

### PROCEDIMENTOS DA DINÂMICA DO ESTUDO QUE ESTARÁ SENDO REALIZADO.

A dinâmica do estudo que o voluntário sob sua responsabilidade será submetido corresponderá à mensuração de medidas corporais, como estatura, peso corporal, circunferências e medidas ósseas com duração de aproximadamente 50 minutos, seguidos pela avaliação da temperatura irradiada pela pele, com duração aproximada de 15 minutos.

Os dados serão coletados no ambiente escolar ou no ambiente escolar (antropometria) ou no Laboratório de Performance Humana (antropometria e/ou termografia), em uma sala reservada, estando somente o avaliado, o avaliador e um auxiliar. Posteriormente, na Divisão de Saúde da UFV o voluntário fará um exame de imagem chamado DXA para avaliar a quantidade de gordura e massa óssea do corpo, para identificar qual a quantidade de cada um desses componentes tem no corpo. Compreender a quantidade desses componentes é importante para o desenvolvimento de vida saudável. Esse último exame é realizado em um tempo não superior a sete minutos. Ao concluir todas as etapas, você receberá, caso solicite neste formulário, um relatório individual contendo as informações obtidas com a avaliação.

### **INFORMAÇÕES FINANCEIRAS**

Os pesquisadores deixam claro que não haverá nenhuma compensação financeira por participar do estudo, ou custos de transporte e de alimentação. Também não será exigido por parte do avaliado nenhuma cobrança financeira por estar participando do estudo.

### **São considerados como benefícios de sua participação:**

O voluntário irá receber um relatório com os resultados das suas medidas antropométricas e gordura corporal por um método preciso, bem como seu estado de normalidade térmica dos valores encontrados pela técnica de Termografia Infravermelha. Caso os valores de composição corporal observados sejam classificados dentro das faixas de risco à saúde, o voluntário receberá informações sobre mudanças no estilo de vida que promovam a saúde e reduzam os fatores de risco. Caso apresente risco elevado, será fornecido encaminhamento para um profissional específico para acompanhamento. No caso de anormalidade térmica o avaliado será informado para que procure um médico para uma avaliação mais detalhada. A instituição de ensino envolvida receberá os resultados globais da pesquisa, com um diagnóstico da situação encontrada no grupo de alunos. A produção do conhecimento científico a partir dos dados obtidos podem gerar novas formas de se interpretar as imagens termográficas, que vem sendo utilizadas por várias classes de profissionais da área da saúde.

### **Quanto aos riscos de participação do Estudo:**

Em todo o estudo não será feito qualquer medida de amostra de sangue, ou realização de esforço físico, nem será oferecido qualquer tipo de alimento, não havendo assim risco à integridade física. Pode haver constrangimento do avaliado no momento das medidas antropométricas, termografia infravermelha e realização da DXA, pois terão que estar com o mínimo de roupa expondo assim o corpo. A fim de minimizar qualquer problema de constrangimento, as avaliações serão realizadas em local apropriado, sem a presença de estranhos, havendo somente a presença do avaliado, avaliador e um auxiliar, que serão treinados para trabalhar de forma discreta e respeitosa. O exame de imagem por DXA emite radiação, porém em doses mínimas e aceitáveis, e que não há desconfortos previstos nas avaliações. As medidas de dobra cutânea fazem uma ligeira compressão na pele, que em alguns casos chega a incomodar ou deixar um “rubor” em pessoas muito brancas, contudo sem nenhum tipo de comprometimento físico. O(a) voluntário(a) tem a liberdade de não participar do estudo a qualquer momento.

### **DÚVIDAS SOBRE O ESTUDO**

Em caso de dúvida o senhor poderá entrar em contato com o Prof. Dr. JOÃO CARLOS BOUZAS MARINS, orientador da pesquisa, no Departamento de Educação Física – Universidade Federal de Viçosa – DES/UFV, na Av. P. H. Rolfs, s/n – Laboratório de Performance Humana (LAPEH), pelo telefone (31) 3899-2076 ou no e-mail: jcbouzas@ufv.br

Para que possamos manter contato posteriormente, mandando informações sobre os resultados, gostaríamos caso tenha interesse em preencher os seguintes dados:

Não tenho interesse de receber os resultados.  Tenho interesse de ter minhas informações.

Nome: \_\_\_\_\_ Data de nascimento: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Sexo: \_\_\_\_\_ Nacionalidade: \_\_\_\_\_ Telefone: \_\_\_\_\_ e-mail: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_ Bairro: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Cidade: \_\_\_\_\_ Estado: \_\_\_\_\_ CEP.: \_\_\_\_\_

Eu....., declaro estar esclarecido(a) sobre os termos apresentados quanto aos objetivos, dinâmica do estudo, confidencialidade de meus dados, benefícios e riscos, além da possibilidade de retirar a autorização de participação parcial do estudo do(a) voluntário(a) sob minha responsabilidade, ou mesmo solicitar a sua exclusão posteriormente. Também fui esclarecido de todas as dúvidas sei que este projeto busca seguir integralmente a legislação brasileira com seres humanos, lei 466/12. Consinto por minha livre e espontânea vontade que o(a) voluntário(a) sob minha responsabilidade ..... participe desta pesquisa e assino o presente documento em duas vias de igual teor e forma, ficando uma em minha posse.

Para dúvida ou queixa sobre os aspectos éticos deste estudo poderei entrar em contato com o seguinte setor:

Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, CEP/UFV, localizada no Prédio Arthur Bernardes, pelo e-mail cep@ufv.br, pelo site www.cep.ufv.br ou ainda pelo telefone: (31) 3899 2492.


\_\_\_\_\_  
 Hamilton Henrique Teixeira Reis  
 (Doutorando em Educação Física da UFV)

\_\_\_\_\_  
 Prof. Dr. João Carlos Bouzas Marins  
 (Assinatura do pesquisador responsável)

\_\_\_\_\_  
 (Assinatura do responsável)

Viçosa, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019.

### Apêndice VIII – Modelo de Relatório para os avaliados

	<b>Universidade Federal de Viçosa</b> <b>Projeto de Pesquisa</b> <b>Resultados dos testes da Pesquisa</b> <b>Laboratório de Performance Humana</b>		
	<b>Avaliador:</b>		<b>Data:</b>
<b>Aluno(a):</b>		<b>Idade:</b>	

<b>Composição Corporal</b>			
IMC	24,41	Classificação:	Normal
Relação cintura/quadril	0,82	Classificação:	Risco Moderado
Circunferência Abdominal:	87,5	Classificação:	Risco Moderado
Gordura Corporal	38,1	Classificação:	Sobrepeso
<b>Relatório:</b> Se apresentar valor adequado: seu valor de IMC é classificado como adequado. Além disso, outros métodos que calculam a gordura na região central do corpo, apresentam baixo risco à saúde. A gordura corporal está dentro de padrões considerados saudáveis. Praticar exercícios físicos regularmente e manter uma alimentação saudável são indispensáveis para a manutenção da boa saúde. Evite muitas horas seguidas sentado utilizando computador, assistindo televisão, usando celular ou outros equipamentos que o mantenham sem se movimentar. Evite também o consumo de alimentos industrializados e reduza o consumo de açúcar, sal e gorduras em geral.			

<b>Maturação</b>			
Pico veloc. do crescimento	24,41	Classificação:	Normal
Estatua estimada adulto	0,82	Classificação:	Risco Moderado
<b>Relatório:</b> De acordo com os dados obtidos, é possível prever que você já alcançou sua fase de pico da velocidade do crescimento. Sua altura estimada na fase adultas é de XXX cm.			

## ANEXOS

- I. Comunicado de aceite da Revista Andaluza de Medicina del Deporte;
- II. Comunicado de aceite da Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano;
- III. Comunicado de submissão de artigo para o *Journal of Thermal Biology*;
- IV. Aprovação da Pesquisa pelo Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos e;
- V. Modelo de relatório DXA para os avaliados.
- VI. Folha de atividades desenvolvidas no curso.

## Anexo I – Comunicado de aceite da Revista Andaluza de Medicina del Deporte;

De: **Covadonga López López** <[covadonga.lopez@juntadeandalucia.es](mailto:covadonga.lopez@juntadeandalucia.es)>

Date: qui., 20 de out. de 2022 às 06:00

Subject: [RAMD] Decisión del Editor

To: João Carlos Bouzas Marins <[jcbouzas@ufv.br](mailto:jcbouzas@ufv.br)>

João Carlos Bouzas Marins:

Hemos tomado una decisión sobre su envío en Revista Andaluza de Medicina del Deporte, "Influencia de los parámetros antropométricos y de la composición corporal en las imágenes termográficas".

Nuestra decisión es: Aceptar el envío

Covadonga López López

[covadonga.lopez@juntadeandalucia.es](mailto:covadonga.lopez@juntadeandalucia.es)

---

[Revista Andaluza de Medicina del Deporte](#)

## Anexo II – Comunicado de aceite da Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano;



Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano <rbdh@contato.ufsc.br>  
para mim, Cirojbrito, alissongs, manuel.sillero, victoriaestr, FRANCISCO, ismael.fernandez, mscerqueira.if, Jcbouzas ▾

sex., 9 de set. 12:15 ☆ ↶ ⋮

Prezado(a) Autor(a),

É com satisfação que informo que o vosso artigo intitulado "Can body mass index influence the skin temperature of adolescents? A preliminary study with the use of infrared thermography" foi aceito para publicação na Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano e encontra-se em processo de pré-edição.

Em anexo, nós enviamos a versão do vosso artigo. Por favor, confirme mais uma vez se o nome de todos os autores e a referida afiliação está correta, se as tabelas e figuras correspondem ao artigo, assim como quaisquer outros detalhes que lhe chamar atenção. Confira, por favor, se todas as siglas estão corretas. Adicionalmente, foi colocado comentários para que o autor cheque as informações e faça as devidas correções de forma que são **obrigatórios**. Caso deseje alterar alguma informação no texto do artigo, esse é o momento. Nos passos seguinte, não será permitido nenhuma alteração na folha de rosto e nem no texto do artigo. A RBCDH não publica erratas, por isso que essa é a etapa de os autores conferirem todo o texto. O prazo de resposta desse e-mail é de 72 horas.

Após os autores retornarem esse e-mail com a versão corrigida do artigo, o manuscrito será encaminhado para a empresa de edição (Editora Cubo) que dará sequência à todo processo de edição e entrará em contato com os autores. A empresa responsável pela edição fará a cobrança aos autores no valor de R\$ 1.000,00 (um mil reais) para que o artigo seja publicado. Assim, após o autor nos retornar esse e-mail, nós pedimos que aguarde o contato da empresa de edição até um prazo de 30 dias para os demais passos da publicação.

Agradecemos o interesse em publicar a sua pesquisa na Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano.

Atenciosamente,

Conselho Editorial RBCDH.


## Anexo III – Comunicado de submissão de artigo para o *Journal of Thermal Biology*;

Submission to Journal of Thermal Biology - manuscript number  Caixa de entrada x



**Journal of Thermal Biology** <em@editorialmanager.com>  
para mim ▾

dom., 11 de set. 08:21 ☆ ↶ ⋮

 inglês ▾ > português ▾ Traduzir mensagem

Desativar para: inglês x

\*This is an automated message.\*

Manuscript Number: TB-D-22-00448

Can the Body Mass Index influence the skin temperature of adolescents assessed by infrared thermography?

Dear Mr. Teixeira Reis,

Your above referenced submission has been assigned a manuscript number: TB-D-22-00448.

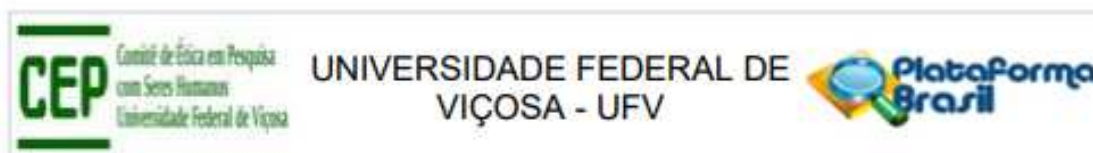
To track the status of your manuscript, please log in as an author at <https://www.editorialmanager.com/tb/>, and navigate to the "Submissions Being Processed" folder.

Thank you for submitting your work to this journal.

Kind regards,  
Journal of Thermal Biology

More information and support

## Anexo IV – Aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa com seres humanos



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** A TEMPERATURA IRRADIADA DA PELE EM ADOLESCENTES E JOVENS ADULTOS E SUA RELAÇÃO COM A GORDURA CORPORAL

**Pesquisador:** JOÃO CARLOS BOUZAS MARINS

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 36842020.5.0000.5153

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Viçosa

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio  
Capes Coordenação Aperf Pessoal Nível Superior

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.361.147

#### Apresentação do Projeto:

O presente protocolo foi enquadrado como pertencente à Grande Área 4. Ciências da Saúde



Conforme resumo apresentado no formulário online da Plataforma:

**INTRODUÇÃO:** O registro da temperatura irradiada da pele (TIP) pode dar importantes informações sobre a condição de saúde de um avaliado. Essa interpretação pode ser feita a partir de um perfil térmico na faixa de normalidade. Alterações hipo ou hipertérmicas são indicativos de algum problema de saúde e que deve ser investigado por meio de um exame complementar ou clínico. Contudo uma série de fatores internos e externos podem afetar o registro da TIP, entre eles se espera que a gordura corporal por conta de seu efeito isolante tenha a capacidade de modificar o perfil de normalidade térmica esperada, afetando assim a interpretação de seu registro **OBJETIVO PRINCIPAL:** Estabelecer se a espessura da gordura corporal influencia no registro da TIP, modificando o perfil de normalidade da TIR em diferentes regiões corporais. **METODOLOGIA:** O estudo será de característica transversal com 400 estudantes com idade entre 14 e 30 anos (200 adolescentes de 14 a 19 anos e 200 adultos jovens, universitários, entre 18 a 30 anos), saudáveis e selecionados por meio de amostragem aleatória simples. Os jovens adolescentes serão oriundos de três escolas de ensino médio, enquanto que os jovens adultos estudantes da UFV. Todos serão avaliados uma única vez quanto ao seu perfil antropométrico, incluindo medidas básicas (Massa corporal (MC) e estatura); dobras cutâneas (Triceps,



## Anexo VI – Folha de Atividades Desenvolvidas no Curso

## MESTRADO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

	
<p><b>Universidade Federal de Viçosa</b> <b>Departamento de Educação Física</b></p>	<p><b>Universidade Federal de Juiz de Fora</b> <b>Faculdade de Educação Física e Desportos</b></p>

## FOLHA DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO CURSO

**1. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS COMPLETOS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS**

1. CARVALHO, CRISTIANE JUNQUEIRA DE ; MARINS, JOÃO CARLOS BOUZAS ; LADE, CARLOS GABRIEL DE ; CASTILHO, POLLYANA DE REZENDE ; **REIS, HAMILTON HENRIQUE TEIXEIRA** ; AMORIM, PAULO ROBERTO DOS SANTOS ; LIMA, LUCIANA MOREIRA . AEROBIC AND RESISTANCE EXERCISE IN PATIENTS WITH RESISTANT HYPERTENSION. REVISTA BRASILEIRA DE MEDICINA DO ESPORTE (ONLINE) **JCR**, v. 25, p. 107-111, 2019.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

2. **REIS, H. H. T.**; REIS, V. E. T. ; CARNEIRO JUNIOR, M. A. ; LIMA, L. M. ; MARINS, J. C. B. . EFEITOS AGUDOS DA INGESTÃO DE BEBIDAS ENERGÉTICAS SOBRE OS PARAMÊTROS HIDRO-ELETROLÍTICOS DURANTE EXERCÍCIO EM ESTEIRA.. Revista da Educação física/UEM (Online), v. 30, p. 1-13, 2019.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

3. PEDROSA, I. ; PARIS, V. F. ; **REIS, H. H. T.** ; MARINS, J. C. B. . Padrões de consumo de bebidas energéticas e suplementos alimentares à base de cafeína por frequentadores de academias. REVISTA CIÊNCIAS EM SAÚDE, v. 10, p. 54-61, 2020.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

4. **REIS, H. H.**; LIMA, L. M. ; REIS, V. E. ; MOTA-JUNIOR, R. J. ; SOARES JUNIOR, D. T. ; SILLERO-QUINTANA, M. ; RASMUSSEN, H. E. ; CARNEIRO-JUNIOR, M. A. ; MARINS, J. B. . Effects of conventional and sugar-free energy drinks intake in runners: a double-blind, randomized, placebo-controlled crossover clinical trial. THE JOURNAL OF SPORTS MEDICINE AND PHYSICAL FITNESS **JCR**, v. 61, p. 928-934, 2021.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

5. SILVA, A. G. ; **REIS, H. H. T.** ; MARINS, JOÃO CARLOS BOUZAS . BASES FISIOLÓGICAS DA APLICAÇÃO DA TERMOGRAFIA PARA CONTROLE DE CARGA NO FUTEBOL: UMA BREVE REVISÃO. REVISTA BRASILEIRA DE FUTEBOL, v. 15, p. 3-20, 2022.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

6. BRAGA, B. B. ; FERREIRA, F. G. ; **REIS, H. H. T.** ; MARINS, JOÃO CARLOS BOUZAS . Prevalence of coronary risk factors in load transport drivers. REVISTA BRASILEIRA DE MEDICINA DO TRABALHO, v. 20, p. 254-261, 2022.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

## 2. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS ACEITOS EM PERIÓDICOS

1. SILVA, A. G. ; ALBUQUERQUE, M. R. ; **REIS, H. H. T.** ; FERREIRA, F. G. ; MARINS, J. C. B. . Infrared Thermography Detects Soccer-Induced Residual Fatigue: A Single- Case Study. MOTRICIDADE (SANTA MARIA DA FEIRA), 2022.

Origem:

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

2. **REIS, H. H. T.**; BRITO, C. J. ; SILVA, A. G. ; SILLERO-QUINTANA, M. ; REIS, V. E. T. ; WERNECK, F. Z. ; FERNANDEZ-CUEVAS, I. ; CERQUEIRA, M. S. ; MARINS, JOÃO CARLOS BOUZAS. Can body mass index influence the skin temperature of adolescents? A preliminary study with the use of infrared thermography. Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, 2022.

Origem:

[x] Trabalho originário do texto da tese.

3. **REIS, H. H. T.**; BRITO, C. J. ; SILVA, A. G. ; SILLERO-QUINTANA, M. ; WERNECK, F. Z. ; FERNANDEZ-CUEVAS, I. ; CERQUEIRA, M. S. ; MARINS, J. C. B. . Influencia de los parámetros antropométricos y de la composición corporal en las imágenes termográficas. Revista Andaluza de Medicina Del Deporte, 2022.

Origem:

[x] Trabalho originário do texto da tese.

4. PEREIRA, J. C. ; LIMA, L. M. ; ALFENAS, R. C. G. ; GUTIERRES, A. P. M. ; SILLERO-QUINTANA, M. ; **REIS, H. H. T.** ; MARINS, J. C. B. . Consumo de bebidas energéticas sobre la respuesta cardiovascular, metabólica y rendimiento. ¿Hay efecto?. ARCHIVOS DE MEDICINA DEL DEPORTE, 2022.

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

5. MARINHO, J. P. R. ; CERQUEIRA, M. S. ; **REIS, H. H. T.** ; BARA FILHO, M. G. ; SILVA, A. G. ; REZENDE, C. M. ; MARINS, J. C. B. . Thermal characterization in professional volleyball athletes. MOTRICIDADE (SANTA MARIA DA FEIRA), 2021.

[x] Trabalho originário de outras parcerias.

### 3. PARTICIPAÇÃO EM ARTIGOS SUBMETIDOS EM PERIÓDICOS

AUTORES: **REIS, H. H. T.**; BRITO, C. J. ; SILVA, A. G. ; SILLERO-QUINTANA, M. ; REIS, V. E. T. ; WERNECK, F. Z. ; FERNANDEZ-CUEVAS, I. ; CERQUEIRA, M. S. ; MARINS, JOÃO CARLOS BOUZAS

TÍTULO: **Can the Body Mass Index influence the skin temperature of adolescents assessed by infrared thermography?**

REVISTA: *Journal of Thermal Biology*

Origem:

[x] Trabalho originário do texto da tese.

[ ] Trabalho originário de outras parcerias

### 4. LIVROS PUBLICADOS EM PERIÓDICOS

Não há.

### 5. PARTICIPAÇÃO EM CAPÍTULO DE LIVROS PUBLICADOS

Não há.

### 6. PARTICIPAÇÃO EM JORNAIS DE NOTÍCIAS OU REVISTAS

Não há.

### 7. PARTICIPAÇÃO EM CONGRESSOS, SEMINÁRIOS, CURSOS, SIMPÓSIOS COMO PALESTRANTE

Não há.

### 8. RESUMOS PUBLICADOS EM ANAIS DE CONGRESSOS

1. SILVA, A. G. ; MARINS, JOÃO CARLOS BOUZAS ; **REIS, H. H. T.** ; FERREIRA, F. G. ; ALBUQUERQUE, M. R. . 'Termografia infravermelha detecta fadiga residual induzida pelo futebol: um estudo de caso. In: Simpósio de Integração Acadêmica, 2021, Viçosa. Anais do Simpósio de Integração Acadêmica, 2021.

2. MARINHO, J. P. R. ; MARINS, J. C. B. ; SILVA, A. G. ; **REIS, H. H. T.** ; CERQUEIRA, M. S. ; BARA FILHO, M. G. . Caracterização Térmica em Atletas Profissionais de Voleibol. In: Simpósio de Integração Acadêmica, 2020, Viçosa. Anais do Simpósio de Integração Acadêmica, 2020.

3. **REIS, H. H. T.**; MARINS, J. C. B. ; SILVA, A. G. ; CERQUEIRA, M. S. . 'Influência do índice de massa corporal na temperatura irradiada da pele: um estudo preliminar.. In: Simpósio de Integração Acadêmica, 2020, Viçosa. Anais do Simpósio de Integração Acadêmica, 2020.

4. DIAS, F. A. M. ; MARINS, J. C. B. ; **REIS, H. H. T.** ; PEREZ, J. B. . Perfil térmico de jovens praticantes de atletismo. In: Simpósio de Integração Acadêmica, 2019, Viçosa. Simpósio de Integração Acadêmica, 2019.

5. MEDINA, L. M. B. ; MARINS, J. C. B. ; **REIS, H. H. T.** . Classificação do nível de atividade física de estudantes universitários a partir de aplicativos de pedômetros. In: Simpósio de Integração Acadêmica, 2019, Viçosa. Simpósio de Integração Acadêmica, 2019.

**6. REIS, H. H. T.;** MARINS, J. C. B. ; OLIVEIRA, P. C. A. . Desempenho da Agilidade em Jovens Adolescentes. In: Simpósio de Integração Acadêmica, 2019, Viçosa. Simpósio de Integração Acadêmica, 2019.

**7. REIS, H. H. T.;** SILVA, A. G. ; FERREIRA, F. G. ; REZENDE, C. M. ; MARINS, J. C. B. . CAPACIDADE DE MARCADORES PSICOFISIOLÓGICOS E DE DESEMPENHO DE IDENTIFICAR FADIGA RESIDUAL APÓS JOGO SIMULADO DE FUTEBOL EM JOVENS JOGADORES. In: XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx, 2019, Rio de Janeiro. XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx, 2019. v. 88.

**8. SILVA, A. G. ; REIS, H. H. T. ; FERREIRA, F. G. ; MENEZES, C. A. ; MARINS, J. C. B. .** TERMOGRAFIA INFRAVERMELHA COMO FERRAMENTA DE MONITORAMENTO DA RECUPERAÇÃO MUSCULAR PÓS-JOGO DE FUTEBOL EM JOVENS JOGADORES. In: XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx, 2019, Rio de Janeiro. XVIII Simpósio Internacional de Atividades Físicas e VI Fórum Científico da EsEFEx, 2019. v. 88.

#### **9. VISITAS TÉCNICAS, INTERCÂMBIOS OU ESTÁGIOS**

Não há.

#### **10. ORIENTAÇÕES**

Não há.

#### **11. PARTICIPAÇÃO EM BANCAS**

**Nome do Aluno:** José Willian Freitas de Sá.

**Título do trabalho:** Perda aguda de peso corporal através de métodos de desidratação e morte súbita em esportes de combate: uma revisão narrativa.

**Data:** Agosto de 2022.

**Nome dos demais membros da avaliação:** João Carlos Bouzas Marins.

#### **12. AULAS MINISTRADAS DE GRADUAÇÃO NA UFV ou UFJF**

**Nome da disciplina:** Fisiologia do Esforço I (EFI 218)

**Carga horária:** 4h

**Ano:** 2018

**Nome da disciplina:** Fisiologia Aplicada aos Esportes (EFI 319)

**Carga horária:** 4h

**Ano:** 2018

**Nome da disciplina:** Avaliação da Aptidão Cardiorrespiratória (EFI 318)

**Carga horária:** 2h

**Ano:** 2019

**Nome da disciplina:** Recursos Ergogênicos no Esporte (EFI 320)

**Carga horária:** 4h

**Ano:** 2019