

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**TERMORREGULAÇÃO COMPORTAMENTAL EM IDOSOS E JOVENS DURANTE
EXERCÍCIO DE CICLISMO NO CALOR**

Natália Franciele Lessa
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

NATÁLIA FRANCIELE LESSA

**TERMORREGULAÇÃO COMPORTAMENTAL EM IDOSOS E JOVENS DURANTE
EXERCÍCIO DE CICLISMO NO CALOR**

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

Orientador: Thales N. Primola Gomes

Coorientador: Danielli Braga de Mello

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2024**

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

T

L638t
2024

Lessa, Natália Franciele, 1997-
Termorregulação comportamental em idosos e jovens
durante exercício de ciclismo no calor / Natália Franciele Lessa.
– Viçosa, MG, 2024.
1 dissertação eletrônica (109 f.): il. (algumas color.).

Inclui anexos.

Orientador: Thales Nicolau Prímola Gomes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Educação Física, 2024.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.042>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Temperatura corporal - Regulação - Efeito do
envelhecimento. 2. Ciclismo - Aspectos fisiológicos. 3. Calor -
Efeito fisiológico. 4. Homeostase. I. Gomes, Thales Nicolau
Prímola, 1978-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Educação Física. Programa de Pós-Graduação
em Educação Física. III. Título.

CDD 22. ed. 612.014462

NATÁLIA FRANCIELE LESSA

**TERMORREGULAÇÃO COMPORTAMENTAL EM IDOSOS E JOVENS DURANTE
EXERCÍCIO DE CICLISMO NO CALOR**

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

APROVADA: 11 de novembro de 2024.

Assentimento:

Natália Franciele Lessa
Autora

Thales Nicolau Primola Gomes
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pela autora em 03/02/2025 às 11:37:27 e pelo orientador em 14/03/2025 às 13:51:57. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **ZEDD.6WX5.5VUJ** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Milton e Marilene, por todo apoio em meus estudos.

À Eloá e tia Letícia, pela presença e carinho ao longo da minha vida.

Aos meus amigos, por compreenderem os momentos de ausência e tornarem os dias turbulentos mais leves, em especial, Lucas e Talia.

Ao Davi, pela presença ao longo dos anos e por todo apoio e carinho durante a minha formação.

Ao Grupo de Estudos em Termorregulação e Exercício Físico, pelos momentos de aprendizado, em especial, Paula, William, Cristóvão e Arthur.

Ao Eulálio, pela força e motivação para que eu sempre possa buscar alcançar meus objetivos.

Ao meu orientador Thales, pela oportunidade da realização do mestrado.

Aos voluntários, pelo tempo para a participação na pesquisa. Sem vocês, este trabalho não seria possível.

À Universidade Federal de Viçosa, por ser parte fundamental da minha vida e da minha formação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

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

RESUMO

LESSA, Natália Franciele, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2024. **TERMORREGULAÇÃO COMPORTAMENTAL EM IDOSOS E JOVENS DURANTE EXERCÍCIO DE CICLISMO NO CALOR.** Orientador: Thales Nicolau Primola Gomes. Coorientador: Danielli Braga de Mello.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar o efeito da idade no comportamento termorregulatório de indivíduos que realizam exercício físico em um ambiente quente. Para isso, esta dissertação foi dividida em dois capítulos. No primeiro capítulo, foram realizadas uma revisão sistemática e metanálise conduzidas de acordo com as diretrizes do PRISMA, com o objetivo de comparar a temperatura corporal TCENTRAL e a TPELE em indivíduos de meia-idade e idosos durante o exercício físico em ambiente quente, em relação a indivíduos adultos. Os resultados mostram que a TCENTRAL foi semelhante entre indivíduos adultos, idosos e de meia-idade durante o exercício físico realizado no calor. Em relação à TPELE, nossos achados demonstraram que os indivíduos de meia-idade e idosos apresentaram menores valores quando comparados aos indivíduos adultos. No segundo capítulo, o objetivo foi avaliar o efeito da idade nas variáveis psicofisiológicas e termorregulatórias durante o exercício autorregulado em ambiente quente. Foi possível concluir, que indivíduos jovens e idosos, durante o exercício perceptualmente regulado em ambiente quente, apresentam respostas semelhantes em relação a CT, ST, TCENTRAL, TPELE, TCORPORAL e TAC porém os idosos apresentam uma sensação de sede atenuada em relação aos jovens.

Palavras-chave: Ondas de calor; Ciclismo; Exercício autorregulado; Termorregulação; Envelhecimento

ABSTRACT

LESSA, Natália Franciele, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, November, 2024. **BEHAVIORAL THERMOREGULATION IN ELDERLY AND YOUNG PEOPLE DURING CYCLING EXERCISE IN THE HEAT.** Adviser: Thales Nicolau Primola Gomes. Co-adviser: Danielli Braga de Mello.

The main objective of this study was to evaluate the effect of age on the thermoregulatory behavior of individuals who perform physical exercise in a hot environment. For this purpose, this dissertation was divided into two chapters. In the first chapter, a systematic review and meta-analysis were conducted according to the PRISMA guidelines, with the aim of comparing the body temperature TCENTRAL and TSKIN in middle-aged and elderly individuals during physical exercise in a hot environment, in relation to adult individuals. The results show that TCENTRAL was similar among adults, elderly and middle-aged individuals during physical exercise performed in the heat. Regarding TSKIN, our findings demonstrated that middle-aged and elderly individuals presented lower values ??when compared to adult individuals. In the second chapter, the objective was to evaluate the effect of age on psychophysiological and thermoregulatory variables during self-regulated exercise in a hot environment. It was possible to conclude that young and elderly individuals, during perceptually regulated exercise in a hot environment, present similar responses in relation to CT, ST, TCORE, TSKIN, TBODY and TAC, however the elderly present an attenuated sensation of thirst in relation to the young.

Keywords: Heat Waves; Cycling; Self-Regulated Exercise; Thermoregulation; Aging

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma referente ao processo de seleção de estudos para a revisão sistemática e metanálise da literatura.....	44
Figura 2. Forest Plot referente aos estudos que analisaram a T_{PELE} em indivíduos adultos e idosos.....	52
Figura 3. Forest Plot referente aos estudos que analisaram a $T_{CENTRAL}$ em indivíduos adultos e idosos.....	52
Figura 4. Forest Plot referente aos estudos que analisaram a T_{PELE} em indivíduos adultos e de meia-idade.....	53
Figura 5. Forest Plot referente aos estudos que analisaram a $T_{CENTRAL}$ em indivíduos adultos e de meia-idade.....	54
Figura 1: Protocolo da primeira visita ao Laboratório.	73
Figura 2: Esquema representativo da coleta de dados	75
Figura 3: Respostas de temperatura gastrointestinal (A), Temperatura da pele (B), Temperatura corporal (C) e Taxa de acúmulo de calor (D) de indivíduos jovens e idosos ao longo do protocolo de ciclismo perceptualmente regulado. Dados apresentados como média \pm desvio padrão.	80
Figura 4: Respostas psicofisiológicas de conforto térmico (A), sensação térmica (B) e sensação de sede (C) de indivíduos jovens e idosos ao longo do protocolo de ciclismo perceptualmente regulado. Dados apresentados como mediana	82
Figura 5: Respostas FC (A) e potência relativa (B) de indivíduos jovens e idosos ao longo do protocolo de ciclismo perceptualmente regulado. Dados apresentados como média \pm desvio padrão.....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados referentes aos estudos selecionados para a revisão realizada.	47
Tabela 2: Avaliação da qualidade metodológica dos estudos	55
Tabela 1: Caracterização da amostra	78
Tabela 2: Características do ambiente e estado de hidratação dos grupos.....	78

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

%G - Percentual de gordura corporal;
> - Maior que;
AC - Acúmulo de calor;
ASC - Área de superfície corporal
CT - Conforto térmico;
FC - Frequência Cardíaca;
FC_{MAXPRED} - Frequência cardíaca máxima predita;
GEU - Gravidade específica da urina;
IPAQ - Questionário Internacional de Atividade Física;
LAPeH - Laboratório de performance humana;
PAR-Q - Questionário de Prontidão para a Atividade Física;
P_{MAX} - Potência aeróbica máxima;
PSE - Percepção subjetiva do esforço;
ST - Sensação térmica;
TAC - Taxa de acúmulo de calor;
T_{AMB} - Temperatura ambiente
T_{CENTRAL} - Temperatura central;
TCLE - Termo de consentimento livre e esclarecido;
T_{CORPORAL} - Temperatura corporal;
T_{GI} - Temperatura gastrointestinal;
T_{RETAL} - Temperatura retal;
T_{PELE} - Temperatura da pele;
UFV - Universidade Federal de Viçosa
URA - Umidade relativa do ar;
VO_{2MAX} - Volume Máximo de Oxigênio;
W - Watts.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	11
1.1 Ondas de calor	11
1.2 Comportamento Termorregulatório.....	12
1.2.1 Conforto Térmico.....	15
1.2.2 Sensação Térmica	17
1.2.3 Percepção subjetiva do esforço	19
1.2.4 Sensação de sede.....	20
1.3 Exercício autorregulado no calor	22
1.4 Implicações do envelhecimento na termorregulação.....	23
2. OBJETIVOS	25
2.1 Geral	25
2.2 Específicos	25
REFERÊNCIAS	26
CAPÍTULO 1.....	36
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. METODOLOGIA.....	42
2.1 Procedimentos.....	42
2.2 Critérios para a inclusão e exclusão de estudos na revisão	43
2.3 Avaliação da qualidade metodológica	45
2.4 Análise estatística.....	45
3. RESULTADOS	46
3.1 Revisão sistemática.....	46
3.1.1 Indivíduos adultos e idosos (6 estudos)	50
3.1.2 Indivíduos adultos e de meia-idade (4 estudos).....	50
3.2 Metanálise	51
3.2.1 Indivíduos idosos e adultos	51
3.2.2 Indivíduos adultos e de meia-idade	53
3.3 Avaliação da qualidade metodológica	54
4. DISCUSSÃO	55
5. CONCLUSÃO.....	57
AGRADECIMENTOS.....	58
REFERÊNCIAS	59

SUMÁRIO

CAPÍTULO 2.....	64
1. INTRODUÇÃO.....	69
2. MATERIAL E MÉTODOS	71
2.1 Participantes.....	71
2.2 Protocolo experimental.....	71
2.2.1 Avaliações preliminares.....	72
2.2.2 Ensaio.....	75
3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	77
4. RESULTADOS	78
4.1 Características da amostra.....	78
4.2 Parâmetros termorregulatórios.....	79
4.3 Parâmetros subjetivos.....	80
4.4 Parâmetros de desempenho	83
5. DISCUSSÃO	85
6. CONCLUSÃO	88
REFERÊNCIAS	90
CONCLUSÃO GERAL.....	94
ANEXO I.....	95
ANEXO II.....	96
ANEXO III.....	97
ANEXO IV	98
ANEXO V	99
ANEXO VI	100
ANEXO VII	101
ANEXO VIII	102

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Ondas de calor

As ondas de calor, consequência do aquecimento global, têm criado um cenário preocupante e alarmante para a comunidade científica do mundo todo (Ripple, et. al., 2023). Além disso, longos períodos de altas temperaturas estão se tornando mais intensos, frequentes e com uma maior incidência em muitas regiões do mundo, e é previsto que aumentem ainda mais devido ao futuro cenário do aquecimento global (Perkins-Kirkpatrick; Lewis, 2020), principalmente em regiões com baixas variabilidades de temperatura, como África, Sudeste Asiático e América do Sul (Feron, et. al, 2019; Perkins, 2015).

Muitos países no mundo estão enfrentando mortes anuais relacionadas tanto ao calor quanto ao frio, relacionadas aos padrões climáticos atuais. Hajjat et. al., (2014), apontam uma previsão de que as mudanças climáticas aumentarão o risco de morbidade e mortalidade, sobretudo de indivíduos maiores de 65 anos no Reino Unido, sendo que há, anualmente, por volta de 2.000 mortes relacionadas ao calor no Reino Unido, com aumento de cinco vezes até 2080. Além disso, recentemente, durante a peregrinação à Meca, ocorreram mais de 900 mortes devido a uma forte onda de calor, sendo que mais de 2.000 peregrinos sofreram estresse térmico, após enfrentarem temperaturas acima de 50°C, conforme foi relatado por autoridades sauditas (Público, 2024). Estas são evidências de como as mudanças climáticas podem impactar diretamente na população, causando milhares de mortes evitáveis.

Atualmente, há um crescente número de estudos globais que buscam investigar o risco de mortalidade relacionada ao calor em cidades brasileiras (Vicedo-Cabrera, et. al., 2021). Um estudo recente de Santos et. al (2024) demonstrou que ondas de calor mataram mais de 48 mil pessoas no Brasil entre 2000 e 2018, sendo que a população mais vulnerável tem sido idosos (entre 75% e 94% das mortes), mulheres, pretos, pardos e pessoas menos escolarizadas. O estudo também apontou um aumento na frequência de ondas de calor no Brasil, sendo que na década de 2010, o Brasil registrou em média de três a onze eventos por ano, indicando um aumento de quase quatro vezes quando comparado à década de 1970, quando foram registradas de zero a três eventos por ano.

Sendo assim, eventos de ondas de calor representam um desafio para o Brasil, considerando o seu tamanho continental, a variedade de climas diferentes que devem ser considerados e uma população que está envelhecendo rapidamente. É necessária a urgência de medidas de mitigação e adaptação para minimizar os efeitos do aquecimento global, sobretudo, em relação à políticas relacionadas à saúde da população.

1.2 Comportamento Termorregulatório

Os seres humanos são considerados “homeotérmicos endotérmicos”, ou seja, possuem a capacidade de gerar calor corporal por meio da via metabólica e também regulá-la por meio de ganho e perda de calor (Gisolfi, 2000; Tansey, 2015). A temperatura corporal sofre influência do ambiente e de mecanismos internos (homeostase) e também de adaptações comportamentais (por exemplo, vestimentas, abrigo, mecanismos de resfriamento ou aquecimento) (Ahima, 2020).

A temperatura corporal pode ser dividida em dois componentes: temperatura central (núcleo) e temperatura periférica (casca) (Tansey, 2015), sendo que a temperatura central média (T_{CENTRAL}) é de 37°C, sendo rigidamente controlada dentro de uma faixa de 36,2 - 38,2 °C, garantindo a função fisiológica ideal (Bligh, Johnson, 2001; Schlader, Stannard, Mündel 2010). A T_{CENTRAL} varia diariamente (ciclo circadiano), mensalmente (por exemplo, durante o ciclo menstrual) e de acordo com o envelhecimento (AHIMA, 2020).

O controle da temperatura corporal ocorre por meio de mecanismos termorregulatórios homeostáticos, que ligam os receptores frios e quentes na pele e no cérebro à produção de calor dos músculos e outros órgãos (Ahima, 2020). Tais mecanismos podem ser divididos em mecanismos autonômicos (involuntários) e comportamentais (voluntários) (Schlader, Stannard, Mündel, 2010), que buscam a promoção de ajustes para a manutenção do equilíbrio termorregulatório, sendo que as respostas e suas respectivas magnitudes dependem da situação e do ambiente em que o organismo está exposto (Schlader, Stannard, Mündel 2010; Stephenson, Kolka, 1993).

Os mecanismos termorregulatórios são coordenados através de um ponto de ajuste da T_{CENTRAL} , por um mecanismo que funciona como um “termostato”, no hipotálamo. O hipotálamo faz parte do sistema límbico, que é responsável por regular respostas emocionais, memória, motivação e comportamento (Gisolfi, 2000; Madden, 2019; Zellewski, 2014). Dessa forma, o hipotálamo serve como um ponto comum de consolidação para saídas eferentes para a manutenção da homeostase corporal através da regulação autonômica (Madden, 2019; Morrison, 2019).

Ao ser exposto a temperaturas ambientais extremas, o termostato central recebe um feedback aferente dos neurônios termossensíveis distribuídos por toda superfície corporal humana e retorna para os tecidos por neurônios termoeferentes (Tansey, 2015). Este mecanismo de feedback constata a propriedade térmica dupla da termorregulação humana, que engloba a T_{CENTRAL} e a temperatura da pele (T_{PELE}) (Gisolfi, 2000). Estes sinais são integrados e ajustados com um ponto de ajuste da T_{CENTRAL} , que é regulada centralmente no hipotálamo, estimulando os mecanismos para dissipação, retenção ou ganho de calor (Stitt, 1993; Benzinger, 1969; Stephenson, Kolka, 1993).

Com o intuito de minimizar a ativação dos mecanismos termorregulatórios autonômicos, assim como o dispêndio energético gerado pelas respostas autonômicas, as ações comportamentais são iniciadas em primeiro plano, sendo consideradas a primeira linha de defesa do organismo ao se deparar com uma situação que gere risco à homeostase corporal (Romanovsky, 2006; Schlader *et al.*, 2009; Bligh; Johnson, 2001). Dessa forma, a termorregulação comportamental pode ser compreendida como uma ação voluntária, que visa estabelecer uma situação ótima de troca de calor entre o corpo e o ambiente (Bligh; Johnson, 2001; Romanovsky, 2006).

Diversos autores têm discutido acerca do input para os mecanismos comportamentais. Em seu trabalho, Schlader, Stannard e Mündel (2010), apresentam estudos que, ora indicam a predominância da T_{CENTRAL} , ora para a T_{PELE} como fator determinante para o desencadeamento para o comportamento termorregulatório. Através do estudo, é possível apontar que tanto a T_{CENTRAL} , quanto a T_{PELE} são mediadoras da ativação do comportamento termorregulatório, sendo que a pele pode ser considerada o principal input para o desencadeamento do

comportamento termorregulatório, visto que é ela quem está em contato direto com o ambiente, agindo como um regulador da $T_{CENTRAL}$. Schlader *et al.* (2009) aponta em seu experimento que, em situações livres, mudanças na T_{PELE} , antes que ocorra alguma diminuição ou aumento na $T_{CENTRAL}$, já são suficientes para provocar um comportamento termorregulatório. Além disso, uma vez alterada, a $T_{CENTRAL}$, também desencadeará uma resposta comportamental, onde o indivíduo realizará ações para dissipar o reter o calor corporal (Schlader, Stannard E Mündel, 2010).

A pele, por ser o maior órgão sensorial do corpo humano, e pela presença dos termorreceptores, detecta distúrbios presentes no ambiente, incluindo irregularidades térmicas. Assim, no momento em que a T_{PELE} reflete o tônus vasomotor local, podem ser gerados dois tipos de respostas: uma rápida perda de calor para o ambiente, por meio do aumento do fluxo sanguíneo para pele ou uma interrupção abrupta da dissipação de calor, por meio da vasoconstrição periférica (Romanovsky, 2014).

Os termorreceptores que estão presentes na pele não respondem a uma temperatura específica, mas a uma taxa de variação na temperatura (Romanovsky, 2014). Os canais TRP (transient receptor potential), são famílias de proteínas presentes na pele, e são capazes de alterar o fluxo de íons por meio da membrana plasmática, de acordo com as variações da temperatura (Filingeri, 2016).

Cada canal responderá a uma rígida faixa de variação na temperatura. Por exemplo, TRPV1 é sensível a temperaturas elevadas ($>43^{\circ}\text{C}$) e possui a função de integrar o sistema nervoso central e o periférico. Por outro lado, o TRPA1, é sensível a temperaturas mais baixas ($<18^{\circ}\text{C}$) e sua principal função termorregulatória está relacionada a tecidos presentes no sistema nervoso periférico e nas células capilares. Ademais, existem outros canais que desempenham funções relativas a outras faixas de temperatura, como o canal TRPV2+, cujo limiar de sensibilidade está em níveis de temperatura superiores a 52°C , o canal TRPV3, onde o início de sensibilidade térmica ocorre acima de 33°C , o TRPV4, que o início de sensibilidade térmica acontece entre $28-42^{\circ}\text{C}$ e TRPM8, cujo início de sensibilidade térmica ocorre entre $15-28^{\circ}\text{C}$ (Wetsel, 2011; Ferrer-Montiel *et al.*, 2012; Romanovsky, 2014; Almeida, 2015;).

A capacidade de detectar e interpretar as condições térmicas impostas pelo ambiente em que se está inserido é essencial para o ajuste do comportamento termorregulatório. A T_{PELE} é um importante indicador sensorial que pode antecipar o estado térmico do corpo, auxiliando na ativação de mecanismos comportamentais (Dear, 2011; Filingeri, 2016). A ativação dos termorreceptores causa mudanças conscientes na sensação térmica discriminativa (mudanças relativas à intensidade do calor sentido) e na percepção afetiva (percepções relativas ao conforto e prazer térmico) (Blatteis *et al.* 2001; Attia, 1984). Dessa forma, o principal fator modulador do comportamento termorregulatório é o desconforto térmico subjetivo dos indivíduos, uma vez que ele está ligado a percepções discriminativas (Gagge, Stolwijk, Hardy, 1967; Satinoff, 2010; Schlader *et al.* 2011). Por consequência o desconforto térmico motiva o comportamento termorregulatório nos indivíduos, sendo que sem a sua presença não há ocorrência de ações comportamentais (Schlader *et al.*, 2011).

As vias autonômicas são reguladas na região pré-óptica do hipotálamo, mas as vias relacionadas ao comportamento termorregulatório indicam uma percepção de temperatura relativa às mesmas na região do núcleo ventromedial posterior do tálamo, especificamente nos córtices órbito frontal e cingulado anterior, onde as percepções relativas ao desconforto térmico são geradas. É a partir destas percepções que a decisão referente ao comportamento termorregulatório é tomada (Craig, 2002; Rolls, Grabenhorst, Parris, 2008; Grabenhorst, Rolls, Parris, 2008). Sendo assim, a região pré-óptica do hipotálamo é responsável diretamente por respostas autonômicas (sudorese, tremores, respostas vasomotoras), enquanto a resposta comportamental dá-se através de regiões presentes no córtex motor (Farrel, Trevaks, Mcaleen; 2014).

1.2.1 Conforto Térmico

O conforto térmico (CT) é um indicador subjetivo do balanço térmico (Craig 2002; Filingeri, 2016). O comportamento termorregulatório é guiado pelo CT (Flouris 2011; Gagge 1967; Taylor 1995). Apesar da compreensão acerca do porquê do CT percebido ser escasso e permanecer incompleto, a ideia de que o CT está

relacionado às temperaturas central e de pele é bem aceita (Flouris; Schlader, 2015). Em casos onde não há elevação da $T_{CENTRAL}$, o CT é determinado majoritariamente pela T_{PELE} (Gagge *et al.*, 1967 ; Cabanac *et al.*, 1971; Mower, 1976 ; Bulcão *et al.*, 2000 ; Pellerin *et al.*, 2004 ; Yao *et al.*, 2007 ; Nakamura *et al.*, 2013). Todavia, se a $T_{CENTRAL}$ for deslocada para baixo ou acima do ideal, ocorre o desconforto térmico. Por outro lado, ao receber um estímulo térmico, ocorrem melhorias no CT, como o resfriamento ou aquecimento da pele, buscando restabelecer a $T_{CENTRAL}$ (Flouris; Schlader, 2015; Cabanac, 1972; Mower, 1976). Dessa forma, para que um comportamento seja iniciado é necessário que um estado de desconforto térmico seja percebido (Taylor 1995).

A capacidade de perceber mudanças de condições térmicas do ambiente e do próprio corpo é essencial para que ocorra o ajuste do comportamento termorregulatório. A T_{PELE} funciona como um indicador sensorial que possui a capacidade de antecipar o estado térmico corporal (Dear, 2011; Filingeri, 2016). Ao se exercitar, ocorre o desconforto térmico, em virtude do aumento da $T_{CENTRAL}$ (Flouris; Schlader, 2015; Cabanac *et al.*, 1971; Bleichert *et al.*, 1973). E, assim como no repouso, este desconforto é modificado pela T_{PELE} , de forma que ao realizar exercício físico em ambientes quentes e moderados, o desconforto térmico é maior no ambiente quente, mesmo em momentos em que a $T_{CENTRAL}$ é semelhante (Maw, *et al.*, 1993 ; Tucker *et al.*, 2006 ; Schlader *et al.*, 2011).

Outro importante modulador do CT durante o exercício em ambiente quente é a umidade da pele (Flouris; Schlader, 2015). Isto é, durante situações de abundância de suor, como em situações de exercício em ambiente quente, a T_{PELE} foi postulada como relativamente sem importância na determinação do CT, visto que a evaporação do suor causa resfriamento (Gagge *et al.* 1969; Hardy, 1970; Flouris; Schlader, 2015).

A ativação da sudorese não necessariamente reduz o CT (Gagge *et al.*, 1971). Desse modo, o suor quando não evaporado, se acumula na pele, aumentando sua umidade e acaba por aumentar o desconforto térmico em condições ambientais quentes (Gagge *et al.*, 1969; Fukazawa & Havenith, 2009). Pesquisas recentes mostram que a umidade da pele é percebida através de sinais térmicos e mecanoaférentes evocados, em que o cérebro compara com uma

representação neural de um “estímulo úmido típico” concebido por uma experiência sensorial anterior (Filingeri *et al.*, 2014a, 2014b; Filingeri *et al.*, 2015). Não está clara a relação entre umidade da pele e CT durante o exercício físico, visto que um certo nível de suor é provavelmente um requisito para o CT durante o exercício (Flouris; Schlader, 2015). Assim, a relação entre umidade da pele e CT que ocorrem durante o repouso provavelmente não se aplicam durante o exercício (Havenith *et al.*, 2002). Todavia, a umidade da pele é provavelmente um modulador do CT ao se realizar exercício físico em ambiente quente, mas é necessário que mais pesquisas sejam realizadas a fim de elucidar tais relações (Flouris; Schlader, 2015).

Por fim, cabe afirmar que o CT é compreendido como a subjetividade em relação ao ambiente térmico e a satisfação com certa temperatura ambiental e o quão agradável está o ambiente. O CT é o resultado de fatores físicos (características ambientais), fisiológicos (processo termorregulatório autonômico) e psicológicos (preferência de temperatura) (Bligh; Johnson, 2001; Filingeri, 2016).

1.2.2 Sensação Térmica

A sensação térmica (ST) corresponde à intensidade na qual determinada temperatura é percebida (muito frio, frio, neutro, quente e muito quente). Da mesma forma que o CT, a ST é o resultado da troca de calor entre o corpo e o ambiente e pode sofrer influência das características ambientais e pessoais (Bligh; Johnson, 2001; Cheng, Niu, Gao; 2012; Filingeri, 2016).

É consenso de que a ST é largamente ditada pela T_{PELE} , independente da $T_{CENTRAL}$ (Mower, 1976; Yao, *et al.* 2007; Zhang *et al.* 2010; Zhou *et al.* 2024). Tal relação também é válida durante o exercício físico, pois alterações na ST demonstram refletir acréscimos ou decréscimos na T_{PELE} durante o exercício, ainda que haja aumentos contínuos na $T_{CENTRAL}$ (Schlader *et al.*, 2011c). Mas, ao comparar com o repouso, é necessária uma mudança maior na T_{PELE} durante o exercício físico para induzir uma mudança na ST de magnitude similar (Ouzzahra *et al.* 2012; Gerret *et al.* 2014), indicando que a sensibilidade térmica é atenuada durante o exercício físico.

A ST é resultado da estimulação dos termorreceptores, ou seja, ao ser exposta a estímulos térmicos externos, o sinal da temperatura é transferido da superfície da pele para um termorreceptor que está localizado abaixo da superfície, e o termorreceptor libera um impulso por meio de fibras nervosas para o sistema nervoso central, gerando assim, a ST (Djongyang, *et al.* 2010). Os limiares para a mudança da ST são mais baixos para estímulos quentes ao se comparar com estímulos frios, sendo explicado pela assimetria termorregulatória (Romanovsky, 2006; Filingeri, 2016) e pelo somatório espacial da ST das diferentes regiões do corpo (Filingeri, 2016).

A superfície corporal que é exposta ao ambiente é um fator que influencia na ST, sendo que há uma relação inversamente proporcional. Ou seja, ao expor uma maior área corporal, é necessária uma menor variação na temperatura para desencadear uma sensação (Filingeri, 2016). Mudanças na ST dependem da magnitude do estímulo térmico, ou seja, em ambientes quentes (30-40°C) são percebidos como mais desconfortáveis, conseqüentemente, mais extenuantes do que um ambiente temperado (25-27°C), tanto em situações onde o indivíduo está em repouso, quanto se exercitando (Cheng, Niu, Gao; 2012; Deng *et al.*, 2017; Flouris, Schandler, 2015; Fournet *et al.*, 2013; Gerrett *et al.*, 2015; Nagano *et al.*, 2015; Schlader *et al.*, 2010, 2011).

Ademais, cabe ressaltar que, uma maior produção de calor é capaz de modificar a ST (Schlader *et al.*, 2010; 2011; Sund-Levander, Forsberg, Wahren, 2002). Por exemplo, ao se exercitar, o indivíduo está recebendo um fator externo que possui a capacidade de modificar o balanço térmico do organismo, sendo necessária uma maior utilização de substratos energéticos. Assim, quanto mais intenso e duradouro for o exercício físico, maior será a produção de calor (Marins, 1998; Caputo *et al.*, 2009; Pereira, Sousa Junior, 2013).

Por fim, a ST acerca de um ambiente eleva a percepção do esforço, guiando o comportamento termorregulatório durante o exercício físico, a diminuição do ritmo ou até mesmo a interrupção do exercício (Marino 2011; Periard *et al.*, 2011; Schlader *et al.*, 2011; Tucker *et al.*, 2004).

1.2.3 Percepção subjetiva do esforço

A percepção do esforço é um indicador de tensão percebida, que é medida por uma escala subjetiva, comumente, a escala de percepção subjetiva do esforço (PSE) (Borg, 1982). A PSE objetiva integrar sinais centrais, como sistema nervoso central e cardiorrespiratórios e sinais periféricos, como articulações e músculos. Ela está diretamente relacionada às atividades de várias áreas do córtex motor, compreendendo as áreas motoras, pré-motoras e primárias (Gibson *et al.* 2005, 2006). Além disso, está envolvida no controle da homeostase corporal, conscientização, emoção, dor, etc. (Abbiss, *et al.* 2015) e sofre influência de fatores psicológicos, como memória, experiências anteriores de exercício similar, motivação, etc.

Durante o exercício, a ativação neural do músculo estriado esquelético tende a aumentar a PSE de forma dependente da dose (Noble; Robertson, 1996). Ao realizar um exercício físico em ambiente quente, a PSE tende a ser maior quando comparado a práticas de exercício em ambientes temperados ou frios, para uma demanda energética igual (Schlader *et al.*, 2010; 2011ab; Sund-Levander, Forsberg, Wahren, 2002).

A elevação na PSE ocorre antes de elevações na $T_{CENTRAL}$ (Bergh, 1986; Maw *et al.* 1993). Este fato sugere que a elevação da T_{PELE} dita a resposta PSE (Pandolf, 1982; Flouris, Schlader, 2015). Contudo, caso haja um aumento na $T_{CENTRAL}$, independente de mecanismos subjacentes, a PSE aumenta em decorrência da magnitude da hipertermia (Nielsen; Nybo, 2003; Rasmussem *et al.* 2004., Flouris; Schlader, 2015).

Estudos sugerem que a T_{PELE} pode modular a resposta de PSE, visto que a percepção pode ser reduzida durante o exercício físico em ambiente quente ao receber um estímulo frio na pele, apesar da $T_{CENTRAL}$ estar elevada (Armada-Da-Silva, *et al.*, 2004; Simmons *et al.*, 2008; Schlader, 2011), enquanto a PSE se eleva através da aplicação de um estímulo quente (Schlader, 2011). Esta combinação representa a modulação térmica do conforto, através da mediação predominante das elevações da T_{PELE} , a menos que haja uma mudança na temperatura central, momento no qual o estímulo térmico se torna o principal ditador

do desconforto e a TPELE desempenha um papel modulador (Flouris; Schlader, 2015). Contudo, nenhuma variável fisiológica única possui a capacidade de explicar consistentemente a PSE (Hampson, et al., 2001).

Compreender esta dinâmica entre temperatura corporal e PSE é de extrema importância para otimizar o desempenho e o CT durante o exercício físico, sobretudo em condições térmicas adversas.

1.2.4 Sensação de sede

As concentrações de fluidos intracelulares e extracelulares e a água corporal são aspectos essenciais da função fisiológica ideal e da sobrevivência humana. Tais aspectos são regulados por uma rede dinâmica e complexa de nervos sensoriais, respostas neuro endócrinas autonômicas e integração central, em locais específicos do cérebro (Zimmerman, *et al.*, 2019; Augustine, *et al.*, 2018; Thornton, 2010).

A desidratação intracelular, o movimento de água extracelular para dentro das células e a elevação resultante da osmolalidade plasmática que é detectado por osmosensores centrais modulam a sede, a ação de beber e a retenção renal de água (através da arginina vasopressina) para estabilizar o volume e a concentração do fluido extracelular (Bourque, 2008; Geelen, *et al.*, 1984). A hipovolemia extracelular causa uma queda no volume sanguíneo e também na pressão arterial, que por sua vez, geram um estímulo aos receptores vasculares que sinalizam ao cérebro para modular a sede e a retenção renal de sódio, através da angiotensina II (Thornton, 2010). Dessa forma, a sede percebida é integrada centralmente com respostas neuroendócrinas autonômicas subconscientes com o intuito de manter uma restrita faixa fisiológica de osmolalidade, volume e pressão arterial do fluido do corpo humano (Hollis, *et al.*, 2008; Farrel *et al.*, 2011; Zimmerman, *et al.*, 2018).

Além da sede, há outras percepções conscientes que influenciam o comportamento de beber e o controle da vasopressina, originando-se como sinais neurais da região orofaríngea e do intestino, ou seja, são percebidas seca/umidade da boca ou distensão estomacal (Fitzsimons, 1998; Saker, *et al.*, 2016; Armstrong, *et al.*, 2019). Presumivelmente, a sede e o comportamento de ingerir líquidos são predominantemente influenciados em alguns casos, por

respostas autonômicas subconscientes e em outros casos, por percepções e sensações (Bourque, 2008; Armstrong, *et al.*, 2018).

Assim, a sede pode ser definida como o querer consumir líquidos decorrente de um déficit de água corporal, sendo uma percepção subjetiva controlada tanto por respostas neuroendócrinas quanto por influências psicossociais (Mckinley, 2004; Cheuvront, *et al.*, 2013; Stanhewicz; Kenney, 2015) e é altamente variável entre os indivíduos (Cheuvront, *et al.*, 2013). Além disso, existem fatores que determinam a ingestão diária de líquidos, tais como o sabor da bebida, hábitos individuais de consumo, disponibilidade e horário das refeições (Stanhewicz; Kenney, 2015).

Atualmente, as recomendações defendem o uso da percepção da sede para orientar a hidratação durante a prática de exercícios físicos, a fim de reduzir riscos de hiponatremia por esforço físico (Hew-Butler, *et al.*, 2015), todavia, as recomendações do American College of Sports Medicine (Sawka, *et al.*, 2007) e da National Athletic Trainer's Association (Mcdermott, *et al.*, 2017) aconselham a reposição individualizada das perdas de fluidos como forma de impedir uma diminuição maior que 2% da massa corporal durante o exercício.

Pesquisas recentes exploram o uso de ferramentas viáveis financeiramente como forma de orientar a hidratação, tais como escalas de hidratação de sede. Elas podem ser usadas durante a prática de exercícios, especialmente em ambientes quentes. O estudo de Ravanelli, Morris e Morrison (2023) utilizou medições subjetivas de sede no como forma de monitorar a necessidade de hidratação e no gerenciamento do estresse pelo calor durante exercício físico. Os resultados sugeriram que a sensação de sede pode ser uma métrica eficaz na orientação da hidratação durante exercícios em ambientes quentes. Tais ferramentas podem ser utilizadas com atletas e indivíduos que praticam exercícios em ambientes quentes, visto que a percepção de sede é comumente considerada como um indicador inicial confiável de desidratação, auxiliando na prevenção de acometimentos pelo calor. No entanto, pesquisas adicionais são necessárias para refinar estas escalas, buscando criar melhores diretrizes para a atividade física segura sob temperaturas extremas.

Por fim, cabe ressaltar o estudo de Adams, *et al.* (2019) que mostrou a sede como uma ferramenta subjetiva, que pode ser influenciada por diferentes fatores, como o ambiente, intensidade do exercício e o nível de desidratação, sendo

interessante complementar a percepção da sede com outras formas de monitoramento da hidratação.

1.3 Exercício autorregulado no calor

É evidente que o desempenho do exercício aeróbico é atenuado durante a prática de exercício no calor, sendo que o desempenho do exercício é inversamente proporcional à temperatura ambiente (T_{AMB}), dentro de uma determinada competição (Vihma, 2010; Wegelin; Hoffman, 2011). Tal fato também ocorre com o desempenho no exercício autorregulado (Tucker, *et al.* 2006; Ely *et al.*, 2010; Periard *et al.*, 2011; Schlader *et al.*, 2011).

A PSE elevada auxilia na redução da intensidade e até interrupção do exercício, visto que esta ação busca evitar a elevação excessiva da $T_{Central}$ (Gibson *et al.* 2006; Schlader *et al.*, 2009; 2010). Alguns estudos indicam que a PSE pode ser o modulador final da taxa de trabalho do exercício (Joseph *et al.*, 2008; Johnson, *et al.*, 2009; Tucker *et al.*, 2009), e, durante o exercício no calor, o desconforto térmico pode modular esta resposta (Schlader, *et al.*, 2010).

O ajuste do ritmo do exercício (autorregulação) pode ser compreendido como um mecanismo antecipatório que visa ajustar a produção de calor do metabolismo. Este mecanismo comportamental permite que haja um controle da taxa de acúmulo de calor e da $T_{CENTRAL}$. Como dito nos tópicos anteriores, a T_{PELE} possui a capacidade de modular alguns comportamentos, sendo que o ajuste do ritmo do exercício também é um deles. Devido a mudança antecipatória na intensidade do exercício, em decorrência dos sinais térmicos periféricos, o aumento da PSE começa a ser controlado pela proporção completada da tarefa, independentemente do ambiente em que o exercício está sendo realizado. A partir da autorregulação do exercício, o estresse térmico é diminuído, prevenindo assim que a $T_{CENTRAL}$ atinja níveis perigosos à saúde do indivíduo (Abbiss, *et al.* 2010; Flouris; Shlader, 2015).

O principal objetivo de autorregular a intensidade do exercício é minimizar sensações adversas conscientes da fadiga, que são experienciadas durante a prática do exercício, auxiliando na proteção da homeostasia. Com isso, há o auxílio na distribuição da energia ao longo do exercício físico, sendo influenciado por vários

fatores, como a duração da prova e as condições ambientais (ABBISS, 2008). Dessa forma, um grau mínimo de hipertermia é capaz de acompanhar o exercício autorregulado no calor. Isto posto, é justificável que este comportamento de autorregular o exercício, auxilia na termorregulação, sendo que reduções necessárias na taxa de trabalho do exercício são, por definição, comportamentos termorregulatórios (Schlader *et al.*, 2011; Flouris, 2011).

Durante a prática de exercício físico, a T_{PELE} é elevada. Porém, a magnitude da hipertermia depende de alguns fatores, tais como a duração do exercício e a tarefa proposta, sendo que exercícios mais longos e autorregulados são associados a um nível mais elevado de hipertermia quando comparados a exercícios de curta duração e de intensidade moderada (Tucker, *et al.*, 2004; Abbiss *et al.*, 2010; Periard, *et al.*, 2011; Schlader *et al.*, 2011).

Apesar da possibilidade de realizar estudos utilizando exercícios cuja intensidade seja fixa, há uma resposta comportamental do tipo “tudo ou nada”. Sob outra perspectiva, o exercício autorregulado nos permite a visualização do controle voluntário da temperatura através do controle da intensidade do exercício. Assim, com este tipo de protocolo de exercício, temos a possibilidade de avaliar respostas termorregulatórias de forma mais adequada, observando e avaliando a relação dos mecanismos termorregulatórios autonômicos e comportamentais (Schlader *et al.*, 2009; 2010; 2011ab)

1.4 Implicações do envelhecimento na termorregulação

Existem diferenças na temperatura corporal, na ST e CT entre as regiões da pele (Schlader; Stannard; Mundel, 2010). As variações da ST estão relacionadas com a distribuição da T_{PELE} durante o exercício físico (Fournet *et al.*, 2013). Além disso, existem diferenças entre as regiões corporais, (Gerret *et al.*, 2015; Deng *et al.*, 2017), sendo que a cabeça é a região mais sensível à variações de temperatura, seguida pelo tronco e, finalmente, pelas extremidades.

Na cabeça estão localizados um maior número de receptores de calor, dessa forma, existe maior sensibilidade a temperaturas mais elevadas. Por outro lado, o tronco é mais sensível ao frio, sendo que nele estão localizados um maior número

de receptores do frio, buscando proteger o trato intestinal, que pode ter sua função atenuada devido à resposta vasoconstritora em situações de temperaturas mais baixas (Filingeri, 2016).

Também, existem outros fatores que influenciam o equilíbrio térmico, tais como o metabolismo, a intensidade do exercício, características individuais (estatura corporal, massa corporal, % de gordura e massa magra), o estado de hidratação, o nível de aptidão física, o estado de hidratação, a fase do ciclo menstrual e a idade. (Flouris, Schandler 2015; Stadnik, Neves, 2017).

Dentre os fatores apresentados acima, neste tópico, será dado um maior enfoque no fator idade. Pesquisas recentes têm buscado estudar o calor, exercício físico e saúde dos idosos, comparando as respostas fisiológicas com indivíduos jovens (Larose, *et al.*, 2013; Stapleton, *et al.*, 2014). Está bem estabelecido, na literatura, que indivíduos mais velhos possuem os mecanismos termorregulatórios atenuados, tendo uma menor capacidade de dissipar calor através do fluxo sanguíneo reduzido, aptidão cardiorrespiratória e produção reduzida de sudorese por meio das glândulas sudoríparas (Kenney, *et al.*, 2014). Dessa forma, os indivíduos idosos estão mais suscetíveis a acometimentos pelo calor quando comparados a indivíduos jovens.

O envelhecimento causa impactos na termorregulação de diversas formas, sendo que indivíduos acima de 50 anos armazenam de 1,3 a 1,8 vezes mais calor corporal ao serem expostos a mesma carga de calor do que indivíduos jovens, entre 19 e 30 anos, durante exercício físico e exposição passiva ao calor, em condições úmidas e secas (35°C - 44°C; 15%RH - 30% URA) (Kenny *et al.*, 2017; Larose, *et al.*, 2014; Stapleton, 2015).

Além dos mecanismos autonômicos, os mecanismos comportamentais também são prejudicados com o envelhecimento. Comportamentos como buscar abrigos com sombra, aumentar a ingestão de líquidos, utilizar roupas adequadas para a T_{AMB} ou até mesmo tomar um banho gelado auxiliam a prevenir acometimentos causados pelo calor (Harduar Morano, *et al.*, 2016). No estudo de Waldock *et al.* (2018), foram exploradas as respostas perceptivas de idosos durante exercício físico no calor, e foi relatado que, independente do aumento na temperatura do ambiente (de 25°C para 35°C) e dos aumentos simultâneos de

$T_{CENTRAL}$ e T_{PELE} , os participantes idosos perceberam um desconforto térmico maior ao pedalar a 6 METs por 30 min. Assim, as mudanças comportamentais nas temperaturas ambientais demonstram ser motivadas pelo desconforto térmico (Gagge, *et al.*, 1968).

Apesar de terem uma percepção diminuída e serem fisiologicamente mais suscetíveis a acometimentos pelo calor, os idosos podem buscar alternativas para adaptar seus comportamentos e reduzir o desafio à manutenção da homeostase (Millyard, *et al.*, 2020). Há a necessidade de mais estudos para elucidar o papel da percepção do calor e da tensão fisiológica em idosos para investigar fatores causais, visto que os mecanismos comportamentais são cruciais para prevenir o início de acometimentos causados pelo calor principalmente durante a prática de exercício físico.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o efeito da idade nas variáveis psicofisiológicas e termorregulatórias de indivíduos idosos e adultos jovens durante o exercício autorregulado em ambiente quente.

2.2 Específicos

- a) Realizar uma metanálise a fim de comparar a $T_{CENTRAL}$ e T_{PELE} de indivíduos de meia-idade e idosos durante o exercício físico realizado em ambiente quente, em relação a indivíduos jovens;
- b) Comparar as respostas subjetivas de CT, ST e Sede de indivíduos idosos e adultos jovens durante o exercício físico autorregulado em ambiente quente;
- c) Comparar as respostas de $T_{CENTRAL}$, T_{PELE} , $T_{CORPORAL}$ e acúmulo de calor corporal de indivíduos idosos e adultos jovens durante o exercício físico realizado em ambiente quente;
- d) Comparar as respostas de potência relativa e FC de indivíduos idosos e adultos jovens durante o exercício físico realizado em ambiente quente.

REFERÊNCIAS

ABBISS, C.R.; BURNETT, A.; NOSAKA, K.; GREEN, J.P.; FOSTER, J.K.; LAURSEN, P.B. Effect of hot versus cold climates on power output, muscle activation, and perceived fatigue during a dynamic 100-km cycling trial. **Journal of Sports Sciences**, v. 28, p. 117-125, 2010.

ABBISS, C.R.; PEIFFER, J.J.; MEEUSEN, R.; SKORSKI, S. Role of Ratings of Perceived Exertion during Self-Paced Exercise: What are We Actually Measuring? **Sports Medicine**, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0344-5>.

ADAMS, W. M.; VANDERMARK, L. W.; BELVAL, L. N.; CASA, D. J. The utility of thirst as a measure of hydration status following exercise-induced dehydration. **Nutrients**, v. 11, n. 11, p. 2689, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11112689>

AHIMA, R. S. Global warming threatens human thermoregulation and survival. **The Journal of Clinical Investigation**, v. 130, n. 2, p. 559-561, fev. 2020. DOI: 10.1172/JCI135006.

ALMEIDA, M. C.; VIZIN, R. C. L.; CARRETTIERO, D. C. Current understanding on the neurophysiology of behavioral thermoregulation. **Temperature**, v. 2, n. 4, p. 483-490, 2015.

ARMADA-DA-SILVA, P.A.; WOODS, J.; JONES, D.A. The effect of passive heating and face cooling on perceived exertion during exercise in the heat. **European Journal of Applied Physiology**, v. 91, p. 563-571, 2004.

ARMSTRONG, L.E.; JOHNSON, E.C. Water Intake, Water Balance, and the Elusive Daily Water Requirement. **Nutrients**, v. 10, p. 1928, 2018.

ARMSTRONG, L.E.; KAVOURAS, S.A. Thirst and Drinking Paradigms: Evolution from Single Factor Effects to Brainwide Dynamic Networks. **Nutrients**, v. 11, p. 2864, 2019.

ATTIA, M. Thermal pleasantness and temperature regulation in man. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 8, n. 3, p. 335-342, 1984.

BENZINGER, T. H. Heat regulation: homeostasis of central temperature in man. **Physiological Reviews**, v. 49, n. 4, p. 671-759, 1969.

BERGH, U.; DANIELSSON, U.; WENNBERG, L.; SJODIN, B. Blood lactate and perceived exertion during heat stress. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 126, p. 617-618, 1986.

BLATTEIS, C. *et al.* Glossary of terms for thermal physiology. **Japanese Journal of Physiology**, v. 51, n. 2, p. 245-280, 2001.

BLEICHERT, A.; BEHLING, K.; SCARPERI, M.; SCARPERI, S. Thermoregulatory behavior of man during rest and exercise. **Pflügers Archiv**, v. 338, p. 303-312, 1973.

BLIGH, J.; JOHNSON, K. G. Glossary of terms for thermal physiology. **Journal of Applied Physiology**, v. 51, n. 2, p. 941-961, 2001.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 14, p. 377-381, 1982.

BULCAO, C. F.; FRANK, S. M.; RAJA, S. N.; TRAN, K. M.; GOLDSTEIN, D. S. Relative contribution of core and skin temperatures to thermal comfort in humans. **Journal of Thermal Biology**, v. 25, p. 147-150, 2000.

CABANAC, M.; CUNNINGHAM, D. J.; STOLWIJK, J. A. Thermoregulatory Set Point during Exercise - Behavioral Approach. **Journal of Comparative and Physiological Psychology**, v. 76, p. 94-102, 1971.

CAPUTO, F.; OLIVEIRA, M. F. M. D.; GRECO, C. C.; DENADAI, B. S. Exercício aeróbio: Aspectos bioenergéticos, ajustes fisiológicos, fadiga e índices de desempenho. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 11, n. 1, p. 94-102, 2009.

CHENG, Y.; NIU, J.; GAO, N. Thermal comfort models: A review and numerical investigation. **Building and Environment**, v. 47, p. 13-22, 2012.

CHEUVRONT, S.N. *et al.* Physiologic basis for understanding quantitative dehydration assessment. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 97, p. 455-462, 2013.

CRAIG, A. D. How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 3, n. 8, p. 655-666, 2002.

DENG, Q.; WANG, R.; LI, Y.; MIAO, Y.; ZHAO, J. Human thermal sensation and comfort in a non-uniform environment with personalized heating. **Science of The Total Environment**, v. 578, p. 242-248, 2017.

DJONGYANG, N.; TCHINDA, R.; NJOMO, D. Conforto térmico: Um artigo de revisão. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 2626-2640, 2010.

ELY, M.R.; MARTIN, D.E.; CHEUVRONT, S.N.; MONTAIN, S.J. Effect of ambient temperature on marathon pacing is dependent on runner ability. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 40, p. 1675-1680, 2008.

FARRELL, M. J.; TREVAKS, D.; MCALLEN, R. M. Preoptic activation and connectivity during thermal sweating in humans. **Temperature**, v. 1, n. 2, p. 135-141, 2014.

FERON, S. *et al.* Observations and Projections of Heat Waves in South America. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 8173, jun. 2019. DOI: 10.1038/s41598-019-44614-4. PMID: 31160642.

FERON, S. *et al.* Observations and projections of heat waves in South America. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 8173, jun. 2019. PMID: 3116064.

FERRER-MONTIEL, A. *et al.* Advances in modulating thermosensory TRP channels. **Expert Opinion on Therapeutic Patents**, v. 22, n. 9, p. 999-1017, 2012.

FILINGERI, D.; FOURNET, D.; HODDER, S.; HAVENITH, G. Why wet feels wet? A neurophysiological model of human cutaneous wetness sensitivity. **Journal of Neurophysiology**, v. 112, n. 6, p. 1457-1469, 2014a.

FILINGERI, D.; REDORTIER, B.; HODDER, S.; HAVENITH, G. Thermal and tactile interactions in the perception of local skin wetness at rest and during exercise in thermo-neutral and warm environments. **Neuroscience**, v. 258, p. 121-130, 2014b.

FILINGERI, D.; REDORTIER, B.; HODDER, S.; HAVENITH, G. Warm temperature stimulus suppresses the perception of skin wetness during initial contact with a wet surface. **Skin Research and Technology**, v. 21, n. 1, p. 9-14, 2015.

FILINGERI, D. Neurophysiology of skin thermal sensations. **Comprehensive Physiology**, v. 6, p. 1279-1294, 2016.

FITZSIMONS, J.T. Angiotensin, thirst, and sodium appetite. **Physiological Reviews**, v. 78, p. 583-686, 1998.

FLOURIS, A. D.; SCHLADER, Z. J. Human behavioral thermoregulation during exercise in the heat. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 25, p. 52-64, 2015. doi: 10.1111/sms.12349.

FLOURIS, A. D. Functional architecture of behavioural thermoregulation. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 1, p. 1-8, 2011.

FOURNIER, C.; GIRARD, S.; MALGOYRE, A.; FLOURIS, A. Body segment-specific surface temperature during heat stress. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 3, p. 607-617, 2013.

FUKAZAWA, T.; HAVENITH, G. Differences in comfort perception in relation to local and whole-body skin wettedness. **European Journal of Applied Physiology**, v. 106, p. 15-24, 2009.

GAGGE, A. P.; STOLWIJK, J. A.; NISHI, Y. An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response. **ASHRAE Journal**, v. 13, p. 247-262, 1971.

GAGGE, A. P.; STOLWIJK, J. A.; SALTIN, B. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses during exercise at various ambient temperatures. **Environmental Research**, v. 2, p. 209-229, 1969.

GAGGE, A. P.; STOLWIJK, J. A. J.; HARDY, J. D. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures. **Environmental Research**, v. 1, p. 1-20, 1967.

GAGGE, A.P.; STOLWIJK, J.A.J.; SALTIN, B. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses during exercise at various ambient temperatures.

Environmental Research, v. 2, p. 209-229, 1968. DOI: [https://doi.org/10.1016/0013-9351\(69\)90037-1](https://doi.org/10.1016/0013-9351(69)90037-1).

GERRETT, N.; OUZZAHRA, Y.; COLEBY, S.; HOBBS, S.; REDORTIER, B.; VOELCKER, T.; HAVENITH, G. Thermal sensitivity to warmth during rest and exercise. A sex comparison. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 7, p. 1451-1462, 2014.

GIBSON, A. St. C.; GOEDECKE, J. H.; HARLEY, Y. X.; MYERS, L. J.; LAMBERT, M. I.; NOAKES, T. D.; LAMBERT, E. V. Metabolic set-point control mechanisms in different physiological systems at rest and during exercise. **Journal of Theoretical Biology**, v. 236, p. 60-72, 2005.

GIBSON, A. St. C.; LAMBERT, E. V.; RAUCH, L. H. G.; TUCKER, R.; BADEN, D. A.; FOSTER, C.; NOAKES, T. D. The role of information processing between the brain and peripheral physiological systems in pacing and perception of effort. **Sports Medicine**, v. 36, p. 705-722, 2006.

GISOLFI, C. V.; MORA, F. *The Hot Brain: Survival, Temperature and the Human Body*. Cambridge, MA: MIT Press, 2000. p. 1-20, 94-119, 157-163, 171-174, 191-215.

GRABENHORST, F.; ROLLS, E. T.; PARRIS, B. A. From affective value to decision- making in the prefrontal cortex. **European Journal of Neuroscience**, v. 28, n. 9, p. 1930-1939, 2008.

HAJAT, S.; VARDOULAKIS, S.; HEAVISIDE, C.; EGGEN, B. Climate change effects on human health: projections of temperature-related mortality for the UK during the 2020s, 2050s and 2080s. **Journal of Epidemiology & Community Health**, v. 68, p. 1-8, 2014.

HAMPSON, D.B.; GIBSON, A.S.C.; LAMBERT, M.I.; NOAKES, T.D. The influence of sensory cues on the perception of exertion during exercise and central regulation of exercise performance. **Sports Medicine**, v. 31, p. 935-952, 2001.

HARDUAR MORANO, L.; WATKINS, S.; KINTZIGER, K. A comprehensive evaluation of the burden of heat-related illness and death within the Florida population. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 13, n. 6, p. 551, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph13060551>.

HARDY, H. B. Moisture transfer in textile systems. **Textile Research Journal**, v. 33, n. 9, p. 754-755, 1963.

HARDY, J. D. Thermal comfort: skin temperature and physiological thermoregulation. In: HARDY, J. D.; GAGGE, A. P.; STOLWIJK, J. A. (Eds.). **Physiological and behavioral temperature regulation**. Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher, 1970. p. 856-873.

HAVENITH, G.; HOLMER, I.; PARSONS, K. Personal factors in thermal comfort assessment: clothing properties and metabolic heat production. **Energy and**

Buildings, v. 34, p. 581-591, 2002.

HEW-BUTLER, T. *et al.* Statement of the 3rd International Exercise-Associated Hyponatremia Consensus Development Conference, Carlsbad, California, 2015. **British Journal of Sports Medicine**, v. 49, p. 1432-1446, 2015.

JOHNSON, B.D.; JOSEPH, T.; WRIGHT, G.; BATTISTA, R.A.; DODGE, C.; BALWEG, A.; DE KONING, J.J.; FOSTER, C. Rapidity of responding to a hypoxic challenge during exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 106, p. 493-499, 2009.

KENNEY, W.L.; CRAIGHEAD, D.H.; ALEXANDER, L.M. Heat waves, aging and human cardiovascular health. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 46, p. 1891-1899, 2014.

KENNY, G.P.; POIRIER, M.P.; METSIOS, G.S.; BOULAY, P.; DERVIS, S.; FRIESEN, B.J.; MALCOLM, J.; SIGAL, R.J.; SEELY, A.J.E.; FLOURIS, A.D. Hyperthermia and cardiovascular strain during an extreme heat exposure in young versus older adults. **Temperature**, v. 4, n. 1, p. 79-88, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/23328940.2016.1230171>.

LAROSE, J.; BOULAY, P.; WRIGHT-BEATTY, H.E.; SIGAL, R.J.; HARDCASTLE, S.; KENNY, G.P. Age-related differences in heat loss capacity occur under both dry and humid heat stress conditions. **Journal of Applied Physiology**, v. 117, p. 69-79, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00123.2014>.

LAROSE, J.; WRIGHT, H.E.; STAPLETON, J.; SIGAL, R.J.; BOULAY, P.; HARDCASTLE, S.; *et al.* Whole body heat loss is reduced in older males during short bouts of intermittent exercise. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 305, p. R619-R629, 2013.

MADDEN, C. J.; MORRISON, S. F. Central nervous system circuits that control body temperature. **Neuroscience Letters**, v. 696, p. 225-232, 2019.

MAIS de 900 mortos devido ao forte calor na maior peregrinação muçulmana a Meca. **Público**, 2024. Disponível em: <https://www.publico.pt/2024/06/19/azul/noticia/quase-600-mortos-durante-maiorperegrinacao-muculmana-meca-2094538>. Acesso em: 03 out. 2024.

MARINO, F. E. The critical limiting temperature and selective brain cooling: neuroprotection during exercise? **International Journal of Hyperthermia**, v. 27, n. 6, p. 582-590, 2011.

MARINS, J. C. B. Acidentes termorregulatórios associados ao calor e a atividade física. **Revista Mineira de Educação Física**, v. 6, n. 1, p. 5-17, 1998.

MAW, G. J.; BOUTCHER, S. H.; TAYLOR, N. A. Ratings of perceived exertion and affect in hot and cool environments. **European Journal of Applied Physiology**, v. 67, p. 174-179, 1993.

MCDERMOTT, B.P. *et al.* National Athletic Trainers' Association Position Statement: Fluid Replacement for the Physically Active. **Journal of Athletic Training**, v. 52, p. 877-895, 2017.

MCKINLEY, M.J.; JOHNSON, A.K. The Physiological Regulation of Thirst and Fluid Intake. **Physiology**, v. 19, p. 1-6, 2004.

MILLYARD, *et al.* Impairments to Thermoregulation in the Elderly During Heat Exposure Events. **Gerontology & Geriatric Medicine**, v. 6, p. 1-9, 2020.

MONTEIRO DOS SANTOS, D. *et al.* Twenty-first-century demographic and social inequalities of heat-related deaths in Brazilian urban areas. **PLoS ONE**, v. 19, p. e0295766, 2024.

MORRISON, S. F.; NAKAMURA, K. Central mechanisms for thermoregulation. **Annual Review of Physiology**, v. 81, p. 285-308, 2019.

MOWER, G. D. Perceived intensity of peripheral thermal stimuli is independent of internal body temperature. **Journal of Comparative and Physiological Psychology**, v. 90, p. 1152-1155, 1976.

NAGANO, K.; TAKAKI, A.; HIRAKAWA, M.; TOCHIHARA, Y. Effects of ambient temperature steps on thermal comfort requirements. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 6, p. 853-861, 2015. doi: 10.1007/s00484-015-0913-0.

NAKAMURA, M.; YODA, T.; CRAWSHAW, L. I. *et al.* Relative importance of different surface regions for thermal comfort in humans. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 1, p. 63-76, 2013.

NIELSEN, B.; NYBO, L. Cerebral changes during exercise in the heat. **Sports Medicine**, v. 33, p. 1-11, 2003.

NOBLE, B.J.; ROBERTSON, R.J. Perceived exertion. Champaign, IL: **Human Kinetics**, 1996.

OUZZAHRA, Y.; HAVENITH, G.; REDORTIER, B. Regional distribution of thermal sensitivity to cold at rest and during mild exercise in males. **Journal of Thermal Biology**, v. 37, p. 517-523, 2012.

PANDOLF, K.B.; BILLINGS, D.S.; DROLET, L.L.; PIMENTAL, N.A.; SAWKA, M.N. Differentiated ratings of perceived exertion and various physiological responses during prolonged upper and lower body exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 53, p. 5-11, 1984.

PELLERIN, N.; DESCHUYTENEER, A.; CANDAS, V. Local thermal unpleasantness and discomfort prediction in the vicinity of thermoneutrality. **European Journal of Applied Physiology**, v. 92, p. 717-720, 2004.

PEREIRA, B.; SOUZA JUNIOR, T. P. Eficiência bioenergética e eficiência de trabalho – revisão de conceitos e limitações práticas. **Revista Mackenzie de**

Educação Física e Esporte, v. 12, n. 2, 2013.

PÉRIARD, J. D.; CRAMER, M. N.; CHAPMAN, P. G.; CAILLAUD, C.; THOMPSON, M. W. Neuromuscular function following prolonged intense self-paced exercise in hot climatic conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 8, p. 1561-1569, 2011.

PERKINS, S. E. A review of the scientific understanding of heat waves—their measurements, driving mechanisms, and changes on a global scale. **Atmospheric Research**, v. 164-165, p. 242-267, out. 2015.

PERKINS-KIRKPATRICK, S. E.; LEWIS, S. C. Increasing trends in regional heatwaves. **Nature Communications**, v. 11, n. 1, p. 3357, jul. 2020. DOI: 10.1038/s41467-020-16970-7. PMID: 32620857.

RAVANELLI, N.; MORRIS, N.; MORRISON, S. A. 24-h movement behavior, thermal perception, thirst, and heat management strategies of children and adults during heat alerts: a pilot study. **Frontiers in Physiology**, v. 14, p. 1179844, 2023. DOI: 10.3389/fphys.2023.1179844.

RIPPLE, W. J. *et al.* O relatório sobre o estado do clima de 2023: entrando em território desconhecido. **Biociências**, [S. l.], p. biad080, 2023. DOI: 10.1093/biosci/biad080.

ROLLS, E. T.; GRABENHORST, F.; PARRIS, B. A. Warm pleasant feelings in the brain. **Neuroimage**, v. 41, n. 4, p. 1504-1513, 2008.

ROMANOVSKY, A. A. Thermoregulation: some concepts have changed. Functional architecture of the thermoregulatory system. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 292, p. R37-R46, 2006.

SAKER, P. *et al.* Overdrinking, swallowing inhibition, and regional brain responses prior to swallowing. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 113, p. 12274-12279, 2016.

SATINOFF, E. Behavioral thermoregulation in the cold. **Comprehensive Physiology**, p. 481-505, 2010.

SAWKA, M.N. *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 39, p. 377-390, 2007.

SCHLADER, Z. J.; PRANGE, H. D.; MICKLEBOROUGH, T. D.; STAGER, J. M. Characteristics of the control of human thermoregulatory behavior. **Physiology & Behavior**, v. 98, p. 557-562, 2009.

SCHLADER, Z.J.; SIMMONS, S.E.; STANNARD, S.R.; MÜNDEL, T. The independent roles of temperature and thermal perception in the control of human thermoregulatory behavior. **Physiology & Behavior**, v. 103, p. 217-224, 2011a.

SCHLADER, Z. J.; STANNARD, S. R.; MÜNDEL, T. Evidence for thermoregulatory behavior during self-paced exercise in the heat. **Journal of Thermal Biology**, v. 36, p. 390-396, 2011a.

SCHLADER, Z.J.; STANNARD, S.R.; MÜNDEL, T. Evidence for thermoregulatory behavior during self-paced exercise in the heat. **Journal of Thermal Biology**, v. 36, p. 390-396, 2011b.

SCHLADER, Z. J.; STANNARD, S. R.; MÜNDEL, T. Human thermoregulatory behavior during rest and exercise: A prospective review. **Physiology & Behavior**, v. 99, n. 3, p. 269-275, 2010.

SCHLADER, Z. J. The independent roles of temperature and thermal perception in the control of human thermoregulatory behavior. **Physiology & Behavior**, v. 103, n. 2, p. 217-224, 2011.

SIMMONS, S.E.; MUNDEL, T.; JONES, D.A. The effects of passive heating and head-cooling on perception of exercise in the heat. **European Journal of Applied Physiology**, v. 104, p. 281-288, 2008.

STANHEWICZ, A.E.; KENNEY, W.L. Determinants of water and sodium intake and output. **Nutrition Reviews**, v. 73, p. 73-82, 2015.

STAPLETON, J.M.; POIRIER, M.P.; FLOURIS, A.D.; BOULAY, P.; SIGAL, R.J.; MALCOLM, J.; *et al.* Aging impairs heat loss, but when does it matter? **Journal of Applied Physiology**, v. 118, p. 299-309, 2014.

STAPLETON, J.M.; POIRIER, M.P.; FLOURIS, A.D.; BOULAY, P.; SIGAL, R.J.; MALCOLM, J.; KENNY, G.P. Aging impairs heat loss, but when does it matter? **Journal of Applied Physiology**, v. 118, p. 299-309, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00722.2014>.

STEPHENSON, L. A.; KOLKA, M. A. Thermoregulation in women. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 21, n. 1, p. 231-262, 1993.

STITT, J. Central regulation of body temperature. In: GISOLFI, C. V.; LAMB, D. R.; NADEL, E. R. (Ed.). **Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine**. Traverse, IN: Cooper Publishing Group, 1993. v. 6, p. 2-39.

SUND-LEVANDER, M.; FORSBERG, C.; WAHREN, L.K. Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review. **Scandinavian Journal of Caring Sciences**, v. 16, p. 122-128, 2002.

SUND-LEVANDER, M.; FORSBERG, C.; WAHREN, L. K. Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review. **Scandinavian Journal of Caring Sciences**, v. 16, p. 122-128, 2002.

TANSEY, E. A.; JOHNSON, C. D. Recent advances in thermoregulation. **Advances**

in **Physiology Education**, v. 39, n. 3, p. 139-148, 2015.

TAYLOR, N. A.; ALLSOPP, N. K.; PARKES, D. G. Preferred room temperature of young versus aged males: the influence of thermal sensation, thermal comfort, and affect. **Journal of Gerontology: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 50, p. 216-221, 1995.

TUCKER, R.; MARLE, T.; LAMBERT, E. V.; NOAKES, T. D. The rate of heat storage mediates an anticipatory reduction in exercise intensity during cycling at a fixed rating of perceived exertion. **Journal of Physiology**, v. 574, p. 905-915, 2006.

TUCKER, R.; RAUCH, L.; HARLEY, Y. X.; NOAKES, T. D. Impaired exercise performance in the heat is associated with an anticipatory reduction in skeletal muscle recruitment. **Pflügers Archiv**, v. 448, n. 4, p. 422-430, 2004.

TUCKER, R. The anticipatory regulation of performance: the physiological basis for pacing strategies and the development of a perception-based model for exercise performance. **British Journal of Sports Medicine**, v. 43, p. 392-400, 2009.

VICEDO-CABRERA, A. M. *et al.* The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. **Nature Climate Change**, v. 11, n. 6, p. 492-500, jun. 2021. DOI: 10.1038/s41558-021-01058-x. PMID: 34221128.

VIHMA, T. Effects of weather on the performance of marathon runners. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, p. 297-306, 2010.

WALDOCK, K.A.M.; HAYES, M.; WATT, P.W.; MAXWELL, N.S. Physiological and perceptual responses in the elderly to simulated daily living activities in UK summer climatic conditions. **Public Health**, v. 161, p. 163-170, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.04.012>.

WEGELIN, J.A.; HOFFMAN, M.D. Variables associated with odds of finishing and finish time in a 161-km ultramarathon. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, p. 145-153, 2011.

WETSEL, W. C. Sensing hot and cold with TRP channels. **International Journal of Hyperthermia**, v. 27, n. 4, p. 388-398, 2011.

YAO, Y.; LIAN, Z.; LIU, W.; SHEN, Q. Experimental study on skin temperature and thermal comfort of the human body in a recumbent posture under uniform thermal environments. **Indoor and Built Environment**, v. 16, p. 505-518, 2007.

ZALEWSKI, P. *et al.* Whole-body cryostimulation increases parasympathetic outflow and decreases core body temperature. **Journal of Thermal Biology**, v. 45, p. 75-80, 2014.

ZHANG, H.; ARNES, E.; HUIZENGA, C.; HAN, T. Thermal sensation and comfort models for non-uniform and transient environments, Part III: whole-body sensation and comfort. **Building and Environment**, v. 45, p. 399-410, 2010.

ZHOU, Y.; YU, H.; LUO, M.; ZHOU, X. Transferência de calor da pele e modelo de acoplamento de sensação térmica sob estimulação constante. **Buildings**, v. 14, n. 2, p. 547, 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/buildings14020547>.

CAPÍTULO 1

ARTIGO

Efeitos do envelhecimento nas temperaturas de pele e central em indivíduos de meia-idade e idosos: uma revisão sistemática e metanálise¹

¹ Este capítulo foi publicado na revista Cuadernos de Educación e Desarrollo.

Efeitos do envelhecimento nas temperaturas de pele e central em indivíduos de meia-idade e idosos: uma revisão sistemática e metanálise

Natália Franciele Lessa¹, William Martins Januário¹, Ana Júlia de Oliveira Schittine¹, Carlos Henrique Paiva, Juliana de Souza Valente¹, Helton Oliveira Campos², Leonardo Mateus Teixeira de Rezende³, Antônio José Natali¹, Danielli Braga de Mello⁴, Thales Nicolau Prímola-Gomes^{1#}.

¹ Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil;

² Universidade do Estado de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil;

³ Instituto Federal Goiano, Goiás, Brasil;

⁴ Escola de Educação Física do Exército, Rio de Janeiro, Brasil.

Corresponding author:

Dr. Thales Nicolau Prímola-Gomes.

Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Av. Ph. Rolfs, s/n, Viçosa, Minas Gerais, 36570-900, Brasil.

Telefone: +55 31 36125411

E-mail: thales.gomes@ufv.br

RESUMO

Este estudo teve por objetivo comparar a temperatura corporal central (T_{CENTRAL}) e a temperatura da pele (T_{PELE}) em indivíduos de meia-idade e idosos durante o exercício físico em ambiente quente, em relação a indivíduos adultos. Para tanto, uma revisão sistemática e metanálise foi conduzida de acordo com as diretrizes do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). A pesquisa bibliográfica foi realizada nas seguintes bases de dados: PubMed/MEDLINE, Web of Science e EMBASE utilizando combinações das seguintes palavras-chave em inglês: Global Warming OR Climate Change OR heatwave OR heat diseases OR extreme heat OR hot temperature OR high temperature AND Thermoregulation AND exercise OR Physical activity AND Middle-Aged OR Aging OR Aged OR Elderly OR Frail Elderly OR Aged 80 and over. Foram incluídos artigos originais na língua inglesa publicados entre 1990 e 2023, cujo principal assunto fosse o estudo da termorregulação em indivíduos de meia-idade e idosos que realizaram exercícios físicos em ambientes quentes, com temperaturas acima de 30°C. Um total de 10 artigos foram selecionados para inclusão na revisão sistemática e 8 artigos foram selecionados para inclusão na metanálise. Os resultados demonstram que a T_{PELE} de indivíduos idosos foi menor quando comparada à de indivíduos adultos durante o exercício físico em ambiente quente (1,38; 95% CI -2,48, -0,29). O mesmo ocorreu com a T_{PELE} de indivíduos de meia-idade quando comparada à de indivíduos adultos (-1,613; 95% CI -2,236, 0,989). Em relação à T_{CENTRAL} , o grupo de indivíduos idosos e o de indivíduos de meia-idade não apresentaram diferenças significativas quando comparados aos indivíduos adultos. Um valor de tamanho do efeito de -1,282 (95% CI -3,043, 0,479) foi registrado nos indivíduos idosos, enquanto os indivíduos de meia-idade apresentaram um tamanho do efeito de 0,241 (95% CI -0,590, 1,072). Conclui-se que a T_{CENTRAL} foi semelhante entre indivíduos adultos, de meia-idade e idosos durante o exercício físico em ambiente quente. Em relação à T_{PELE} , nossos achados demonstraram que os indivíduos de meia-idade e idosos apresentaram menores valores quando comparados aos adultos.

Palavras-chave: Termorregulação; envelhecimento; exercício; calor.

ABSTRACT

This study aimed to compare core temperature (T_{CORE}) and skin temperature (T_{SKIN}) in middle-aged and elderly individuals during physical exercise in a hot environment, in relation to adult individuals. To this end, a systematic review and meta-analysis was conducted following the PRISMA guidelines (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). The literature search was performed in the following databases: PubMed/MEDLINE, Web of Science, and EMBASE, using combinations of the following English keywords: Global Warming OR Climate Change OR heatwave OR heat diseases OR extreme heat OR hot temperature OR high temperature AND Thermoregulation AND exercise OR Physical activity AND Middle-Aged OR Aging OR Aged OR Elderly OR Frail Elderly OR Aged 80 and over. Original articles published in English between 1990 and 2023 were included, focusing on the study of thermoregulation in middle-aged and elderly individuals performing physical exercises in hot environments with temperatures above 30°C. A total of 10 articles were selected for inclusion in the systematic review, and 8 articles were selected for inclusion in the meta-analysis. The results show that the T_{SKIN} of elderly individuals was lower compared to adult individuals during physical exercise in a hot environment (1,38; 95% CI -2,48, -0,29). The same occurred with the T_{SKIN} of middle-aged individuals compared to adults (-1,613; 95% CI -2,236, 0,989). Regarding T_{CORE} , no significant differences were found between the elderly and middle-aged groups when compared to adults. An effect size of -1,282 (95% CI -3,043, 0,479) was recorded in elderly individuals, while middle-aged individuals presented an effect size of 0,241 (95% CI -0,590, 1,072). It is concluded that T_{CORE} was similar among adults, middle-aged, and elderly individuals during physical exercise in a hot environment. In relation to T_{SKIN} , our findings demonstrated that middle-aged and elderly individuals presented lower values when compared to adults.

Keywords: Thermoregulation; aging; exercise; heat.

1. INTRODUÇÃO

O processo de envelhecimento da população, fenômeno mundial decorrente da queda da taxa de natalidade e do aumento no número de idosos em escala global, vem promovendo alterações na pirâmide etária de modo rápido e expressivo (IBGE, 2015). No Brasil, este processo de envelhecimento vem ocorrendo de maneira acelerada. Em 2022, 19,8% da população possuía entre 0 e 14 anos e os indivíduos com mais de 60 anos representavam 15,6% dos brasileiros (IBGE, 2022). Não obstante, a Organização Mundial de Saúde estima que o Brasil se torne o quinto país com maior população idosa do mundo, prevendo que o número de indivíduos com idade superior a 60 anos no mundo chegará a 2 bilhões de pessoas até 2050 (Kalache e Gatti, 2003).

Em paralelo ao aumento da população envelhecida, a comunidade científica vem alertando também para o fenômeno do aquecimento global (Noaa, 2023; Rossati, 2017; WMO, 2023), com os eventos extremos de temperatura, como as ondas de calor, tornando-se cada vez mais frequentes e intensos (Amengual et al., 2014). Tais eventos climáticos geram altos riscos de saúde para a população, sendo associados a aumentos nas taxas de mortalidade e de atendimentos emergenciais em hospitais (Brooke Anderson e Bell, 2011; Guo *et al.*, 2017; Kilbourne, 2023). Soma-se a isso o fato de que as mortes relacionadas às ondas de calor tendem a aumentar ainda mais nos próximos anos e o Brasil será o terceiro país com maior risco de morte em decorrência dos eventos extremos de calor (Guo *et al.*, 2018). Neste cenário, os estudos têm mostrado que o envelhecimento aumenta a suscetibilidade às mudanças de temperaturas em um curto espaço de tempo e aos seus extremos, devido à diminuição da capacidade termorregulatória (Hanna e Tait, 2015; Kenney, Craighead e Alexander, 2014). Portanto, é sugerido que os indivíduos com idades avançadas possuem maiores chances de sofrerem com as complicações relacionadas ao calor (ex. Choque Hipertérmico) (Westwood *et al.*, 2021).

Desta forma, o aumento das temperaturas globais é um desafio diário que os idosos enfrentarão nos seus mais diversos aspectos, dentre eles durante a prática de exercícios físicos. Embora o exercício físico seja uma ferramenta amplamente aceita para uma vida mais saudável dos idosos (Ajmiri e Bahir, 2023; Cvecka *et al.*,

2015; Larasati e Boy, 2020), emerge o paradigma de terem que exercitar-se, incluindo as atividades laborais, em ambientes cada vez mais termicamente estressantes e lidar com os riscos das complicações relacionadas ao calor. Este paradigma faz com que o conhecimento dos efeitos do envelhecimento sobre a capacidade termorregulatória durante o exercício físico no calor seja fundamental. Para tal, duas variáveis são essenciais, ou seja, a temperatura corporal central ($T_{CENTRAL}$), usualmente regulada em aproximadamente $37^{\circ}C$ nos seres humanos, e a temperatura da pele (T_{PELE}), usualmente ajustada como uma relação entre o conteúdo de calor do centro do corpo e o ambiente ao redor deste (Cramer e Jay, 2016). A $T_{CENTRAL}$ será uma resultante entre a produção e a dissipação de calor (Cramer e Jay, 2016), sendo que T_{PELE} será uma variável regulada no sentido de aumentar ou reduzir a dissipação de calor (MacDougall *et al.*, 1974), visando regular a $T_{CENTRAL}$ em níveis seguros. Portanto, este sistema de ajuste é fundamental para a manutenção da homeostase térmica durante o exercício físico no calor, sendo que quaisquer alterações ou disfunções nestes ajustes podem ameaçar a saúde dos praticantes (Armstrong *et al.*, 2007). Estudos científicos prévios mostram que o processo de envelhecimento leva a perdas na termorregulação, principalmente na capacidade de dissipar calor em situações de estresse térmico, como os exercícios físicos em ambientes quentes (Davy e Seals, 1994; Edwards e Hettinga, 2018; Waldock *et al.*, 2018). Isso faz com que os idosos sejam mais propensos a acumular calor (Larose *et al.*, 2014).

Com o envelhecimento, a capacidade de dissipação de calor diminui devido às perdas associadas aos sistemas sudomotor (Inoue, Kuwahara e Araki, 2004), cardiovascular (Edwards e Hettinga, 2018) e de termorregulação comportamental (Schellen *et al.*, 2010). Em relação ao sistema sudomotor, a capacidade evaporativa é prejudicada em relação aos mais jovens, uma vez que os idosos demoram mais a iniciar o processo de sudorese e apresentam incapacidade de aumentar e manter taxas de sudorese durante o estresse térmico ambiental (Sagawa *et al.*, 1988). Associado às perdas no sistema sudomotor, os idosos apresentam também declínios no sistema cardiovascular, uma vez que o envelhecimento leva a modificações funcionais e estruturais que impactarão diretamente a capacidade termorregulatória (Kenny *et al.*, 2017). Há uma diminuição na vasodilatação

dependente do endotélio e, conseqüentemente, redução do fluxo sanguíneo cutâneo, modificações estas geradas provavelmente pelo aumento das espécies reativas de O₂ e pela redução na biodisponibilidade de óxido nítrico (McGarr *et al.*, 2019). Por fim, do ponto de vista comportamental termorregulatório, estima-se que a percepção térmica esteja prejudicada nos idosos durante o exercício no calor (Schellen *et al.*, 2010).

Assim, uma vez que o processo de envelhecimento leva a perdas significativas na função termorregulatória e que a população idosa vem aumentando significativamente, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática e metanálise acerca dos efeitos do envelhecimento sobre a T_{CENTRAL} e a T_{PELE} de indivíduos de meia-idade e idosos durante a prática de exercícios físicos em ambientes quentes em comparação com indivíduos adultos.

2. METODOLOGIA

2.1 Procedimentos

A presente revisão sistemática e metanálise seguiu as orientações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Page *et al.*, 2021). O registro foi processado em um banco de dados internacional de revisões sistemáticas (PROSPERO), sob o número de registro CRD42022297885. A pesquisa bibliográfica realizada nas bases de dados ocorreu em maio de 2024.

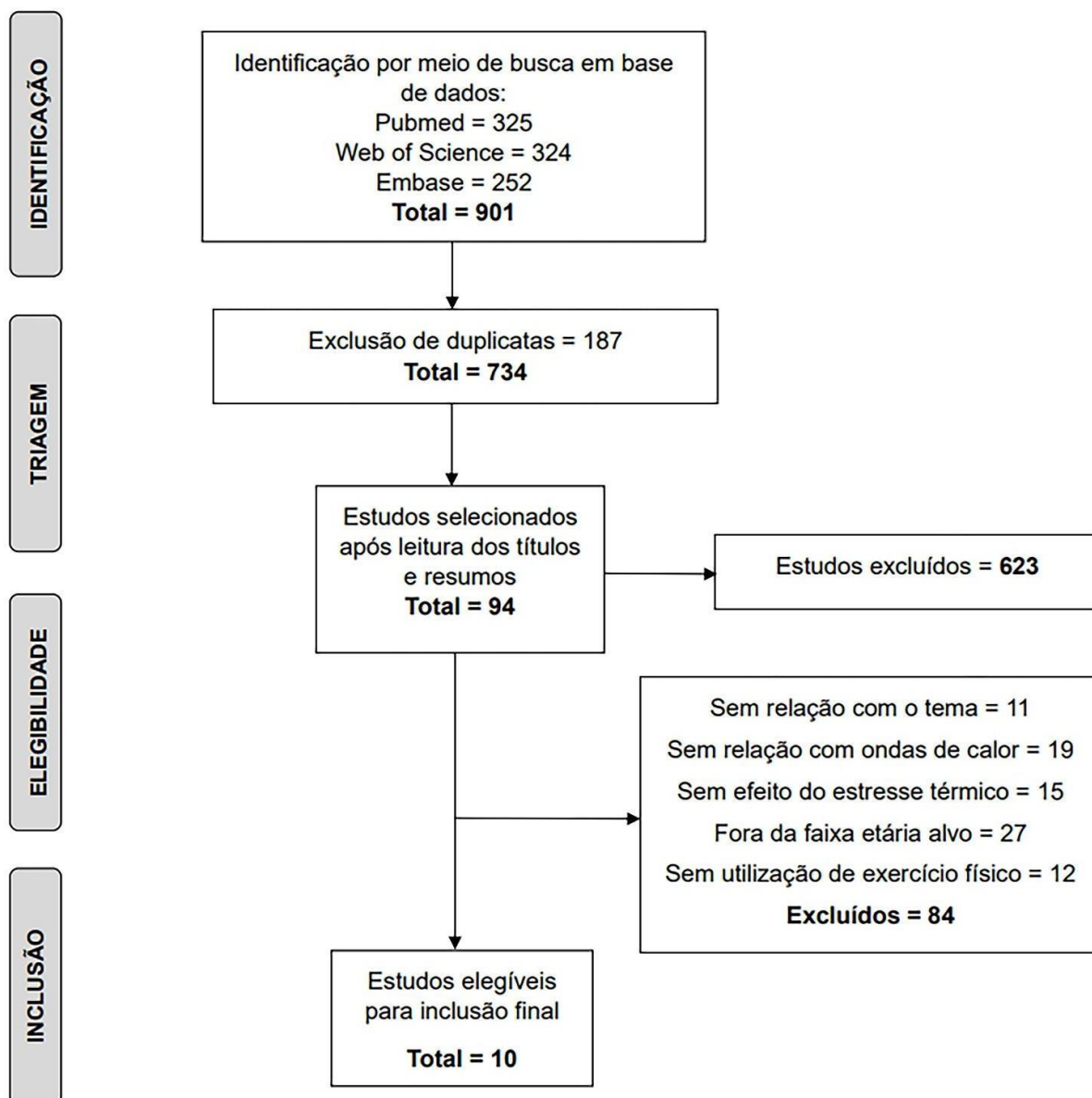
A estratégia para a identificação e obtenção dos artigos utilizados neste estudo foi um levantamento bibliográfico nas bases de dados eletrônicas indexadas ao portal Periódicos Capes, sendo elas: Pubmed (MEDLINE), Web of Science e EMBASE. Os descritores foram definidos com o auxílio do Medical Subject Headings (MeSH) e para a combinação dos termos foram utilizados os operadores booleanos AND e OR. Sendo assim, os descritores utilizados foram: Global Warming OR Climate Change OR heatwave OR heat diseases OR extreme heat OR hot temperature OR high temperature AND Thermoregulation AND exercise OR Physical activity AND Middle-Aged OR Aging OR Aged OR Elderly OR Frail Elderly OR Aged 80 and over. Foram selecionados artigos no idioma inglês publicados entre 1990 e 2023.

2.2 Critérios para a inclusão e exclusão de estudos na revisão

Assim como o PRISMA estabelece, foram definidos critérios de inclusão e exclusão, sendo que foram excluídos (a) estudos qualitativos, (b) estudos de revisão e metanálise, (c) estudos que não avaliaram pessoas de meia-idade e idosos, (d) estudos que não definiram claramente os critérios de ondas de calor, (e) estudos que não incluíam exercícios físicos em seu protocolo, (f) estudos que utilizaram ambientes térmicos com temperaturas inferiores a 30°C, (g) estudos que não possuíam relação com o tema (termorregulação) e (h) estudos que incluíam indivíduos com comorbidades. Foram incluídos artigos originais na língua inglesa publicados dentro do período estabelecido, cujo principal assunto fosse o estudo da termorregulação em indivíduos de meia-idade (40-59 anos) e idosos (> 60 anos) que realizaram exercícios físicos em ambientes quentes, com temperaturas acima de 30°C em comparação aos indivíduos adultos (18-39 anos).

Inicialmente, foram encontrados 901 artigos na pesquisa bibliográfica, sendo 325 no Pubmed (MEDLINE), 252 no EMBASE e 324 na Web of Science. Os estudos foram avaliados de forma independente por dois avaliadores, sendo que a remoção de duplicatas foi realizada pelo software Mendeley, restando 734 artigos. Não foram encontrados estudos por meio da busca manual nas referências dos artigos encontrados. Após este processo, por meio do Rayyan, foram lidos os títulos e resumos, aplicando-se os critérios de inclusão e exclusão. Nos casos em que somente a leitura do resumo não era suficiente para definir se o artigo deveria ser incluído, considerando os critérios de inclusão e exclusão determinados, o artigo foi lido na íntegra como forma de determinar a sua elegibilidade. Já nos casos onde somente o resumo era suficiente, os estudos eram incluídos para a sua leitura completa e confirmação posterior da inclusão. Após este processo, restaram 94 artigos para serem lidos na íntegra. Após esta última etapa, 10 estudos foram incluídos para a construção da revisão sistemática. O resumo deste processo de seleção pode ser observado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma referente ao processo de seleção de estudos para a revisão sistemática e metanálise da literatura.



Fonte: autoria própria.

Os dados extraídos dos estudos selecionados foram sumarizados em uma tabela no formato PICOS, de acordo com o sistema PRISMA (Liberati *et al.*, 2009; Moher *et al.*, 2009). Foram reunidas as seguintes informações: autoria, amostra, desenho experimental, protocolo e intervenção, medidas e variáveis, e por fim, os

principais resultados referentes à $T_{CENTRAL}$ e T_{PELE} . Posteriormente os estudos selecionados foram identificados com uma numeração de 1 a 10.

2.3 Avaliação da qualidade metodológica

A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada por dois pesquisadores independentes, utilizando uma escala adaptada da Grading Of Recommendations Assessment, Development And Evaluation (Tarsilla, 2010). As avaliações discrepantes foram solucionadas através da discussão com um terceiro pesquisador. Os domínios avaliados foram: (a) ausência de sigilo de alocação; (b) ausência de mascaramento; (c) seguimento incompleto; (d) relato seletivo de desfechos; (e) outras limitações. Após essa avaliação, a qualidade dos artigos foi classificada de acordo com o número de respostas negativas em: alta qualidade (5 não); moderada qualidade (4 não); baixa qualidade (3 não); e muito baixa qualidade (1 ou 2 não).

2.4 Análise estatística

Os valores de média e desvio padrão das variáveis de $T_{CENTRAL}$ e T_{PELE} foram obtidos a partir das informações obtidas nos artigos selecionados. A avaliação da heterogeneidade dos dados foi realizada por meio do teste X^2 e a homogeneidade pelo I^2 . Para a metanálise, o tamanho do efeito foi calculado para as variáveis de $T_{CENTRAL}$ e T_{PELE} . Foi realizada uma estimativa média ponderada do tamanho do efeito, a fim de levar em consideração o tamanho da amostra.

O tamanho do efeito médio não ponderado também foi calculado e associado a um intervalo de confiança de 95%. Para avaliar a magnitude de efeito, foi utilizada a classificação de Cohen, na qual: (a) ($d < 0,20$) indica um efeito negligenciável; (b) ($d = 0,20-0,49$) indica um efeito pequeno; (c) ($d = 0,50-0,79$) indica um efeito moderado; (d) ($d > 0,8$) indica um efeito grande (Cohen, 1988).

3. RESULTADOS

3.1 Revisão sistemática

Na presente revisão sistemática foram incluídos 10 estudos que avaliaram a T_{CENTRAL} e T_{PELE} em indivíduos adultos, de meia-idade e idosos saudáveis durante a realização de exercícios físicos em ambientes quentes. Os participantes dos estudos selecionados foram divididos em diferentes grupos, sendo que os grupos experimentais foram constituídos por 77 indivíduos idosos e 37 indivíduos de meia-idade. Para o grupo experimental dos idosos houve um total de 82 adultos como grupo controle e para o grupo de indivíduos de meia-idade um total de 35 adultos.

Na tabela 1 podem ser observados os estudos selecionados para a realização da revisão, apresentados em cada coluna como: (a) Identificação (ID); (b) Estudo; (c) Amostra; (d) Desenho Experimental; (e) Protocolo/Intervenção; (f) Medidas/Variáveis; (g) Principais Resultados. A tabela foi dividida em 2 categorias: a) Indivíduos Adultos e Idosos; b) Indivíduos Adultos e de Meia-Idade.

Tabela 1: Resultados referentes aos estudos selecionados para a revisão realizada.

ID	Estudo	Amostra	Desenho Experimental	Protocolo/Intervenção	Medidas/Variáveis	Principais resultados
Indivíduos Adultos e Idosos						
#1	Kenney <i>et al.</i> , 1995	Adultos: (n=6; 26±2) Idosos: (n=6; 64 ±2)	Transversal	Protocolo: 2 séries de 30 min de ciclismo a 35% e 60% VO _{2max} . Intervenção: 1 sessão de exposição ao ambiente quente e 1 em ambiente moderado.	Medidas: -T _{CENTRAL} -T _{PELE} Ambiente: T _{AMB} : 22°C T _{AMB} : 36°C	↑ T _{CENTRAL} em ambos os grupos, sem diferenças significativas. ↑ T _{PELE} Adulto
#2	Thomas <i>et al.</i> , 1999	Adultos: (n=22; 26 ±1) Idosos: (n=21; 68 ±1)	Longitudinal	Protocolo 2 séries de 60 min de ciclismo a 60% VO _{2max} . Intervenção 16 semanas de treinamento em ambiente quente.	Medidas: -T _{CENTRAL} -T _{PELE} Ambiente: T _{AMB} : 36°C UR: 40%	Melhora na regulação T _{CENTRAL} e T _{PELE} em ambos os grupos, sem diferenças entre eles.
#3	Inbar <i>et al.</i> 2004	Adultos: (n=8; 22 ±0) Idosos: (n=8; 71 ±1)	Transversal	Protocolo 1 série de 85 min de ciclismo a 50% VO _{2max} . Intervenção 1 sessão de exposição ao ambiente quente	Medidas: -T _{CENTRAL} -T _{PELE} Ambiente: T _{AMB} : 41°C UR: 21%	↑ T _{CENTRAL} em ambos os grupos, sem diferenças entre eles. ↑ T _{PELE} em ambos os grupos, sem diferenças entre eles.

ID	Estudo	Amostra	Desenho Experimental	Protocolo/Intervenção	Medidas/Variáveis	Principais resultados
#4	Couli <i>et al.</i> 2020	Adultos: (n=14; 24 ±2) Idosos: (n=14; 68 ±5)	Transversal	Protocolo 1 série de 25 min de caminhada a 3,5 km/h. Intervenção 1 sessão de 25 min de exposição ao ambiente quente.	Medidas: -T _{CENTRAL} -T _{PELE} Ambiente: T _{AMB} : 32°C UR: 50%	↑ T _{CENTRAL} Idosos > Adultos. ↑ T _{PELE} Idosos > Adultos.
#5	Waldock <i>et al.</i> 2021	Adultos: (n=11; 22 ±2) Idosos: (n=8; 68 ±3)	Transversal	Protocolo 2 séries de 30 min de ciclismo a 6 METs. Intervenção 5 sessões de exposição em ambiente quente por 60 min sob T _{CENTRAL} ≥38,5 °C.	Medidas: -T _{CENTRAL} -T _{PELE} Ambiente: T _{AMB} : 35°C UR: 50%	↓ T _{CENTRAL} de repouso em ambos os grupos sem diferenças significativas. ↓ T _{PELE} em ambos os grupos, sem diferenças entre eles.
#6	McKenna <i>et al.</i> 2023	Adultos: (n=20; 29 ±5) Idosos: (n=20; 70 ±4)	Transversal	Protocolo 7 séries de 5 minutos de atividade física leve a ~3 METs. Intervenção 2 sessões de 3h sob exposição ao ambiente quente, seco e úmido.	Medidas: -T _{CENTRAL} -T _{PELE} Ambiente: T _{AMB} : 47°C; UR: 15% T _{AMB} : 41°C; UR: 40%	↑ T _{CENTRAL} em ambos os grupos, sem diferenças entre eles. ↑ T _{PELE} Adultos > Idosos.
Indivíduos Adultos e de Meia-idade						
#7	Viveiros <i>et al.</i> 2012	Adultos: (n=7; 28 ±1) Meia-Idade (n=7; 54 ±2)	Transversal	Protocolo 2 séries de corrida em esteira auto -regulada por 10km e 2 de corrida com carga fixa a 90%VeL até a exaustão. Intervenção 2 sessões de exposição ao ambiente quente e 2 em ambiente moderado.	Medidas: -T _{CENTRAL} -T _{PELE} Ambiente: T _{AMB} : 40°C; UR: 30% T _{AMB} : 20°C; UR:	↑ T _{CENTRAL} em ambos os grupos e ambientes, sem diferenças entre eles. ↑ T _{PELE} em ambos os grupos e ambientes, sem diferenças entre eles.

ID	Estudo	Amostra	Desenho Experimental	Protocolo/Intervenção	Medidas/Variáveis	Principais resultados
					50%	
#8	Notley <i>et al.</i> 2017	Adultos: (n=10; 25 ±4) Meia-Idade (n=10; 51 ±7)	Transversal	Protocolo 2 séries de 15 min de ciclismo com carga fixa de 300W. Intervenção 2 sessões de exposição ao ambiente quente, seco e úmido.	Medidas: -T _{CENTRAL} -T _{PELE} Ambiente: T _{AMB} : 35°C; UR: 20% T _{AMB} : 35°C; UR: 60%	↑ T _{CENTRAL} em ambos os grupos e ambientes, sem diferenças entre eles. ↑ T _{PELE} Adultos > Meia-Idade, em ambos os ambientes.
#9	Larose <i>et al.</i> 2013	Adultos: (n=11; 24 ±4) Meia-Idade (n=13; 51 ±8)	Transversal	Protocolo 4 séries de 15 min de ciclismo com carga fixa de 300W. Intervenção 1 sessão de exposição ao ambiente quente.	Medidas: -T _{CENTRAL} -T _{PELE} Ambiente: T _{AMB} : 35°C UR: 20%	↑ T _{CENTRAL} Idosos > Adultos ↑ T _{PELE} Adultos > Meia-Idade.
#10	Kenney <i>et al.</i> 1990	Adultos: (n=7; 24 ±1) Meia-Idade (n=7; 54 ±2)	Transversal	Protocolo 1 série de 30min em cicloergometro reclinado a 43%VO ₂ max. Intervenção 1 sessão de hipoidratação e 1 de hiperidratação sob exposição ao ambiente quente.	Medidas: -T _{CENTRAL} -T _{PELE} Ambiente: T _{AMB} : 48°C UR: 15%	↑ T _{CENTRAL} em ambos os grupos e condições, sem diferenças entre eles. ↑ T _{PELE} Adultos > Meia-Idade.
↑ : Aumento; ↓ : Redução; > : Maior; °C: Grau Celsius; METs: Equivalente metabólico; min: Minutos; T _{AMB} : Temperatura ambiente; T _{CENTRAL} : Temperatura Central; T _{PELE} : Temperatura da pele; UR: Umidade Relativa; VO ₂ max: Volume máximo de oxigênio; VeL: Velocidade de corrida; W: Watts. Fonte: autoria própria						

A amostra participante dos estudos contou com indivíduos adultos, idosos e de meia-idade saudáveis e ativos. Em relação aos protocolos, intervenções e medidas abordadas, os trabalhos apresentaram protocolos de estresse térmico em ambientes quentes, secos e úmidos, com a T_{AMB} variando entre 22°C a 48°C e a UR variando de 15 a 60%. Para a medida da $T_{CENTRAL}$ foram utilizadas a temperatura gastrointestinal (T_{GI}) (Coull *et al.*, 2021), a temperatura retal (T_{RETAL}) (Inbar *et al.*, 2004; Larose *et al.*, 2013; McKenna *et al.*, 2023; Notley *et al.*, 2017; Viveiros *et al.*, 2012; Waldock *et al.*, 2021) e a temperatura esofágica (T_{ESOFÁGICA}) (Kenney *et al.*, 1990; Kenney e Ho, 1995; Thomas, Pierzga e Kenney, 1999). A T_{PELE} foi aferida através da utilização de termopares cutâneos e de sensores infravermelhos. Em relação ao exercício físico, foram utilizados protocolos de ciclismo (Inbar *et al.*, 2004; Kenney e Ho, 1995; Larose *et al.*, 2013; Notley *et al.*, 2017; Thomas, Pierzga e Kenney, 1999; Waldock *et al.*, 2021), caminhada (Coull *et al.*, 2021), corrida (Viveiros *et al.*, 2012), cicloergômetro reclinado (Kenney *et al.*, 1990), e atividade física leve (ciclismo e/ou caminhada) (McKenna *et al.*, 2023).

3.1.1 Indivíduos adultos e idosos (6 estudos)

Os principais resultados da presente revisão sistemática referentes a $T_{CENTRAL}$, mostraram que os indivíduos idosos que realizaram o exercício físico em ambiente quente não apresentaram diferenças significativas de $T_{CENTRAL}$ quando comparados aos indivíduos adultos (Inbar *et al.*, 2004; Kenney, Ho, 1995; McKenna *et al.*, 2023; Thomas, Pierzga, Kenney, 1999). Em relação a T_{PELE}, os resultados dos estudos sugerem que a T_{PELE} média de idosos é menor que a T_{PELE} média de adultos (Kenney, Ho, 1995; McKenna *et al.*, 2023), porém em alguns casos sem diferenças relacionadas ao aumento durante o exercício físico realizado em ambiente quente (Coull *et al.*, 2021; Inbar *et al.*, 2004; Thomas, Pierzga, Kenney, 1999; Waldock *et al.*, 2021).

3.1.2 Indivíduos adultos e de meia-idade (4 estudos):

Os estudos que compararam indivíduos adultos e de meia-idade não identificaram diferenças significativas na $T_{CENTRAL}$ entre os grupos (Kenney *et al.*, 1990; Larose *et al.*, 2013; Notley *et al.*, 2017; Viveiros *et al.*, 2012). Em relação a

T_{PELE} , os indivíduos adultos apresentaram um aumento maior comparado aos indivíduos de meia-idade (Kenney *et al.*, 1990; Larose *et al.*, 2013; Notley *et al.*, 2017; Viveiros *et al.*, 2012).

3.2 Metanálise

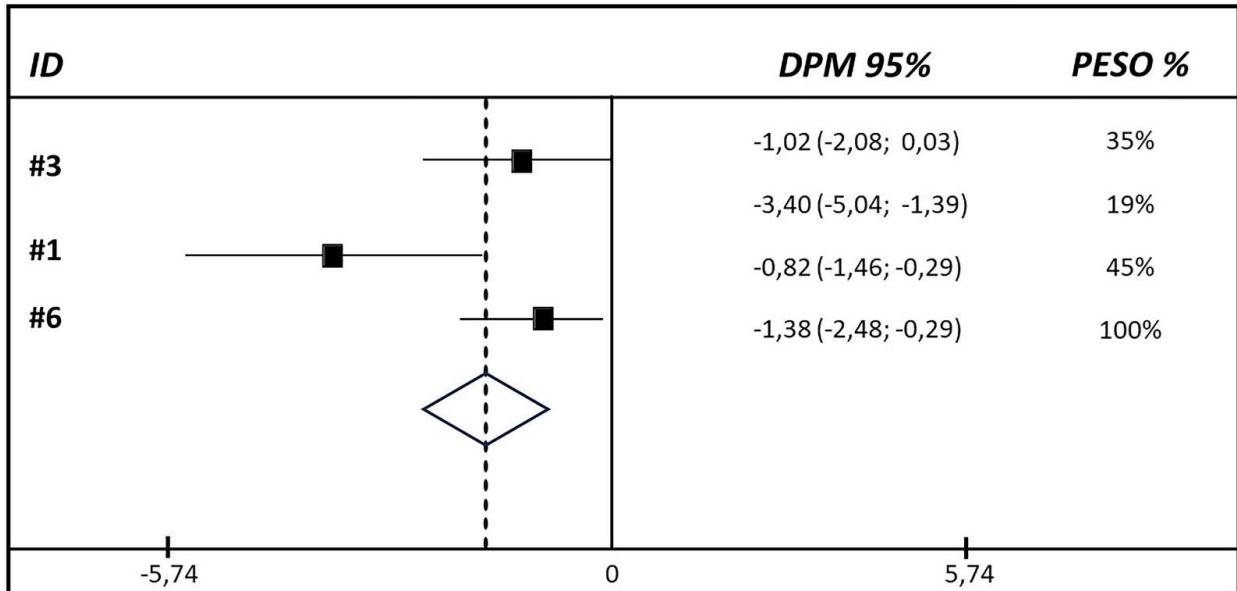
Um total de 8 estudos foi incluído na metanálise, com a realização de duas análises principais. A primeira comparou indivíduos idosos e adultos, enquanto a segunda analisou indivíduos de meia-idade e adultos, observando as variáveis T_{PELE} e $T_{CENTRAL}$.

3.2.1 Indivíduos idosos e adultos

Após reunir os dados dos estudos incluídos na metanálise o tamanho de efeito médio registrado foi de 1,38 (95% CI -2,48, -0,29), indicando que a T_{PELE} foi estatisticamente menor entre os indivíduos idosos quando comparados a indivíduos adultos durante o exercício físico em ambiente quente ($p > 0,05$), conforme apresentado na figura 2. Foi observada heterogeneidade entre os estudos analisados ($I^2 = 65,1\%$; $Q = 5.74$; $d.f. = 2$; $p = 0,057$).

Em relação à $T_{CENTRAL}$, ao realizar o agrupamento (4 trials, 96 pacientes), foi observado um tamanho médio do efeito de -1,28 (95%CI -3,03, 0,48), indicando que a $T_{CENTRAL}$ entre idosos e adultos foi estatisticamente semelhante ($p < 0,05$), conforme apresentado na figura 3. Os dados foram considerados homogêneos ($I^2 = 90,8\%$; $Q = 32,75$; $df = 3$; $p = 0,0001$).

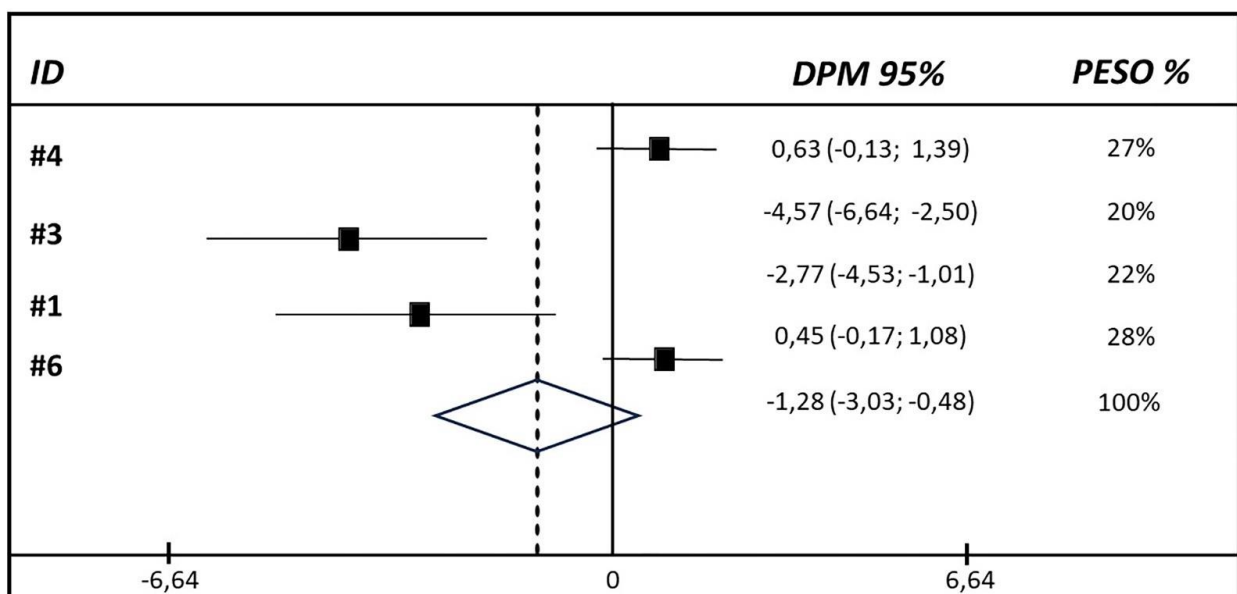
Figura 2. Forest Plot referente aos estudos que analisaram a T_{PELE} em indivíduos adultos e idosos.



ID: Número de identificação dos estudos; DPM 95%: Diferença Padronizada de Médias.

Fonte: autoria própria.

Figura 3. Forest Plot referente aos estudos que analisaram a $T_{CENTRAL}$ em indivíduos adultos e idosos.



ID: Número de identificação dos estudos; DPM 95%: Diferença Padronizada de

Médias.

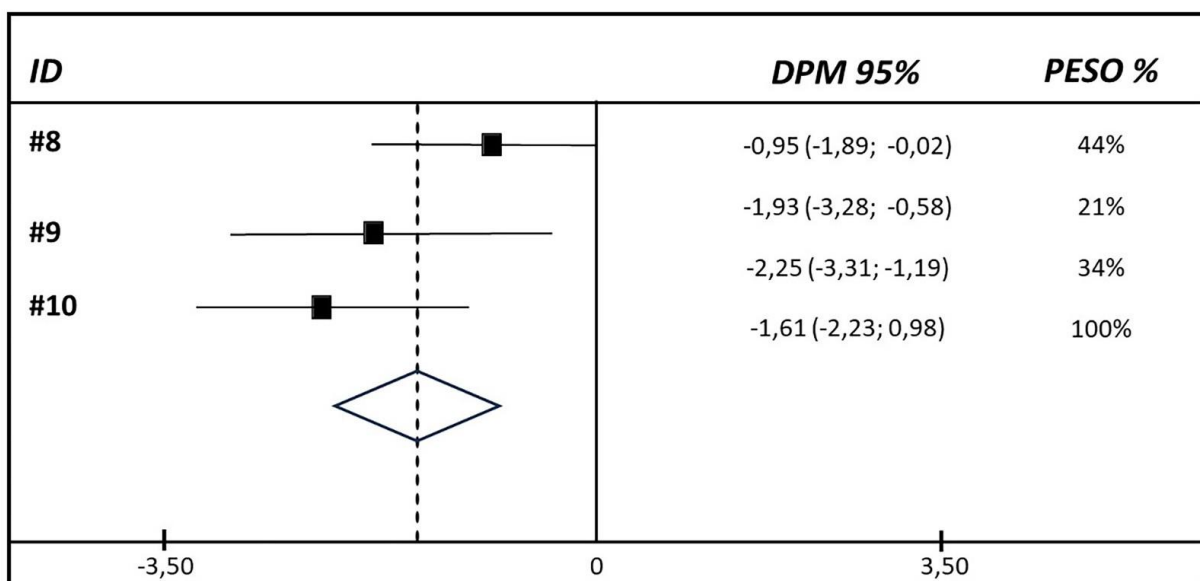
Fonte: autoria própria.

3.2.2 Indivíduos adultos e de meia-idade

Após reunir os 3 trials (58 pacientes) para a variável T_{PELE} , o tamanho médio de efeito registrado foi de -1,61 (95%CI -2,23, 0,98), indicando que a T_{PELE} nos indivíduos de meia-idade foi menor quando comparados a indivíduos adultos ($p > 0,05$), conforme apresentado na figura 4. Foi observada heterogeneidade entre os estudos analisados ($I^2 = 42,9\%$; $Q = 3,50$; $df = 2$; $p = 0,174$).

Em relação à $T_{CENTRAL}$ ao realizar o agrupamento (5 trials, 86 pacientes), foi registrado um tamanho médio do efeito de 0,24 (95%CI -0,59, 1,07), indicando que a $T_{CENTRAL}$ entre indivíduos adultos e de meia-idade foram estatisticamente semelhantes ($p < 0,05$), conforme apresentado na figura 5. Os dados foram considerados homogêneos ($I^2 = 70,2\%$; $Q = 13,40$; $df = 4$; $p = 0,009$).

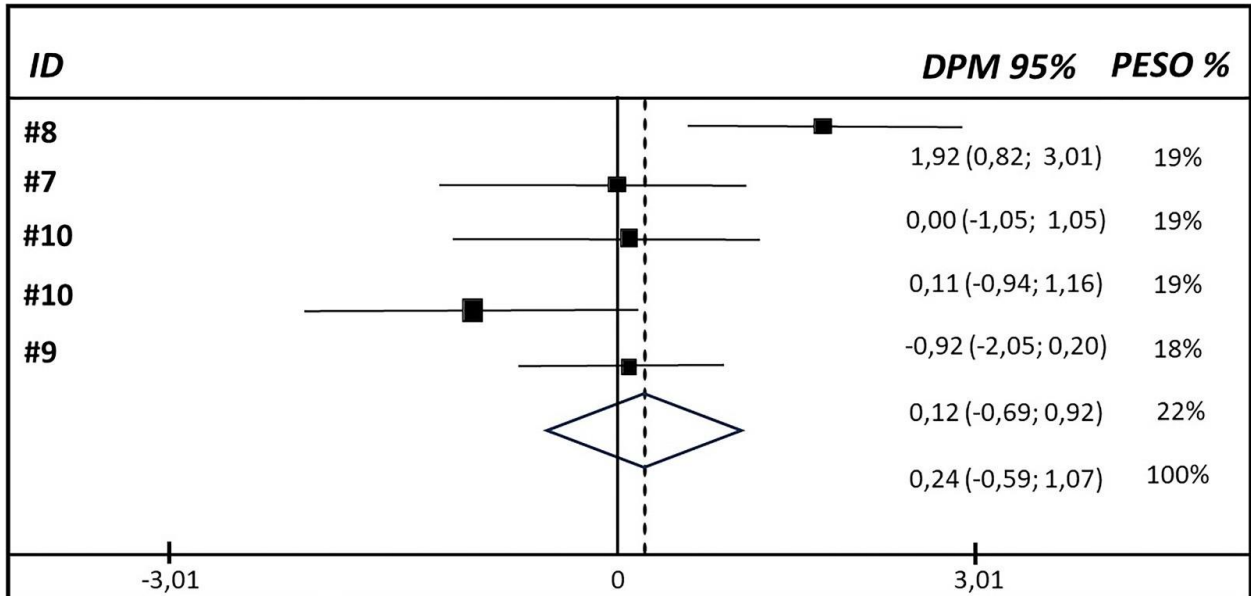
Figura 4. Forest Plot referente aos estudos que analisaram a T_{PELE} em indivíduos adultos e de meia-idade.



ID: Número de identificação dos estudos; DPM 95%: Diferença Padronizada de Médias.

Fonte: autoria própria.

Figura 5. Forest Plot referente aos estudos que analisaram a T_{CENTRAL} em indivíduos adultos e de meia-idade



ID: Número de identificação dos estudos; DPM 95%: Diferença Padronizada de Médias.

Fonte: autoria própria.

3.3 Avaliação da qualidade metodológica

A avaliação da qualidade metodológica apresentou 12,5% (1) dos estudos com alta qualidade metodológica. Outros 75% (6) estudos foram classificados como de qualidade moderada e 12,5% (1) como baixa qualidade. A qualidade dos estudos foi afetada principalmente pela ausência de sigilo de alocação (randomização) e ausência de mascaramento (duplocego), conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2: Avaliação da qualidade metodológica dos estudos

ID	Ausência/Sigilo de alocação	Ausência/Mascaramento	Seguimento Incompleto	Relato seletivo de desfechos	Outras Limitações	Qualidade
#1	S	N	S	N	N	3
#3	S	N	N	N	N	4
#4	S	N	N	N	N	4
#6	N	N	N	N	N	5
#7	N	S	N	N	N	4
#8	N	S	N	N	N	4
#9	S	N	N	N	N	4
#10	N	S	N	N	N	4

ID: Número de identificação dos estudos; S:Sim; N:Não

Fonte: autoria própria.

4 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática e metanálise acerca dos efeitos do envelhecimento sobre a $T_{CENTRAL}$ e a T_{PELE} em indivíduos de meia-idade e idosos durante a prática de exercícios físicos em ambientes quentes, quando comparados a indivíduos adultos.

Após um processo de seleção, foram selecionados 10 estudos para a revisão sistemática e 8 estudos para a metanálise. Nossos principais resultados mostraram que: a) indivíduos idosos que realizaram exercício físico em ambiente quente não apresentaram diferenças significativas de $T_{CENTRAL}$ quando comparados a indivíduos adultos (Inbar *et al.*, 2004; Kenney e Ho, 1995; McKenna *et al.*, 2023; Thomas, Pierzga e Kenney, 1999) com um tamanho médio de efeito registrado de -1,28 (95%CI -3,03, 0,48); b) a T_{PELE} de idosos foi menor que a T_{PELE} de adultos durante o exercício físico realizado em ambiente quente (Kenney e Ho, 1995; McKenna *et al.*, 2023) com um tamanho médio de efeito registrado de 1,38 (95% CI -2,48, -0,29); c) Indivíduos adultos e de meia-idade não apresentaram diferenças significativas em relação à $T_{CENTRAL}$ durante o exercício físico realizado em ambiente quente (Kenney *et al.*, 1990; Larose *et al.*, 2013; Notley *et al.*, 2017; Viveiros *et al.*, 2012) com um

tamanho médio de efeito registrado de 0,24 (95%CI -0,59, 1,07); d) por fim, indivíduos adultos apresentaram um aumento maior de T_{PELE} em comparação com indivíduos de meia-idade (Kenney *et al.*, 1990; Larose *et al.*, 2013; Notley *et al.*, 2017; Viveiros *et al.*, 2012), com um tamanho médio de efeito registrado de -1,61 (95% CI -2,23, 0,98).

O processo de envelhecimento é associado a diversas alterações na função termorregulatória (Catz e Shapira, 2001). Com o desenvolvimento da idade o organismo pode apresentar, redução da capacidade de sudorese (Anderson e Kenney, 1987), redução da sensibilidade vasodilatadora (Kenney *et al.*, 1997), redução do fluxo sanguíneo cutâneo (Petrofsky *et al.*, 2009), além de alterações na percepção térmica que podem impactar diretamente o processo de dissipação de calor corporal (Schellen *et al.*, 2010). Entretanto, o treinamento físico pode atenuar estes declínios, a partir de adaptações crônicas no sistema cardiovascular (Ehsani *et al.*, 1991; Spina, Turner e Ehsani, 1998); e no sistema nervoso central (Ueno e Moritani, 2003). Os ajustes provenientes do treinamento físico ainda podem proporcionar a expansão do volume plasmático promovendo uma maior redistribuição do fluxo sanguíneo para a pele, otimizando a distribuição do conteúdo de calor entre os tecidos periféricos (Convertino, 1991).

Os benefícios acima listados podem ter impacto direto nos achados do presente estudo, uma vez que boa parte da amostra analisada nos estudos selecionados foi composta por indivíduos fisicamente ativos. A ausência de diferença de $T_{CENTRAL}$ entre indivíduos idosos e adultos relatada na presente análise, destaca o efeito direto do treinamento físico nos mecanismos termorregulatórios que são responsáveis pelo acúmulo de calor corporal. Em relação à T_{PELE} , observou-se que ela foi mais baixa no grupo de idosos ao longo dos protocolos de exercícios. Esse achado pode ser explicado pelo fato de que os idosos podem responder ao exercício físico realizado em ambiente quente com um fluxo sanguíneo cutâneo reduzido (Kenney *et al.*, 1990; Kenney e Ho, 1995), e menor condutância vascular cutânea em comparação aos adultos (Best *et al.*, 2014; Fujii *et al.*, 2015).

Nossa segunda análise demonstrou que a $T_{CENTRAL}$ entre indivíduos adultos e de meia-idade que se exercitaram em ambiente quente foram semelhantes (Kenney *et al.*, 1990; Larose *et al.*, 2013; Notley *et al.*, 2017; Viveiros *et al.*, 2012). Em relação

a T_{PELE} , os resultados demonstraram que os indivíduos adultos apresentaram um aumento maior comparado aos indivíduos de meia-idade (Kenney *et al.*, 1990; Larose *et al.*, 2013; Notley *et al.*, 2017; Viveiros *et al.*, 2012).

Através da análise dos estudos citados, é possível afirmar que o processo de envelhecimento provoca alterações na função termorregulatória. No entanto, cuidados como hidratação adequada, melhora do condicionamento físico e aclimação podem auxiliar os indivíduos no processo de envelhecimento, reduzindo os riscos de complicações relacionadas ao calor, especialmente durante o atual cenário de mudanças climáticas e de ondas de calor cada vez mais frequentes (Convertino, 1991; Ehsani *et al.*, 1991; Spina, Turner e Ehsani, 1998; Ueno e Moritani, 2003).

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados desta revisão sistemática e metanálise, foi observado que a $T_{CENTRAL}$ foi semelhante entre indivíduos adultos, idosos e de meia-idade durante o exercício físico realizado em ambiente quente. Em relação à T_{PELE} , nossos achados demonstraram que os indivíduos de meia-idade e idosos apresentaram menores valores quando comparados aos indivíduos adultos. Apesar da importância da compreensão acerca das mudanças na $T_{CENTRAL}$ e T_{PELE} de indivíduos de meia-idade e idosos, conforme demonstrado pelo presente estudo, devemos levar em consideração algumas limitações deste trabalho. Dentre as limitações podemos destacar, o número reduzido de estudos que abordaram diretamente as variáveis de interesse, a variabilidade amostral e de protocolos utilizados nos estudos selecionados, além da utilização de diferentes métodos de medida da $T_{CENTRAL}$ e T_{PELE} que podem influenciar os resultados (Taylor, Tipton, Kenny, 2014). Uma análise envolvendo apenas indivíduos sedentários se faz necessária, uma vez que o treinamento físico pode ter impacto direto nos mecanismos termorregulatórios.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às agências de fomento que financiaram este trabalho, a saber: a) CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Códigos 403824/2021-4 e 407925/2023-6); b) CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Código 001); c) FAPEMIG – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Código APQ-01828- 23). AJ Natali é bolsista de produtividade do CNPq. WM Januário, NF Lessa e JS Valente são bolsistas da CAPES. AJO Schittine e CH Paiva foram bolsistas da FAPEMIG e do CNPq, respectivamente.

REFERÊNCIAS

AJMIRI, Mohammad Younus; BAHIR, Hizbullah. impact of physical exercise on the mental health of the elderly. **Sustainability and Sports Science Journal**, [S. l.], v. 1, n. 2, 2023. DOI: 10.61486/etck4342.

AMENGUAL, A.; HOMAR, V.; ROMERO, R.; BROOKS, H. E.; RAMIS, C.; GORDALIZA, M.; ALONSO, S. Projections of heat waves with high impact on human health in Europe. **Global and Planetary Change**, [S. l.], v. 119, 2014. DOI: 10.1016/j.gloplacha.2014.05.006.

ARMSTRONG, Lawrence E.; CASA, Douglas J.; MILLARD-STAFFORD, Mindy; MORAN, Daniel S.; PYNE, Scott W.; ROBERTS, William O. Exertional heat illness during training and competition. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 39, n. 3, 2007. DOI: 10.1249/MSS.0b013e31802fa199.

BEST, Stuart; THOMPSON, Martin; CAILLAUD, Corinne; HOLVIK, Liv; FATSEAS, George; TAMMAM, Amr. Exercise-heat acclimation in young and older trained cyclists. **Journal of Science and Medicine in Sport**, [S. l.], v. 17, n. 6, 2014. DOI: 10.1016/j.jsams.2013.10.243.

BROOKE ANDERSON, G.; BELL, Michelle L. Heat waves in the United States: Mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities. **Environmental Health Perspectives**, [S. l.], v. 119, n. 2, 2011. DOI: 10.1289/ehp.1002313.

CATZ, A.; SHAPIRA, Y. **Aging and thermoregulation**. Harefuah, 2001. DOI: 10.7600/jpfsm.2.37.

COHEN, Jacob. Statistical power analysis for the behavioural sciences. Hillside. NJ: Lawrence Earlbaum Associates, 1988.

CONVERTINO, Victor A. Blood volume: Its adaptation to endurance training. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 23, n. 12, 1991.

CRAMER, Matthew N.; JAY, Ollie. Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress. **Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical**, 2016. DOI: 10.1016/j.autneu.2016.03.001.

COULL, Nicole A.; WEST, Anna M.; HODDER, Simon G.; WHEELER, Patrick; HAVENITH, George. Body mapping of regional sweat distribution in young and older males. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 121, n. 1, 2021. DOI: 10.1007/s00421-020-04503-5.

CVECKA, Jan; TIRPAKOVA, Veronika; SEDLIAK, Milan; KERN, Helmut; MAYR, Winfried; HAMAR, Dušan. Physical activity in elderly. **European Journal of Translational Myology**, [S. l.], v. 25, n. 4, 2015. DOI: 10.4081/ejtm.2015.5280.

DAVY, K. P.; SEALS, D. R. Total blood volume in healthy young and older men. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 76, n. 5, 1994. DOI:

10.1152/jappl.1994.76.5.2059.

DE PAULA VIVEIROS, J.; AMORIM, F. T.; ALVES, M. N. M.; PASSOS, R. L. F.; MEYER, F. Run performance of middle-aged and young adult runners in the heat. **International Journal of Sports Medicine**, [S. l.], v. 33, n. 3, 2012. DOI: 10.1055/s-0031-1295444.

EDWARDS, A. M.; HETTINGA, F. J. Blood pressure, arterial stiffness and exercise: does exercise increase the risk of acute cardiac events in older adults? **European Journal of Preventive Cardiology**, 2018. DOI: 10.1177/2047487318788594.

EHSANI, Ali A.; OGAWA, Takeshi; MILLER, Tom R.; SPINA, Robert J.; JILKA, Sarah M. Exercise training improves left ventricular systolic function in older men. **Circulation**, [S. l.], v. 83, n. 1, 1991. DOI: 10.1161/01.cir.83.1.96.

FUJII, Naoto; PAULL, Gabrielle; MEADE, Robert D.; MCGINN, Ryan; STAPLETON, Jill M.; AKBARI, Pegah; KENNY, Glen P. Do nitric oxide synthase and cyclooxygenase contribute to the heat loss responses in older males exercising in the heat? **Journal of Physiology**, [S. l.], v. 593, n. 14, 2015. DOI: 10.1113/JP270330.

GUO, Yuming *et al.* Heat wave and mortality: A multicountry, multicomunity study. **Environmental Health Perspectives**, [S. l.], v. 125, n. 8, 2017. DOI: 10.1289/EHP1026.

GUO, Yuming *et al.* Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: A multicountry time series modelling study. **PLoS Medicine**, [S. l.], v. 15, n. 7, 2018. DOI: 10.1371/journal.pmed.1002629.

HANNA, Elizabeth G.; TAIT, Peter W. Limitations to thermoregulation and acclimatization challenge human adaptation to global warming. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S. l.], v. 12, n. 7, 2015. DOI: 10.3390/ijerph120708034.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mudança Demográfica no Brasil no Início do Século XXI: Subsídios para as projeções da população. [s.l: s.n.]. v. 3

INBAR, Omri; MORRIS, Norman; EPSTEIN, Yoram; GASS, Gregory. Comparison of thermoregulatory responses to exercise in dry heat among prepubertal boys, young adults and older males. **Experimental Physiology**, [S. l.], v. 89, n. 6, 2004. DOI: 10.1113/expphysiol.2004.027979.

INOUE, Yoshimitsu; KUWAHARA, Tomoko; ARAKI, Tsutomu. Maturation- and aging-related changes in heat loss effector function. *Em: JOURNAL OF PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY AND APPLIED HUMAN SCIENCE 2004*, Anais [...]. [s.l: s.n.] DOI: 10.2114/jpa.23.289.

KALACHE, A.; GATTI, A. Active ageing: a policy framework. *Advances in gerontology = Uspekhi gerontologii / Rossiiskaia akademiia nauk, Gerontologicheskoe obshchestvo*, [S. l.], v. 11, 2003. DOI: 10.1080/tam.5.1.1.37.

KENNEY, W. Larry; CRAIGHEAD, Daniel H.; ALEXANDER, Lacy M. Heat waves aging and human cardiovascular health. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. l.], v. 46, n. 10, 2014. DOI: 10.1249/MSS.0000000000000325.

KENNEY, W. L.; TANKERSLEY, C. G.; NEWSWANGER, D. L.; HYDE, D. E.; PUHL, S. M.; TURNER, N. L. Age and hypohydration independently influence the peripheral vascular response to heat stress. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 68, n. 5, 1990. DOI: 10.1152/jap.1990.68.5.1902.

KENNY, Glen P. *et al.* Hyperthermia and cardiovascular strain during an extreme heat exposure in young versus older adults. **Temperature**, [S. l.], v. 4, n. 1, 2017. DOI: 10.1080/23328940.2016.1230171.

KILBOURNE, Edwin M. Heat Waves and Hot Environments. *Em: The Public Health Consequences of Disasters*. [s.l.: s.n.]. DOI: 10.1093/oso/9780195095708.003.0012.

LARASATI, Adinda Nadira; BOY, Elman. The Impact of Physical Activity in Elderly. **MAGNA MEDICA: Berkala Ilmiah Kedokteran dan Kesehatan**, [S. l.], v. 6, n. 2, 2020. DOI: 10.26714/magnamed.6.2.2019.113-121.

LAROSE, Joanie; BOULAY, Pierre; WRIGHT-BEATTY, Heather E.; SIGAL, Ronald J.; HARDCASTLE, Stephen; KENNY, Glen P. Age-related differences in heat loss capacity occur under both dry and humid heat stress conditions. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 117, n. 1, 2014. DOI: 10.1152/jap.2014.117.1.00123.

LIBERATI, Alessandro *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Medicine*, 2009. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000100.

MACDOUGALL, J. D.; REDDAN, W. G.; LAYTON, C. R.; DEMPSEY, J. A. Effects of metabolic hyperthermia on performance during heavy prolonged exercise. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 36, n. 5, 1974. DOI: 10.1152/jap.1974.36.5.538.

MCGARR, Gregory W.; FUJII, Naoto; MUIA, Caroline M.; NISHIYASU, Takeshi; KENNY, Glen P. Separate and combined effects of kca and katp channel blockade with nos inhibition on cutaneous vasodilation and sweating in older men during heat stress. **American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology**, [S. l.], v. 317, n. 1, 2019. DOI: 10.1152/ajpregu.00075.2019.

MCKENNA, Z. J.; FOSTER, J.; ATKINS, W. C.; BELVAL, L. N.; WATSON, J. C.; JARRARD, C. P.; ORTH, B. D.; CRANDALL, C. G. Age alters the thermoregulatory responses to extreme heat exposure with accompanying activities of daily living. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, [S. l.], 2023. DOI: 10.1152/jap.2023.115.2.00285. Disponível em: <https://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&id=L641756312&from=export>.

MOHER, David *et al.* Preferred reporting items for systematic reviews and meta-

analyses: The PRISMA statement. **PLoS Medicine**, 2009. DOI: 10.1371/journal.pmed.1000097.

NOAA. State of the Climate: **Global Climate Report for 2023**. 2023.

PAGE, Matthew J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. **The BMJ**, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n71.

ROSSATI, Antonella. Global warming and its health impact. **International Journal of Occupational and Environmental Medicine**, 2017. DOI: 10.15171/ijoem.2017.963.

SAGAWA, S.; SHIRAKI, K.; YOUSEF, M. K.; MIKI, K. Sweating and cardiovascular responses of aged men to heat exposure. **Journals of Gerontology**, [S. l.], v. 43, n. 1, 1988. DOI: 10.1093/geronj/43.1.M1.

SCHELLEN, L.; VAN MARKEN LICHTENBELT, W. D.; LOOMANS, M. G. L. C.; TOFTUM, J.; DE WIT, M. H. Differences between young adults and elderly in thermal comfort, productivity, and thermal physiology in response to a moderate temperature drift and a steady-state condition. **Indoor Air**, [S. l.], v. 20, n. 4, 2010. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2010.00657.x.

SPINA, Robert J.; TURNER, Michael J.; EHSANI, Ali A. β -Adrenergic-mediated improvement in left ventricular function by exercise training in older men. **American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology**, [S. l.], v. 274, n. 2 43-2, 1998. DOI: 10.1152/ajpheart.1998.274.2.h397.

TARSILLA, Michele. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. **Journal of MultiDisciplinary Evaluation**, [S. l.], v. 6, n. 14, 2010. DOI: 10.56645/jmde.v6i14.284.

TAYLOR, Nigel A. S.; TIPTON, Michael J.; KENNY, Glen P. **Considerations for the measurement of core, skin and mean body temperatures**. **Journal of Thermal Biology**, 2014. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2014.10.006.

THOMAS, Carla M.; PIERZGA, Jane M.; KENNEY, W. Larry. Aerobic training and cutaneous vasodilation in young and older men. **Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 86, n. 5, 1999. DOI: 10.1152/jappl.1999.86.5.1676.

UENO, Linda Massako; MORITANI, Toshio. Effects of long-term exercise training on cardiac autonomic nervous activities and baroreflex sensitivity. **European Journal of Applied Physiology**, [S. l.], v. 89, n. 2, 2003. DOI: 10.1007/s00421-002-0777-z.

WALDOCK, K. A. M.; HAYES, M.; WATT, P. W.; MAXWELL, N. S. Physiological and perceptual responses in the elderly to simulated daily living activities in UK summer climatic conditions. **Public Health**, [S. l.], v. 161, 2018. DOI: 10.1016/j.puhe.2018.04.012.

WESTWOOD, Caroline S.; FALLOWFIELD, Joanne L.; DELVES, Simon K.; NUNNS, Michael; OGDEN, Henry B.; LAYDEN, Joseph D. Individual risk factors associated with exertional heat illness: A systematic review. **Experimental Physiology**, 2021.

DOI: 10.1113/EP088458.

WMO. World Meteorological Organization Global Annual to Decadal Climate Update. Bulletin, [S. l.], v. 72, n. 1, 2023. Disponível em: <http://public.wmo.int/en/resources/bulletin>.

CAPÍTULO 2

ARTIGO

Termorregulação comportamental em idosos e jovens durante exercício de ciclismo no calor

Termorregulação comportamental em idosos e jovens durante exercício de ciclismo no calor

Natália Franciele Lessa¹, William Martins Januário¹, Paula Martins Rodrigues¹, Cristóvão Augusto Valadares¹, Arthur Patrício Canavarros¹, Antônio José Natali ², Danielli Braga de Mello³, Thales Nicolau Prímola-Gomes^{1#}.

¹ Laboratório de Performance Humana, Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil;

² Laboratório de Biologia do Exercício, Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

³ Escola de Educação Física do Exército, Rio de Janeiro, Brasil.

Corresponding author:

Dr. Thales Nicolau Prímola-Gomes.

Departamento de Educação Física, Universidade Federal de Viçosa, Av. Ph. Rolfs, s/n, Viçosa, Minas Gerais, 36570-900, Brasil.

Telefone: +55 31 36125411

E-mail: thales.gomes@ufv.br

RESUMO

Introdução: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da idade nas variáveis psicofisiológicas e termorregulatórias durante o exercício autorregulado em ambiente quente. **Métodos:** Doze indivíduos adultos jovens saudáveis adotados como grupo controle (idade: $24,58 \pm 6,8$ anos), sendo seis homens e seis mulheres, e doze indivíduos idosos saudáveis (idade: $63,92 \text{ anos} \pm 3,9$), sendo oito homens e quatro mulheres foram submetidos a um ensaio de ciclismo em um ambiente quente (idosos: $33,1^{\circ}\text{C} \pm 0,21$; $68,5\% \pm 5,66$; jovens: $33,1^{\circ}\text{C} \pm 0,07$; $73,4\% \pm 4,10$). O protocolo consistiu em um descanso inicial de 10 minutos, seguido de um protocolo de exercício de intensidade perceptualmente regulada (50 minutos) em ambiente quente, compreendendo 10 minutos a uma PSE 11, 10 minutos a uma PSE 13, 20 minutos a uma PSE 15 e 10 minutos a uma PSE 9, seguidos de 10 minutos de recuperação. As variáveis medidas foram a temperatura gastrointestinal, por meio da ingestão de uma cápsula telemétrica (T_{GI} °C); a temperatura média da pele, por meio de sensores de temperatura (T_{PELE} °C); o conforto térmico (CT); a sensação térmica (ST) e a percepção de sede, por meio das escalas subjetivas; a frequência cardíaca, por meio de cardiófrequencímetro (FC); a gravidade específica da urina (GEU) por meio de refratômetro; a taxa de acúmulo de calor (TAC); o trabalho (W) e as respostas de sudorese. A normalidade dos dados foi testada usando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov e a homogeneidade das variâncias, utilizando-se os testes de Levene e Brown-Forsythe. Para os dados com distribuição normal, aplicou-se uma ANOVA de medidas repetidas de duas vias (two-way ANOVA), considerando os fatores "tempo" e "grupos etários" em relação à variável dependente de interesse. Nos casos de distribuições não paramétricas, utilizou-se a ANOVA de Rank Alinhada (ART). Para comparações múltiplas, foi aplicado o teste post-hoc de Bonferroni. As comparações entre as variáveis amostrais e ambientais foram realizadas por meio dos testes t de Student e de Mann-Whitney. Um nível de significância de $p < 0,05$ foi estabelecido para todas as análises. Todas as análises foram realizadas no software RStudio 2024.09.0 Build 375 © 2009-2024 Posit Software, PBC. **Resultados:** Não foram encontradas diferenças significativas ($p > 0,05$) entre idosos e jovens para T_{GI} , T_{PELE} , $T_{CORPORAL}$, TAC, CT e ST. Foram encontradas diferenças significativas entre

idosos e jovens para a sensação de sede ($p < 0,05$) desde o minuto 45 ao final do protocolo. Também foram encontradas diferenças significativas para FC e potência relativa ($p < 0,05$), entre os minutos 0-70 e 22-51, respectivamente. **Conclusão:** Indivíduos jovens e idosos, durante o exercício perceptualmente regulado em ambiente quente, apresentam respostas semelhantes em relação a CT, ST, $T_{CENTRAL}$, T_{PELE} , $T_{CORPORAL}$ e TAC porém os idosos apresentam uma sensação de sede atenuada em relação aos jovens.

Palavras-chave: Termorregulação; onda de calor; envelhecimento; ciclismo; respostas psicofisiológicas.

ABSTRACT

Introduction: The aim of this study was to evaluate the effect of age on psychophysiological and thermoregulatory variables during self-regulated exercise in a warm environment. **Methods:** Twelve healthy young adults (age: 24.58 ± 6.8 years), six men and six women, and twelve healthy elderly individuals (age: 63.92 years ± 3.9), eight men and four women, underwent a cycling test in a warm environment (elderly: $33.1^{\circ}\text{C} \pm 0.21$; $68.5\% \pm 5.66$; young: $33.1^{\circ}\text{C} \pm 0,07$; $73.4\% \pm 4.10$). The protocol consisted of an initial 10-minute rest period, followed by a perceptually regulated intensity exercise protocol (50 minutes) in a warm environment, comprised of 10 minutes at a RPE of 11, 10 minutes at a RPE of 13, 20 minutes at a RPE of 15 and 10 minutes at a RPE of 9, followed by 10 minutes of recovery. The variables measured were gastrointestinal temperature, through the ingestion of a telemetric capsule ($T_{GI}^{\circ}\text{C}$); mean skin temperature, through temperature sensors ($T_{SKIN}^{\circ}\text{C}$); thermal comfort (CT); thermal sensation (ST) and perception of thirst, through subjective scales; heart rate, through a cardiofrequency meter (HR); urine specific gravity by means of a refractometer (GEU); heat accumulation rate (TAC); work (W); sweating responses. Data normality was tested using the Kolmogorov-Smirnov test and homogeneity of variances using the Levene and Brown-Forsythe tests. For data with normal distribution, a two-way repeated measures ANOVA was applied, considering the factors "time" and "age groups" in relation to the dependent variable of interest. In cases of nonparametric distributions, Aligned Rank ANOVA (ART) was used. For multiple comparisons, the Bonferroni

post-hoc test was applied. Comparisons between sample and environmental variables were performed using Student's t-test and Mann-Whitney test. A significance level of $p < 0,05$ was established for all analyses. All analyses were performed using RStudio 2024.09.0 Build 375 © 2009-2024 Posit Software, PBC.

Results: No significant differences ($p > 0,05$) were found between elderly and young individuals for TGI, TPELE, TCORPORAL, TAC, CT, ST. Significant differences were found between elderly and young individuals for the sensation of thirst ($p < 0,05$) from minute 45 to the end of the protocol. Significant differences were also found for HR and relative power ($p < 0,05$), between minutes 0-70 and 22-51, respectively.

Conclusion: Young and elderly individuals, during perceptually regulated exercise in a hot environment, present similar responses in relation to CT, ST, T_{CORE} , T_{SKIN} , $T_{CORPORAL}$ and TAC, however the elderly present an attenuated sensation of thirst in relation to the young individuals.

Keywords: Thermoregulation; heat wave; aging; cycling; psychophysiological responses.

Termorregulação comportamental em idosos e jovens durante exercício de ciclismo no calor

1. INTRODUÇÃO

No último ano, observamos uma sequência de quebras de recordes climáticos em todo mundo (Ripple *et al.*, 2023). Essa velocidade das mudanças climáticas surpreendeu os cientistas e os riscos atrelados a condições meteorológicas extremas desencadearam preocupação (Armstrong McKay *et al.*, 2022; Ripple *et al.*, 2023). Isto demonstra que estamos levando nosso planeta a uma instabilidade incerta (Ripple *et al.*, 2023).

Períodos marcados pelo calor extremo, ou ondas de calor, tendem a continuar aumentando em termos de duração, intensidade e frequência (Pörtner *et al.*, 2022). As ondas de calor estão pressionando, de forma significativa, os serviços de emergência e socorristas (Turner *et al.*, 2013), aumentando o número de internações (Sun *et al.*, 2021; Bernstein *et al.*, 2022) e também a taxa de mortalidade entre as populações mais vulneráveis, a maioria sendo idosos (Basagaña *et al.*, 2011; Waldock *et al.*, 2018; Ebi *et al.*, 2021).

A exposição a temperaturas extremas pode representar um desafio à manutenção da homeostase do corpo humano, sobretudo quando isso tende a ocorrer com certa frequência, impedindo possibilidades de aclimação (Millyard *et al.*, 2020), principalmente da população idosa, que é mais suscetível a acometimentos pelo calor. Com a associação do aumento das ondas de calor e também do aumento da população idosa, é previsível que o número de acometimentos e, conseqüentemente, mortes causadas pelo calor, aumentará (Millyard *et al.*, 2020).

A temperatura corporal do ser humano é dividida em temperatura central (núcleo) e temperatura periférica (casca) (Tansey, 2015). A temperatura central ($T_{CENTRAL}$) é estreitamente controlada entre 36,2 e 38,2 °C, tendo em média 37°C. Isso garante a homeostasia corporal (Bligh, Johnson, 2001; Schlader, Stannard, Mündel 2011a). Há dois tipos de mecanismos termorregulatórios que buscam manter a $T_{CENTRAL}$ dentro do ideal: mecanismos termorregulatórios autonômicos, que estão relacionados a ações involuntárias, cujos principais processos são os tremores ou a sudorese, com a finalidade de ganho ou dissipação de calor, respectivamente, assim como ações relacionadas à circulação sanguínea, como a vasodilatação ou a vasoconstrição (Charkoudian, 2003); e mecanismos termorregulatórios

comportamentais, que é qualquer ação voluntária, têm por objetivo estabelecer uma situação ótima de troca de calor entre o corpo com o ambiente (Bligh; Johnson, 2001; Romanovsky, 2006), como buscar um abrigo fresco, retirar ou colocar peças de roupas, etc.

Com o processo de envelhecimento, as estratégias comportamentais são atenuadas (Millyard *et al.*, 2020). Uma metanálise realizada por Lessa *et al.* (2024) mostrou que idosos apresentam redução da capacidade sudorípara, redução da sensibilidade de vasodilatação, redução do fluxo sanguíneo cutâneo, além de alterações na percepção térmica, o que pode impactar diretamente o processo de dissipação de calor corporal. Isso reforça a importância de aumentar a ingestão de líquidos, procurar abrigos frescos, tomar banhos frios e reduzir a atividade física (Who, 2011; Public Health England; 2017).

A produção metabólica de calor diminui com a diminuição da prática da atividade física, dessa forma, há uma menor necessidade de dissipação de calor para manter o equilíbrio térmico (Sawka; Young, 2000). Porém, aconselhar acerca da diminuição do exercício físico é uma informação conflitante, que pode acarretar prejuízos graves para a saúde, sobretudo dos idosos. Campanhas realizadas no Reino Unido reforçam benefícios do exercício físico regular, como a redução do risco de doenças como diabetes mellitus tipo 2, doenças cardíacas, diversos tipos de câncer, redução na taxa de obesidade e melhora na saúde mental (Waldock *et al.*, 2018).

Assim, associando-se o aumento das ondas de calor, o crescimento da população idosa e a necessidade de se praticar exercícios físicos em ambientes cada vez mais quentes, surge a necessidade de mais pesquisas sobre respostas fisiológicas, perceptivas e comportamentais de grupos populacionais mais velhos. Para isso, este trabalho objetivou avaliar o efeito da idade na percepção térmica e

de sede entre indivíduos idosos e jovens adultos durante o exercício autorregulado em ambiente quente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Participantes

Doze indivíduos adultos jovens saudáveis adotados como grupo controle (idade: $24,58 \pm 6,8$ anos; média \pm DP), sendo seis homens e seis mulheres, e doze indivíduos idosos saudáveis (idade: $63,92$ anos $\pm 3,9$), sendo oito homens e quatro mulheres participaram deste estudo. Como critérios de inclusão, todos os participantes deveriam estar fisicamente ativos e ser praticantes de ciclismo/mountain bike, ou seja, eles pedalavam 30-60 minutos de intensidade moderada 5 dias na semana ou 30-60 minutos de intensidade vigorosa 3 dias na semana.

Para a seleção dos participantes foram utilizados os seguintes critérios de exclusão: a) indivíduos com deficiência de qualquer natureza, b) fumantes, c) indivíduos com sobrepeso ou obesidade, d) indivíduos com complicações cardiovasculares ou pulmonares previamente diagnosticadas, e) indivíduos diabéticos (glicemia em jejum acima de 126 mg/dl, e) indivíduos com histórico de injúrias térmicas.

Os voluntários assinaram um Termo de consentimento livre e esclarecido previamente aprovado por um Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa (CAAE: 45508621.6.0000.5153), seguindo os padrões éticos estabelecidos na Declaração de Helsinque.

2.2 Protocolo experimental

Os voluntários realizaram uma visita preliminar a um laboratório de análises clínicas para realizar uma coleta sanguínea, na qual foram realizados exames de bioquímica basal (Triglicérides, HDL, LDL, Colesterol total, Hemograma completo, glicose e hemoglobina glicosilada). Em seguida, realizaram um total de duas visitas ao Laboratório de Performance Humana (LAPEH), com intervalos de 48 horas entre elas. Foram adotados procedimentos padronizados em todas as visitas. Os voluntários foram orientados a chegar ao laboratório às 7h0h, e receberam as

seguintes orientações: a) evitar o uso de qualquer tipo de medicamento ou suplemento durante a participação na pesquisa e, caso utilizarem, que avisem os responsáveis pelo estudo; b) abster-se da ingestão de álcool ou cafeína e da prática de exercício extenuante, principalmente com os membros inferiores, 24 horas antes da sessão de coleta de dados; c) ingerir 500 mL de água 2 horas antes dos experimentos e, para as mulheres, d) monitorar o ciclo menstrual, de forma que estivessem na fase folicular, a fim de se evitar diferenças significativas na temperatura corporal durante o exercício.

Ao chegar ao laboratório, os participantes tiveram seu estado de hidratação determinado pela gravidade específica da urina (GEU) utilizando um refratômetro portátil RTP-20ATC (Instrutherm, São Paulo, Brasil) e ingeriram 500 mL de água. Foi adotado um valor de corte de 1,020 para a GEU, a fim de garantir o estado de euhidratação (NAKAMAE et al. 1980). As sessões experimentais foram realizadas em ambiente quente (idosos: $33,1^{\circ}\text{C}\pm 0,21$ e $68,5\%\pm 5,66$; jovens: $33,1^{\circ}\text{C}\pm 0,07$ e $73,4\%\pm 4,10$).

As sessões de exercícios foram realizadas em uma bicicleta montada eletricamente em um cicloergômetro com freio (Tacx Flow Smart T2240, Garmin Ltd., Kansas, EUA). A frequência cardíaca (FC) foi medida a cada minuto, utilizando-se um monitor de FC (Forerunner 745, Garmin Ltd., Kansas, EUA).

Para o estudo, foi utilizada a escala de percepção de esforço proposta por Borg (1982) para controlar a intensidade do exercício, na qual o indivíduo indicava, verbalmente, um valor numérico, numa escala gradativa, com valores de 6 a 20, em que 6 representa “sem nenhum esforço” e 20 “esforço máximo”.

2.2.1 Avaliações preliminares

Os indivíduos selecionados para o estudo compareceram ao LAPEH para a primeira visita (FIGURA 1)

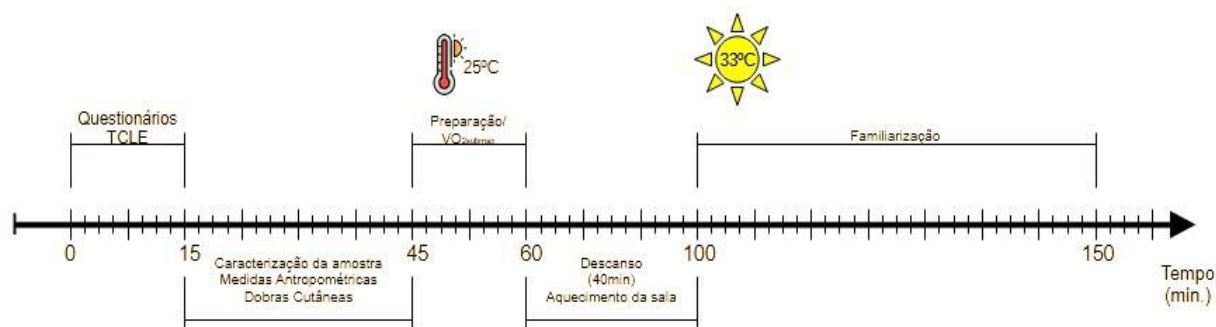


Figura 1: Protocolo da primeira visita ao Laboratório.

Na primeira visita, houve a assinatura do TCLE, Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q) (ANEXO I) e International Physical Activity Questionnaire (IPAQ (ANEXO II). Em seguida foram realizados a anamnese (ANEXO III), caracterização antropométrica, testes cardiorrespiratórios e familiarização com o protocolo e instrumentos experimentais. As medidas antropométricas incluíram a estatura por meio de um estadiômetro (Sanny ES2020®, São Bernardo do Campo, Brasil), massa corporal utilizando-se uma balança (Star 300/4; Filizola, São Paulo, Brasil) e medidas de dobras cutâneas (tríceps, subescapular, tórax, subaxilar, suprailíaca, abdominal e coxa) utilizando-se um plicômetro científico tradicional (Cescorf®, Porto Alegre, Brasil), através do protocolo de 7 dobras (Jackson; Pollock, 1978). A densidade corporal foi calculada de acordo com o sexo dos participantes, utilizando-se as equações propostas por Jackson & Pollock (1978): densidade corporal em homens = $[1,112 - (0,00043499 \times \sum 7 \text{ dobras cutâneas em cm})] + 0,00000055 \times (\sum 7 \text{ dobras cutâneas em cm})^2 - (0,00028826 \times \text{idade em anos})$; densidade corporal em mulheres = $[1,097 - (0,00046971 \times \sum 7 \text{ dobras cutâneas em cm})] + 0,00000056 \times [\sum 7 \text{ dobras cutâneas em cm}]^2 - (0,00012828 \times \text{idade em anos})$. O percentual de gordura corporal (%G) foi calculado utilizando-se a equação proposta por Siri, (1961): $\%GC = [(4,95 / \text{densidade corporal}) - 4,5] \times 100$. A ACS foi calculada a partir da equação proposta por Dubois e Dubois (1989), onde: $ASC = 0,007184 \times X^{0,425} \times Y^{0,725}$, sendo: ASC é a área de superfície corporal (m^2); (X) Peso (kg); e (Y) Estatura (cm).

Por fim, a potência aeróbica máxima (P_{max}) foi determinada por um teste incremental perceptualmente regulado (Faulkner; Gaynor; Eston, 2007), em

ambiente temperado (25°C), consistindo em quatro intensidades de exercício autorreguladas de 9, 11, 13 e 15, de acordo com a escala de percepção de esforço (PSE), proposta por Borg, de 6-20 (Borg, 1998) (ANEXO IV), prescrito de forma incremental. Inicialmente, os participantes foram apresentados à Escala PSE de Borg 6-20 (Borg, 1998) e foram dadas instruções padronizadas sobre como implementar a escala durante o protocolo para cada participante (Borg, 1998).

A FC foi monitorada utilizando-se um monitor de frequência cardíaca (Forerunner 745, Garmin Ltd., Kansas, EUA). Todas as medidas fisiológicas e de potência foram ocultadas do participante durante todo o teste. Os participantes mantiveram a cadência do pedal entre 60-80 rpm.

Inicialmente, os participantes foram instruídos a pedalar a uma intensidade equivalente a um esforço “muito leve” (9) na escala PSE, sendo que eles tiveram 2 minutos para se habituar à determinada intensidade de exercício. A resistência era ajustada pelo pesquisador, de acordo com a instrução do participante, até que estivesse satisfeito de que estava pedalando a uma intensidade que correspondesse a 9 na escala PSE. Em seguida, o participante pedalava por 3 minutos. A intensidade só era ajustada quando solicitado pelo participante. Ao final de 3 minutos, o participante deveria ajustar a intensidade para que a percepção de esforço fosse “leve” (11), na escala de Borg 6-20. Durante a transição de resistência, foram utilizados 25W como incremento inicial na potência de saída. Caso o participante sentisse que era necessário aumentar a resistência para atingir a PSE solicitada, eram incrementados de 10W a 5W, até alcançá-la. Porém, se o participante sentisse que a PSE foi ultrapassada, eram diminuídos de 10W a 5W até que a PSE alvo fosse produzida. Este mesmo processo foi repetido para a intensidade “um pouco intenso” (13) e “intenso” (15) na escala de Borg 6-20.

A previsão do VO_{2max} foi realizada utilizando-se a frequência máxima predita ($FC_{max_{pred}}$), onde: $FC_{max_{pred}} = 220 - \text{idade}$. A equação derivada usando $FC_{max_{pred}}$ segundo fator de predição para os homens foi: $VO_{2max} = 0,148 (PO@PSE15) + 0,274 (FC_{max_{pred}}) - 32,6$, (SEE 7,5 ml kg⁻¹min⁻¹); e para mulheres = $VO_{2max} = 0,197 (PO@PSE15) + 0,088 (FC_{max_{pred}}) - 6,0$ (SEE 7,7 ml kg⁻¹min⁻¹). (FAULKNER; GAYNOR; ESTON, 2007).

Em seguida, a sala foi aquecida a 33°C e o voluntário realizou uma sessão experimental de 50 minutos de ciclismo para a familiarização ao protocolo e às escalas que seriam utilizadas durante o protocolo, sendo elas: Escala de Percepção de Esforço, escala de conforto térmico (CT) (ANEXO V), escala de sensação térmica (ST) (ANEXO VI) e escala de sede (ANEXO VII).

2.2.2 Ensaio

Após a primeira visita ao laboratório, foi realizada a primeira sessão experimental (FIGURA 2), em ambiente quente. Na noite anterior à cada sessão experimental, os voluntários foram orientados a ingerir a cápsula telemétrica para as medidas de temperatura gastrointestinal (T_{GI}), sempre 10 horas antes do início da coleta de dados. Também, foram instruídos a abster-se de álcool, cafeína, termogênicos e que realizassem exercício físico no dia anterior. A cor urina deveria ser monitorada no dia anterior, procurando manter a mesma com a coloração mais clara possível, de forma a evitar um processo de desidratação pré-coleta (Webb, Salandy, Beckford, 2016).

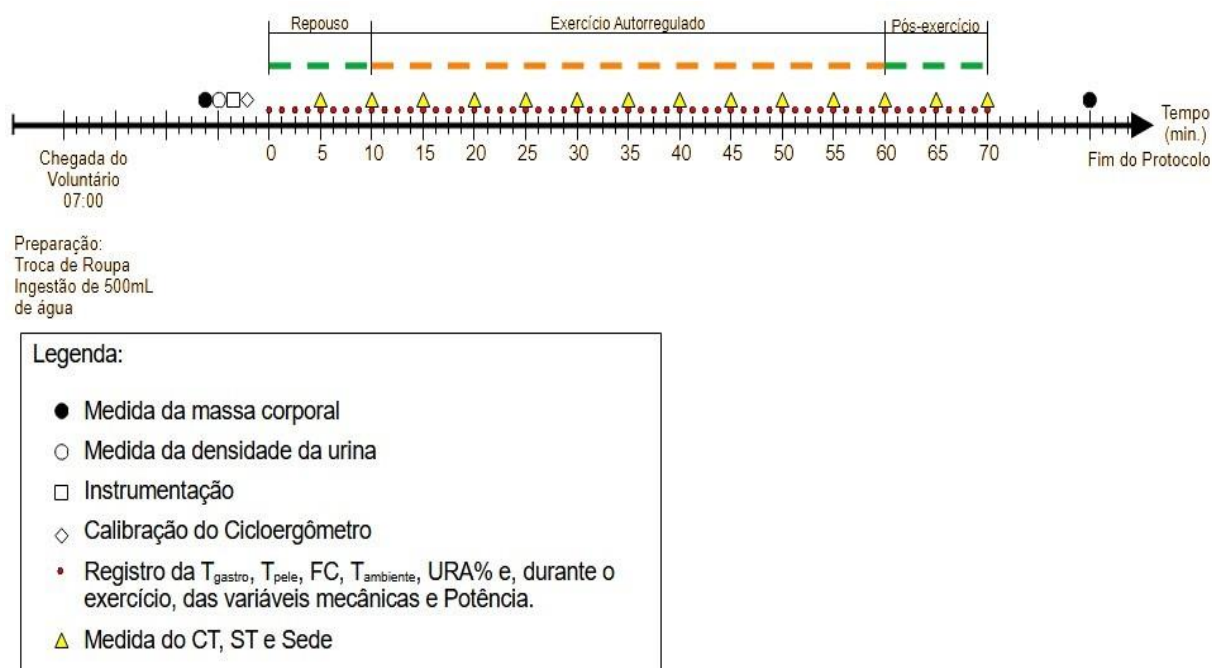


Figura 2: Esquema representativo da coleta de dados

Após a chegada do voluntário ao laboratório, foi fornecido um recipiente adequado para o voluntário coletar uma amostra de urina, sendo que era verificada a GEU e o estado de hidratação e em seguida, recebiam 500ml de água para ingerirem e foram pesados com o mínimo de roupas possíveis, equipados com um monitor de FC (Garmin Forerunner 745), sensores de temperatura aderidos em quatro pontos do lado direito do corpo fixados com fita adesiva, sendo peito (T_{peito}), tríceps (T_{tri}), quadríceps (T_{qua}) e panturrilha (T_{pant}) (RAMANATHAN, 1964) e acopladas a um termômetro digital portátil (K, S-09K Instrutherm®). Além disso, foi verificada a $T_{\text{gastrointestinal}}$ por meio da cápsula telemétrica.

Após os procedimentos iniciais, os voluntários foram submetidos à seguinte sequência no cicloergômetro: i) Momento de repouso. – 10 minutos sentado em repouso para a coleta de dados pré-exercício; ii) PSE 11 – 10 minutos de exercício pedalando a um esforço equivalente à escala 11 (leve) na escala PSE; iii) PSE 13 – 10 minutos de exercício pedalando a um esforço equivalente à escala 13 (um pouco intenso) na escala PSE.; iv) PSE 15 – 20 minutos de exercício pedalando a um esforço equivalente à escala 15 (intenso) na escala PSE; v) Recuperação. – 10 minutos de recuperação pós-exercício sentado na bicicleta. A potência podia ser aumentada ou diminuída a qualquer momento, desde que a PSE solicitada pelo pesquisador fosse seguida pelo voluntário. No total, a sessão experimental durou 70 minutos. Os dados de potência foram registrados a cada minuto. Os voluntários não tiveram acesso ao tempo, nem à potência na qual estavam pedalando, somente à cadência que deveria ser controlada entre 55-65 rpm, com objetivo de demonstrar uma variação do rendimento, causada pelo comportamento termorregulatório em função do ambiente, além de evitar o viés competitivo relativo à performance individual (Corbet *et al.* 2018).

A T_{GI} foi medida por meio da ingestão de uma cápsula telemétrica (CorTemp® Pill, HQInc, Palmetto, USA) 10 horas antes do início da coleta de dados, seguindo o período mínimo recomendado para evitar contaminação por ingestão de alimentos ou líquidos (Wilkinson *et al.*, 2008). As cápsulas foram pareadas com um registrador de dados (Data Recorder 262k w/HR HT 130042), e os dados foram registrados a cada minuto. A $T_{\text{gastrointestinal}}$ registrada pelas cápsulas foi escolhida como um parâmetro de comparação considerado como um método válido e confiável para

medir a temperatura interna em condições de repouso e atividade física, com uma precisão relatada de $\pm 0,01^{\circ}\text{C}$ (Gant *et al.*, 2006).

Além disso, foram aplicadas três escalas subjetivas, a cada 5 minutos, sendo elas: CT, ST e Sede. Para avaliar o CT, foi utilizada a escala proposta por Gagge, Stolwijk e Hardy (1967), variando de “confortável” a “muito desconfortável”. Para o registro da ST, foi utilizada a escala conforme Gagge, Stolwijk e Hardy (1967). Variando de “muito frio” a “muito quente”. Por fim, para avaliar a sede, foi aplicada uma escala numerada de 1 “sem sede” a 9 “muita, muita sede”.

Cessado o protocolo de exercício, os equipamentos foram retirados, e os voluntários realizaram uma nova pesagem. A pesagem foi realizada após os voluntários serem secados com toalhas de papel, retirando assim todo o excesso de suor do corpo, com o mínimo de roupas possível. Após o fim da pesagem e verificado o estado do voluntário, este foi liberado e a coleta finalizada.

3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

A normalidade dos dados foi testada usando-se o teste de Kolmogorov-Smirnov e a homogeneidade das variâncias, utilizando-se os testes de Levene e Brown-Forsythe. Para os dados com distribuição normal, aplicou-se uma ANOVA de medidas repetidas de duas vias (two-way ANOVA), considerando-se os fatores “tempo” e “grupos etários” em relação à variável dependente de interesse. Nos casos de distribuições não paramétricas, utilizou-se a ANOVA de Rank Alinhada (ART). Para comparações múltiplas, foi aplicado o teste post-hoc de Bonferroni. As comparações entre as variáveis amostrais e ambientais foram realizadas por meio dos testes t de Student e de Mann-Whitney. Um nível de significância de $p < 0,05$ foi estabelecido para todas as análises. Todas as análises foram realizadas no software RStudio 2024.09.0 Build 375 © 2009-2024 Posit Software, PBC.

4. RESULTADOS

4.1 Características da amostra

A tabela 1 apresenta os dados de caracterização da amostra. Nela, foram observadas diferenças significativas na idade, na estatura, no $VO_{2\max}$ e no %G entre idosos e jovens.

Tabela 1: Caracterização da amostra

Amostra	N	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (cm)	ASC (m ²)	VO _{2MAX} (mL.kg ⁻¹ .min ⁻¹)	%G
Idosos	1	63,92±	66,64	166,25±7,4*	1,74±0,1	38,09±2,4*	26,57±5,9*
	2	3,9*	±7,3				
Jovens	1	24,58±	46,32	169,58±44,9	1,74±0,5	50,96±15,2	19,39±8,7
	2	6,8	±19,1				

Dados apresentados como Média ± Desvio padrão. N: Tamanho da amostra; ASC: área de superfície corporal; VO_{2MAX}: Volume máximo de oxigênio; %G: Percentual de gordura corporal

Fonte: Elaboração própria

A tabela 2 apresenta os dados referentes ao ambiente e à hidratação dos voluntários, na qual é possível perceber diferença significativa na umidade relativa do ar ($p < 2.2e-16^*$). Não houve diferenças significativas para a T_{AMB} ($p = 0,7285$), GEU ($p = 0,3273$) e desidratação ($p = 0,1055$). É importante ressaltar que todos os voluntários se apresentaram euhidratados.

Tabela 2: Características do ambiente e estado de hidratação dos grupos

Amostra	N	T _{AMB}	URA%	GEU (g/ml)	Desidratação(g)
Idosos	12	33,1±0,21	68,5±5,66 *	1010,1±4,27	0,65±0,25
Jovens	12	33,1±0,07	73,4±4,10	1011,5±2,39	0,80±0,22

Dados do ambiente e estado de hidratação dos grupos. Dados apresentados como Média \pm Desvio padrão. N: Tamanho da amostra; T_{AMB} : Temperatura do ambiente; URA%: Umidade relativa do ar; GEU: Gravidade específica da urina.

Fonte: Elaboração própria

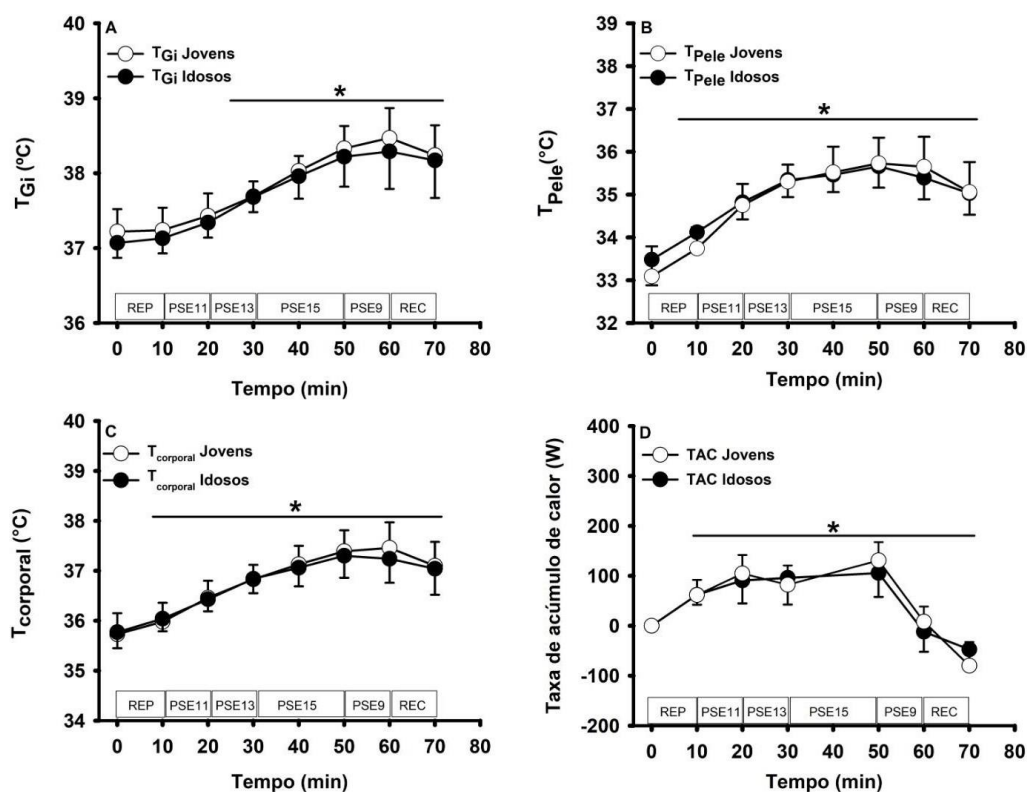
4.2 Parâmetros termorregulatórios

A figura 1 apresenta os dados de T_{GI} (gráfico A), T_{PELE} (gráfico B), $T_{CORPORAL}$ (gráfico C) e TAC (gráfico D). A análise de variância não demonstrou diferença significativa entre os grupos para T_{GI} ($F(1,22)=1,076$, $p = 0,311$), T_{PELE} ($F(1,22)=0,731$, $p = 0,402$), $T_{CORPORAL}$ ($F(1,1700)=6,973$, $p=0,0835$) e TAC ($F(1,138) = 0,116$, $p = 0,7343$).

Para o fator “tempo” foram observados aumentos significativos ($F(1,22)=144,8$, $p= 0,0001$) na T_{GI} com relação ao momento inicial do exercício a partir do minuto 25 ao final do protocolo. Para a T_{PELE} , foram observados aumentos significativos ($F(1,22)=71,725$, $p= 0,0001$) com relação ao momento inicial do exercício a partir do minuto 6 ao final do protocolo. Para a $T_{CORPORAL}$, foram observados aumentos significativos ($F(1,1700)=3110,959$, $p= 0,012$) com relação ao momento inicial do exercício a partir do minuto 9 ao final do protocolo. Por fim, foram registradas variações da TAC ($F(1,138) = 256,039$, $p < 0,0001$) com relação ao momento inicial do exercício a partir do minuto 10 ao final do protocolo.

Em relação ao efeito do tempo vs idade, não foram observadas diferenças significativas para T_{GI} ($F(1,122)= 145,1$, $p= 0,312$), T_{PELE} ($F(1,122)= 0,191$, $p= 0,611$), $T_{CORPORAL}$ ($F(1,1700)=16,056$, $p= 0,212$) e TAC ($F(1,138) = 6,740$, $p = 0,061$).

Figura 3: Respostas de temperatura gastrointestinal (A), Temperatura da pele (B), Temperatura corporal (C) e Taxa de acúmulo de calor (D) de indivíduos jovens e idosos ao longo do protocolo de ciclismo perceptualmente regulado. Dados apresentados como média \pm desvio padrão.



T_{GI} = Temperatura gastrointestinal; Rep.= Repouso; PSE= Percepção subjetiva do esforço; Rec.= Recuperação; T_{PELE}: Temperatura da pele; T_{CORPORAL}= Temperatura corporal; TAC= Taxa de acúmulo de calor; W= Watts.

Fonte: Elaboração própria

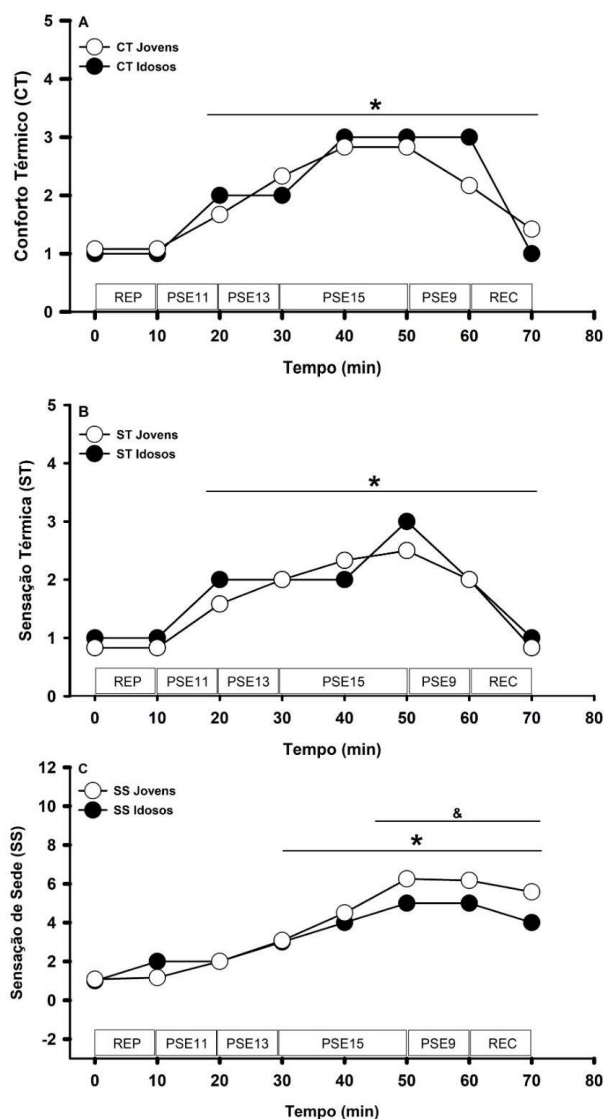
4.3 Parâmetros subjetivos

A figura 2 apresenta os dados de CT (gráfico A), ST (gráfico B), e sede (gráfico C). A análise de variância não demonstrou diferenças significativas entre grupos para CT ($F(1, 328) = 2,67, p = 0,1034$) e ST ($F(1, 328) = 0,22, p = 0,641$). Por outro lado, houve diferenças significativas entre idosos e jovens para a sensação de sede ($F(1, 328) = 10,69, p = 0,0012$) desde o minuto 45 ao final do protocolo.

Para o fator “tempo” foram identificadas diferenças significativas no CT ($F(14, 328) = 18,21, p < 0,0001$) e ST ($F(14, 328) = 17,73, p < 0,0001$) com relação ao momento inicial do exercício a partir do minuto 18 ao final do protocolo. Para a sensação de sede, foram observadas diferenças significativas ($F(14, 328) = 27,37, p < 0,0001$) com relação ao momento inicial do exercício a partir do minuto 30 ao final do protocolo.

Ao analisar o efeito idade vs tempo, não observou-se diferenças significativas para CT ($F(14, 328) = 0,42, p = 0,9684$), ST ($F(14, 328) = 1,21, p = 0,267$) e sensação de sede ($F(14, 328) = 0,73, p = 0,341$).

Figura 4: Respostas psicofisiológicas de conforto térmico (A), sensação térmica (B) e sensação de sede (C) de indivíduos jovens e idosos ao longo do protocolo de ciclismo perceptualmente regulado. Dados apresentados como mediana.



CT= Conforto térmico; Rep.= Repouso; PSE= Percepção subjetiva do esforço; Rec.= Recuperação; ST= Sensação térmica; SS= Sensação de sede.

Fonte: Elaboração Própria

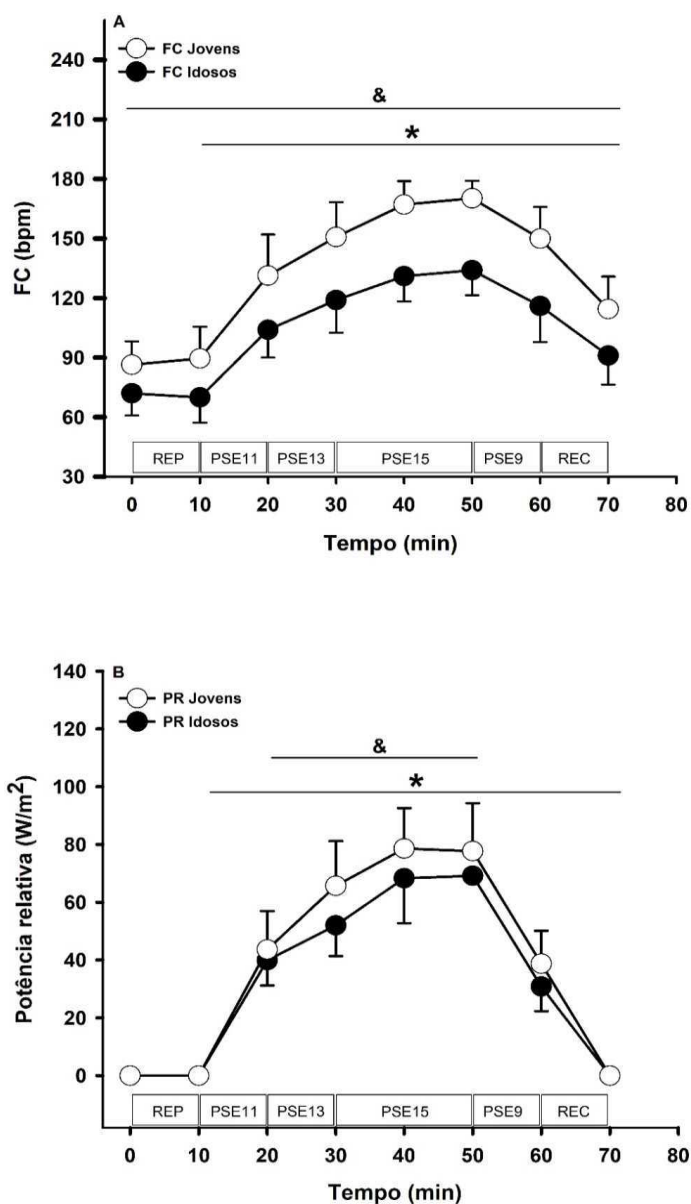
4.4 Parâmetros de desempenho

A figura 3 apresenta os dados de FC (gráfico A) e potência relativa (gráfico B). A análise de variância demonstrou diferenças significativas entre os grupos para FC ($F(1,22) = 33,75$, $p=0,0001$) durante todo o protocolo de exercício e para a potência relativa ($F(1,16) = 56,84$, $p=0,0001$), desde o minuto 22 ao minuto 51.

Para o fator “tempo” foram observadas diferenças significativas na FC ($F(1,22)=162.318$, $p= 0,0001$) e na potência relativa ($F(1,16)=0.623$, $p= 0,0001$) com relação ao momento inicial do exercício a partir do minuto 11 ao final do protocolo.

Ao analisar o efeito tempo vs idade, não foram observadas diferenças significativas para FC ($F(1,22)=1,063$, $p= 0,094$) e potência relativa $F(1,16)=0,833$, $p= 0,092$).

Figura 5: Respostas FC (A) e potência relativa (B) de indivíduos jovens e idosos ao longo do protocolo de ciclismo perceptualmente regulado. Dados apresentados como média \pm desvio padrão.



FC= Frequência cardíaca; bpm= batimentos por minuto; Rep.= Repouso; PSE= Percepção subjetiva do esforço; Rec.= Recuperação; PR= Potência relativa; W/m^2 = Watts por metro quadrado.

Fonte:

Elaboração

Própria

5. DISCUSSÃO

O presente estudo teve por objetivo principal avaliar o efeito da idade nas variáveis psicofisiológicas e termorregulatórias de indivíduos idosos e adultos jovens durante o exercício autorregulado em ambiente quente. Para isso, foram recrutados dois grupos, um composto por indivíduos idosos e um composto por adultos jovens, pareados pela ASC (kg/cm^2) (Tabela 1). Dessa forma, foi considerada a importância deste componente morfológico na troca de calor, visto que a capacidade de dissipação de calor é proporcional ao tamanho da área que é exposta (Notley *et al.* 2017).

Baseados nos objetivos do trabalho, não foram observadas diferenças no CT e ST durante o exercício autorregulado entre idosos e jovens. A figura 2 mostra o CT e ST dos grupos no decorrer do protocolo. Durante o protocolo, é possível observar uma diferença somente ao longo do tempo no CT e ST em idosos e jovens, a partir dos 18 minutos, ou seja, já no primeiro estágio, onde era solicitado que os voluntários pedalassem a uma PSE 11 (leve), até o final do protocolo.

Apesar de não haver diferenças entre os grupos para CT e ST, a diferença ao longo do tempo demonstra o impacto cumulativo do exercício sobre estas variáveis. Ambos os grupos retratam uma elevação no desconforto térmico e também na percepção de calor, à medida que era solicitado que mudassem a intensidade do exercício de acordo com a PSE.

Tais resultados corroboram com os do estudo de Schlader *et al.* (2015), onde é sugerido que apesar dos indivíduos idosos apresentarem respostas termorregulatórias mais demoradas, as percepções de CT e calor ao longo do exercício, são mais influenciadas pela duração e intensidade do exercício do que pela idade. Ademais, Kenney, Craighead e Alexander (2014) enfatizam que a termorregulação também depende da distribuição da sudorese e do fluxo sanguíneo, que podem exercer, parcialmente, um papel compensatório no desconforto térmico e na percepção subjetiva do calor.

O fato de não haver diferenças significativas entre idosos e jovens para CT e ST pode ser explicado pela semelhança nas respostas termorregulatórias ao calor induzido pelo exercício de intensidade autorregulada. Apesar dos idosos apresentarem uma menor capacidade de dissipar calor devido a sua capacidade de sudorese reduzida (Kenney, Craighead, Alexander, 2014) e da diminuição do fluxo

sanguíneo cutâneo (Petrofsky *et al.*, 2009), eles podem ajustar a intensidade do exercício baseados na PSE, resultado em uma autorregulação das respostas fisiológicas e uma percepção térmica semelhante entre as faixas etárias. Esta autorregulação da intensidade do exercício é um fator determinante para o CT e também para ST, visto que o estresse térmico é diminuído (Abbiss, *et al.* 2010, Flouris, Shlader, 2015).

Por outro lado, a sensação de sede (figura 2, gráfico C) apresentou uma diferença significativa entre os grupos, a partir do minuto 45 até o final do protocolo, sendo que os jovens relataram sentir mais sede que os idosos. Além disso, para o fator “tempo”, houve uma diferença significativa a partir do minuto 30 até o final do protocolo, indicando que houve um aumento progressivo da sede ao longo do tempo para ambos os grupos. Tais resultados são consistentes com estudos sobre a termorregulação e hidratação durante o envelhecimento em que apontam uma redução na percepção de sede de acordo com o envelhecimento.

Os estudos de Mack *et al.* (1994) e Phillips *et al.* (1984), por exemplo, destacam que indivíduos idosos apresentam um limiar de sensação de sede mais alta que adultos jovens. Uma possível explicação para tal fato é de que idosos parecem ter respostas relativamente mais atenuadas à osmolalidade plasmática lentamente elevada para a sede (Li; Xiao; Zhang, 2023), resultando em um maior risco de desidratação em idosos durante o exercício no calor, mesmo que autorregulado, sendo necessária uma maior atenção à hidratação desta população, desenvolvendo estratégias para mitigar os efeitos adversos de desidratação em idosos.

Os dados apresentados na figura 1, fornecem um olhar claro acerca da evolução das variações dos parâmetros termorregulatórios, sendo eles T_{GI} (gráfico A), T_{PELE} (gráfico B), $T_{CORPORAL}$ (gráfico C) e TAC (gráfico D), durante o protocolo de exercício autorregulado, sem diferenças significativas entre idosos e jovens, mas com elevações ao longo do tempo, indicando uma resposta fisiológica previsível com o progresso do protocolo.

É evidente, na literatura, que o envelhecimento impacta a termorregulação de diversas maneiras (Millyard, *et al.* 2020), sendo que indivíduos idosos armazenam uma maior quantidade de calor corporal ao serem expostos a uma mesma carga de calor do que indivíduos jovens durante exercícios (em condições úmidas e secas) (Kenny *et al.*, 2017 ; Larose *et al.*, 2014 ; Stapleton *et al.*, 2015). Este maior

armazenamento de calor está associado a uma atenuação na capacidade de dissipação de calor (Larose *et al.*, 2014) causada por uma redução na resposta das glândulas sudoríparas (Kenny *et al.*, 2017; Stapleton *et al.*, 2015) e elevação do ganho de calor seco (Kenny *et al.*, 2017). Como é possível observar, não houve diferenças significativas entre os grupos, porém, ao analisar o gráfico B (figura 3), é evidente uma diferença significativa entre os grupos, a partir do minuto 22 ao minuto 51 do protocolo, ou seja, principalmente na PSE “um pouco intenso” e “intenso”, onde o grupo de idosos se exercitou a uma potência mais baixa quando comparados a o grupo de jovens. Tal resultado sugere que, ao se exercitar a uma potência mais baixa que os indivíduos jovens, os indivíduos idosos ainda assim apresentaram valores de $T_{CENTRAL}$, T_{PELE} , $T_{CORPORAL}$ e TAC semelhantes aos do grupo de jovens. Dessa forma, é esperado que, ao pedalarem a uma potência mais alta, a $T_{CENTRAL}$, T_{PELE} , $T_{CORPORAL}$ e TAC também aumentem. Os resultados obtidos corroboram com os dos estudos de Kenny *et al.*, 2017 ; Larose *et al.*, 2014 ; Stapleton *et al.*, 2015.

Esta resposta é esperada em exercícios autorregulados, visto que os indivíduos tendem a ajustar sua intensidade de esforço de acordo com a PSE e desconforto térmico, retardando, mas não eliminando, a elevação da $T_{CENTRAL}$. (Flouris; Schlader, 2015).

O aumento na $T_{CORPORAL}$ em ambos os grupos ao longo do protocolo indica que houve uma integração das respostas centrais e periféricas ao exercício. Apesar do aumento semelhante em jovens e idosos, os mecanismos compensatórios em idosos, como o sudorese e o fluxo sanguíneo para a pele, tendem a ser menos eficazes, como explicado acima, levando a um maior risco de hipertermia e acometimentos causados pelo calor com o aumento do tempo de exercício. O controle da potência utilizando a PSE permitiu que os grupos evitassem elevações perigosas na $T_{CORPORAL}$, o que demonstra a importância da autorregulação baseada no esforço em contextos de exercício prolongado.

A ausência de diferenças significativas nas médias de temperaturas e TAC entre jovens e idosos sugere que ambos os grupos utilizaram uma percepção de esforço para ajustar a intensidade do exercício a fim de evitar aumentos críticos de temperatura. No entanto, as diferenças fisiológicas nos mecanismos de termorregulação, especialmente em idosos, reforçam a importância do controle perceptivo para prevenir o estresse térmico. Em estudos como o de Stapleton *et al.*

(2014), foi evidenciado que, embora os idosos tenham menor capacidade de dissipação de calor, o ajuste perceptual ajuda a compensar essa limitação. Desta forma, o controle perceptivo da intensidade pode ser uma ferramenta eficaz tanto para jovens quanto para idosos durante o exercício em ambiente quente. A estratégia de alterar a carga de trabalho, ou ritmo, durante a prática de exercícios e atividades físicas é uma estratégia comportamental que pode alterar a tensão térmica imposta por um ambiente (Millyard *et al.*, 2020).

Por fim, ao analisar as variáveis de desempenho FC e potência relativa, (figura 3), foi possível observar diferenças significativas entre os grupos durante todo o protocolo para a FC e do minuto 22 ao 51 para a potência relativa, demonstrando valores mais baixos para os idosos. Tal resultado demonstra que o controle perceptivo da potência permite que os indivíduos, sobretudo os idosos, ajustem a intensidade a fim de evitar uma sobrecarga cardiovascular, evitando assim aumentos excessivos na FC.

No entanto, o controle perceptivo do exercício permite que os idosos ajustem a intensidade para evitar sobrecarga cardiovascular, evitando assim elevações excessivas da FC. Está bem documentada na literatura a relação entre PSE e FC, sendo que o pesquisador pioneiro foi o sueco Gunnar Borg. A partir do primeiro estudo, ficou evidenciado que a PSE está intimamente ligada a marcadores fisiológicos de intensidade de exercício, tais como a FC, VO_{2max} , e lactato sanguíneo (Noble; Robertson, 1997). Pelo fato da PSE estar intimamente relacionada à FC, é possível que os idosos ajustem a intensidade do exercício a fim de evitar uma sobrecarga cardiovascular, conseqüentemente, evitando elevações excessivas da FC.

6. CONCLUSÃO

Por meio dos resultados obtidos neste estudo, conclui-se que indivíduos jovens e idosos, durante o exercício perceptualmente regulado em ambiente quente, apresentam respostas semelhantes de CT, ST, $T_{CENTRAL}$, T_{PELE} , $T_{CORPORAL}$ e TAC porém os idosos apresentam uma sensação de sede atenuada em relação aos jovens.

Assim, é possível afirmar que alterar a carga de trabalho, regulando perceptualmente o ritmo do exercício, é um mecanismo comportamental que altera

a tensão térmica imposta pelo ambiente sendo possível evitar que a temperatura corporal atinja níveis perigosos à manutenção da homeostasia, sobretudo de indivíduos idosos que possuem sua função termorregulatória atenuada.

A aplicação prática do ajuste perceptual da carga de trabalho durante a prática de exercício físico em ambientes quentes é particularmente relevante para promover a segurança e o bem-estar dos indivíduos idosos. Ao adotar as escalas de percepção de esforço para regular a intensidade, há a possibilidade de personalizar o ritmo do exercício baseado na resposta subjetiva do indivíduo, evitando, assim, a sobrecarga térmica e minimizando o risco de hipertermia. Tal método permite que os indivíduos idosos mantenham-se fisicamente ativos sem prejudicar a homeostasia, considerando as limitações da termorregulação associadas ao envelhecimento. Além disso, a abordagem perceptiva pode ser integrada em programas de exercício supervisionado ou domiciliar, favorecendo a autonomia e a adesão ao exercício físico, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida dessa população.

REFERÊNCIAS

ABBISS, C.R.; BURNETT, A.; NOSAKA, K.; GREEN, J.P.; FOSTER, J.K.; LAURSEN, P.B. Effect of hot versus cold climates on power output, muscle activation, and perceived fatigue during a dynamic 100-km cycling trial. **Journal of Sports Sciences**, v. 28, p. 117-125, 2010.

ARMSTRONG, M.DI, STAAL A, J. F, WINKELMANN R, SAKSCHEWSKI B, LORIANI S, FETZER I, CORNELL SE, ROCKSTRÖM J, LENTON TM. Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. **Science**, 2022.

BASAGAÑA, X.; PÉREZ, L.; CARRILLO, A.; PÉREZ, F.; RIVERA, J. Comparison of perceived exertion and hydration status in athletes during exercise in the heat. **Journal of Sports Sciences**, v. 29, n. 5, p. 509-515, 2011. DOI: 10.1080/02640414.2010.534097.

BERNSTEIN, D. P.; HOSKINS, M. R.; RENSHAW, S. M.; SMITH, J. S.; HOLLAND, A. L. Aging and thermoregulation. **Frontiers in Physiology**, v. 13, p. 839292, 2022. DOI: 10.3389/fphys.2022.839292.

BLIGH, J.; JOHNSON, K. G. Glossary of terms for thermal physiology. **Journal of Applied Physiology**, v. 51, n. 2, p. 941-961, 2001.

BORG GA. Psychophysical bases of perceived exertion. **Med Sci Sports Exerc**;14:377- 81, 1982.

CHARKOUDIAN, N. **Skin blood flow in adult human thermoregulation: how it works, when it does not, and why.** In: Mayo Clinic Proceedings. Elsevier. p. 603-612, .2003

DUBOIS D, DUBOIS EF. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. **Arch Intern Medicine**. 17:863-71, 1989.

EBI, K. L. *et al.* Climate change and health: the role of built environments in community resilience. **The Lancet Planetary Health**, v. 6, n. 9, p. e820-e827, 2022. DOI: 10.1016/S2542-5196(22)00240-4.

FLOURIS, A. D.; SCHLADER, Z. J. Human behavioral thermoregulation during exercise in the heat. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 25, p. 52-64, 2015. doi: 10.1111/sms.12349.

GAGGE, A. P.; STOLWIJK, J. A. J.; HARDY, J. D. Comfort and Thermal Sensations and Associated Physiological Responses at Various Ambient Temperatures. **Environmental Research**. v.1, p.1-20, 1967.

GANT, N. ATKINSON, G., WILLIAMS, C. The validity and reliability of bowel temperature during intermittent running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, [S. I.], v. 38, n. 11, 2006. DOI: 10.1249/01.mss.0000233800.69776.ef.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body

density of men. **British journal of nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497-504, 1978.

KENNEY, W.L.; CRAIGHEAD, D.H.; ALEXANDER, L.M. Heat waves, aging and human cardiovascular health. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 46, p. 1891-1899, 2014.

KENNEY, W.L.; CRAIGHEAD, D.H.; ALEXANDER, L.M. Heat waves, aging and human cardiovascular health. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 46, p. 1891-1899, 2014.

Kenny, G. P., Poirier, M. P., Metsios, G. S., Boulay, P., Dervis, S., Friesen, B. J., Malcolm, J., Sigal, R. J., Seely, A. J. E., & Flouris, A. D. (2017). Hyperthermia and cardiovascular strain during an extreme heat exposure in young versus older adults. **Temperature**, 4(1), 79-88. <https://doi.org/10.1080/23328940.2016.1230171>

LAROSE, J., BOULAY, P., WRIGHT-BEATTY, H. E., SIGAL, R. J., HARDCASTLE, S., & KENNY, G. P. .Age-related differences in heat loss capacity occur under both dry and humid heat stress conditions. **Journal of Applied Physiology**, 117(1), 69-79, 2014. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00123.2014>

LESSA, N. F., JANUÁRIO, W. M., VALENTE, J. DE S., SCHITTINE, A. J. DE O., PAIVA, C. H., CAMPOS, H. O., REZENDE, L. M. T. DE, NATALI, A. J., MELLO, D. B. DE, & PRÍMOLA-GOMES, T. N.. Efeitos do envelhecimento nas temperaturas da pele e central em indivíduos de meia-idade e idosos: uma revisão sistemática e metanálise. **Cuadernos De Educación Y Desarrollo**, 16(10), 2024.e5800. <https://doi.org/10.55905/cuadv16n10-041>

LI, SHIZHEN, XUN XIAO E XIANGYU ZHANG. 2023. "Hydration status in older adults: current knowledge and future challenges" **Nutrients** 15, no. 11: 2609. <https://doi.org/10.3390/nu15112609>

MACK G. W, WESEMAN, C.A, LANGHANS, G. W, SCHERZER H, GILLEN, C.M, NADEL, E. R. Body fluid balance in dehydrated healthy older men: thirst and renal osmoregulation. **J Appl Physiol** 76: 1615-1623, 1994.

doi:10.1152/jappl.1994.76.4.1615.

MILLYARD, *et al.* Impairments to Thermoregulation in the Elderly During Heat Exposure Events. **Gerontology & Geriatric Medicine**, v. 6, p. 1-9, 2020.

NAKAMAE, Djair Daniel *et al.* Urine exam: all strictness in collecting samples. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 14, n. 1, p. 51-57, 1980.

NOTLEY, S.R.; PARK, J.; TAGAMI, K.; OHNISHI, N.; TAYLOR, N.A.S. Variations in body morphology explain gender differences in thermoeffector function during compensable heat stress. **Experimental Physiology**. doi: 10.1113/EP086112, 2017.

PHILLIPS, P.A, ROLLS, B.J, LEDINGHAM, J.G, FORSLING M.L, MORTON, J.J, CROWE, M.J, WOLLNER L. Reduced thirst after water deprivation in healthy elderly men. **N Engl J Med** 311: 753-759, 1984. doi:10.1056/NEJM 198409203111202.

PÖRTNER, HO *et al.* **Mudanças climáticas 2022: impactos, adaptação e vulnerabilidade.** Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/9781009325844>.

Prediction of maximal oxygen uptake from ratings of perceived exertion and heart rate during a perceptually paced submaximal exercise test in active and sedentary participants. **European journal of applied physiology**, 101 (3), pp.397-407, 2007..

PUBLIC HEALTH ENGLAND. Heatwave plan for England. 2015. <https://www.gov.uk/government/publications/heatwave-plan-forengland> (last assessed 29 September 2017).

RAMANATHAN, N. L. A new weighting system for mean surface temperature of the human body. **Journal of applied physiology**, v. 19, n. 3, p. 531-533, 1964.

RIPPLE, W. J. *et al.* O relatório sobre o estado do clima de 2023: entrando em território desconhecido. **Biociências**, [S. l.], p. biad080, 2023. DOI: 10.1093/biosci/biad080.

Robertson RJ, Noble BJ. Perception of Physical Exertion: Methods, Mediators, and Applications. **Exercise and Sport Sciences, Reviews**. 25:407-52, 1997.

ROMANOVSKY, A. A. Thermoregulation: some concepts have changed. Functional architecture of the thermoregulatory system. **American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 292, p. R37-R46, 2006.

SAWKA, M.N. Young AJ. Physical exercise in hot and cold climates. **Exerc. Sport Sci**, 385e400, 2000

SCHLADER, Z.J.; SIMMONS, S.E.; STANNARD, S.R.; MÜNDEL, T. The independent roles of temperature and thermal perception in the control of human thermoregulatory behavior. **Physiology & Behavior**, v. 103, p. 217-224, 2011

SCHLADER, ZJ, *et al.* (2015). Alterações relacionadas à idade em respostas termorregulatórias à hipertermia. **Journal of Applied Physiology**, 119(5), 565-574. doi:10.1152/jappphysiol.00302.2015.

STAPLETON, J. M., Poirier, M. P., Flouris, A. D., Boulay, P., Sigal, R. J., Malcolm, J., & Kenny, G. P. (2015a). Aging impairs heat loss, but when does it matter? **Journal of Applied Physiology**, 118(3), 299-309. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00722.2014>

STAPLETON, J.M.; POIRIER, M.P.; FLOURIS, A.D.; BOULAY, P.; SIGAL, R.J.; MALCOLM, J.; *et al.* Aging impairs heat loss, but when does it matter? **Journal of Applied Physiology**, v. 118, p. 299-309, 2014.

SUN, C.; PENG, S.; LI, Z.; TANG, Y.; JIANG, C.; LIU, Y.; GUO, H. Effects of aging on thermoregulatory responses to exercise in heat: a review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 20, p. 10759, 2021. DOI:

10.3390/ijerph182010759.

TANSEY, E. A.; JOHNSON, C. D. Recent advances in thermoregulation. **Advances in Physiology Education**, v. 39, n. 3, p. 139-148, 2015.

TURNER, S. W.; BLENKINSOPP, S.; MARCHANT, J.; SWART, N. C.; ANDREWS, M. B. *et al.* Impact of climate change on global fisheries production. **Nature**, v. 494, p. 117-120, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature21373>.

WALDOCK, K.A.M.; HAYES, M.; WATT, P.W.; MAXWELL, N.S. Physiological and perceptual responses in the elderly to simulated daily living activities in UK summer climatic conditions. **Public Health**, v. 161, p. 163-170, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2018.04.012>.

WEBB, Marquitta C.; SALANDY, Sinead T.; BECKFORD, Safiya E. Monitoring hydration status pre-and post-training among university athletes using urine color and weight loss indicators. **Journal of American College Health**, v. 64, n. 6, p. 448-455, 2016

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Public health advice on preventing health effects of heat. New and updated information for different audiences. WHO; p. 1e37, 2011.

CONCLUSÃO GERAL

A revisão sistemática e metanálise realizadas no presente trabalho indicaram que a $T_{CENTRAL}$ foi semelhante entre indivíduos adultos, idosos e de meia-idade durante o exercício físico realizado em ambiente quente. Em relação à T_{PELE} , os achados demonstraram que os indivíduos de meia-idade e idosos apresentaram menores valores quando comparados aos indivíduos adultos.

Os resultados demonstraram que indivíduos jovens e idosos, durante o exercício perceptualmente regulado em ambiente quente, apresentam respostas semelhantes em relação a CT, ST, $T_{CENTRAL}$, T_{PELE} , $T_{CORPORAL}$ e TAC porém os idosos apresentam uma sensação de sede atenuada em relação aos jovens.

ANEXOS

ANEXO I: QUESTIONÁRIO DE PRONTIDÃO PARA ATIVIDADE FÍSICA (PAR-Q)

Este questionário tem o objetivo de identificar a necessidade de avaliação por um médico antes do início da atividade física. Caso você responda “sim” a uma ou mais perguntas, converse com seu médico ANTES de aumentar seu nível atual de atividade física. Mencione este questionário e as perguntas às quais você respondeu “sim”. Por favor, assinale “sim” ou “não” às seguintes perguntas:

Nome: _____

- 1) Algum médico já disse que você possui algum problema de coração e que só deveria realizar atividade física supervisionado por profissionais de saúde? () sim () não
- 2) Você sente dores no peito quando pratica atividade física? () sim () não
- 3) No último mês, você sentiu dores no peito quando pratica atividade física? () sim () não
- 4) Você apresenta desequilíbrio devido a tontura e/ou perda de consciência? () sim () não
- 5) Você possui algum problema ósseo ou articular que poderia ser piorado pela atividade física? () sim () não
- 6) Você toma atualmente algum medicamento para pressão arterial e/ou problema de coração? () sim () não
- 7) Sabe de alguma outra razão pela qual você não deve praticar atividade física? () sim () não

ANEXO II :QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA – IPAQ - VERSÃO CURTA

Nome: _____ Data: _____/_____/_____

Idade: _____ Sexo F () M ()

Para responder às questões lembre-se que: atividades físicas VIGOROSAS são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar MUITO mais forte que o normal. Atividades físicas MODERADAS são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar UM POUCO mais forte que o normal.

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza por pelo menos 10 minutos contínuos de cada vez.

1a Em quantos dias da última semana você CAMINHOU por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

_____ dias por SEMANA () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando por dia? horas: _____ Minutos: _____ 2a. Em q

jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA)

_____ dias por SEMANA () Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades VIGOROSAS por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar MUITO sua respiração ou batimentos do coração.

_____ dias por SEMANA () Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

Horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa, visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentado durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um dia de semana? horas: _____ minutos _____

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um dia de final de semana? horas _____ minutos _____

ANEXO III: ANAMNESE

NOME:

IDADE:

TEL:

PESO:

ESTATURA:

SEXO: (M) (F)

Você é hipertenso?

Você faz uso de algum tipo de droga? Qual (s)?

Você utiliza algum remédio com periodicidade? Qual (s)? Você utiliza algum suplemento termogênico? Qual (s) Você ingere bebida alcoólica? Você é fumante?

Você é diabético?

Você tem alguma complicação de saúde que impeça a prática de exercícios físicos? Qual (s)?

Você tem problemas para respirar?

Você tem alguma complicação cardíaca?

Você tem restrição para ingerir algum alimento? Qual(s)? Você pratica algum exercício físico regularmente?

Qual seu principal meio de deslocamento? Profissão:

Você tem problemas para dormir?

Quantas horas de sono você tem em média por noite? Você acredita que durma tempo suficiente?

Você se sente descansado (a) após o despertar?

Assinatura

ANEXO IV: ESCALA DE PERCEPÇÃO SUBJETIVA DO ESFORÇO

6	Sem nenhum esforço
7	Extremamente leve
8	
9	Muito leve
10	
11	Leve
12	
13	Um pouco intenso
14	
15	Intenso
16	
17	Muito intenso
18	
19	Extremamente intenso
20	Esforço máximo

ANEXO V: ESCALA DE CONFORTO TÉRMICO

1	Confortável
2	Levemente desconfortável
3	Desconfortável
4	Muito desconfortável

ANEXO VI: ESCALA DE SENSAÇÃO TÉRMICA

-3	Muito frio
-2	Frio
-1	Levemente frio
0	Neutro
1	Levemente quente
2	Quente
3	Muito quente

ANEXO VII: ESCALA DE SENSAÇÃO DE SEDE

1	Sem sede
2	
3	Um pouco de sede
4	
5	Moderadamente com sede
6	
7	Muita sede
8	
9	Muita, muita sede

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: Termorregulação comportamental durante o exercício físico em ambientes frios, temperados e quentes: efeitos do envelhecimento.

Pesquisador: Thales Nicolau Prímola Gomes

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 45508621.6.0000.5153

Instituição Proponente: Departamento de Educação Física

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.720.805

Apresentação do Projeto:

O presente protocolo foi enquadrado como pertencente à Área Temática: Ciências da Saúde

As informações elencadas nos campos “Apresentação do Projeto”, “Objetivo da Pesquisa” e “Avaliação dos Riscos e Benefícios” foram retiradas do arquivo Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1724436) e/ou do Projeto Detalhado:

1. RESUMO: O presente projeto tem por objetivo geral estudar os efeitos do envelhecimento na termorregulação comportamental durante o exercício físico em ambientes frios, temperados e quentes. Especificamente, o projeto avaliará os efeitos do envelhecimento: 1) No aumento da temperatura da pele causado pelos aumentos da temperatura central e pelo calor ambiente; 2) No aumento da percepção térmica (maior desconforto térmico) causado pela maior temperatura da pele; 3) No aumento do esforço cardiovascular (diminuição do VO₂pico) causado pela maior temperatura da pele; 4) No aumento da PSE causado pelos maiores valores de percepção térmica e esforço cardiovascular; 5) Na diminuição da taxa de trabalho causada pelo aumento da PSE; 6) Na diminuição da temperatura central em função das menores taxas de trabalho. Para cumprir estes objetivos, serão utilizados os seguintes grupos: 1) adultos jovens (n=6 homens e 6 mulheres; 18-30 anos); 2) adultos de meia idade (n=6 homens e 6 mulheres; 45-60 anos); 3) idosos sem comorbidades (n=6 homens e 6 mulheres; 65-70 anos); 4) idosos com comorbidades (n=6

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes

Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-977

UF: MG **Município:** VICOSA

Telefone: (31)3612-2316

E-mail:

Continuação do Parecer: 4.720.805

homens e 6 mulheres; 65-70 anos). Serão avaliados indivíduos fisicamente ativos, pareados e comparados durante o exercício físico autorregulado em cicloergômetro (maior distância percorrida no tempo de 60min), em três ambientes controlados: 1) Frio: 20oC; 2) Temperado: 25oC; 3) Quente: 32oC.

2. METODOLOGIA: -4 grupos experimentais selecionados por conveniência:1) Adultos jovens (n=6 homens e 6 mulheres; 18-30 anos): Critérios de participação: saudáveis, fisicamente ativos, não fumantes, com função cognitiva normal, com relato de ausência de doenças neurológicas (incluindo neuropatia periférica e doenças psicológicas), com ausência de uso de medicamentos (exceto contraceptivo oral para as mulheres), com ausência de doenças cardiovasculares e metabólicas, com eumenorreia e a ausência de gravidez (mulheres);2) Adultos de meia idade (n=6 homens e 6 mulheres; 45-60 anos): Critérios de participação: saudáveis, fisicamente ativos, não fumantes, com função cognitiva normal, com relato de ausência de doenças neurológicas (incluindo neuropatia periférica e doenças psicológicas), com ausência de doenças cardiovasculares e metabólicas, com as mulheres estando clinicamente no climatério e com relatos de ondas de calor;3) Idosos sem comorbidades (n=6 homens e 6 mulheres; 65-70 anos): Critérios de participação: saudáveis, fisicamente ativos, não fumantes, com função cognitiva normal, com relato de ausência de doenças neurológicas (incluindo neuropatia periférica e doenças psicológicas), com ausência de doenças cardiovasculares e metabólicas, com as mulheres estando clinicamente com o climatério encerrado e sem relatos de ondas de calor.4) Idosos com comorbidades (n=6 homens e 6 mulheres; 65-70 anos): Critérios de participação: saudáveis, fisicamente ativos, não fumantes, com função cognitiva normal, com relato de ausência de doenças neurológicas (incluindo neuropatia periférica e doenças psicológicas), com a presença de comorbidades cardiovasculares, com as mulheres estando clinicamente com o climatério encerrado e sem relatos de ondas de calor, podendo estar utilizando medicamentos para o controle das comorbidades. A amostra será selecionada e homogeneizada pela área de superfície corporal e pelo percentual de gordura. Procedimentos Éticos: Submissão ao CEPE/UFV e Rebrac. 5 visitas ao laboratório (07-12h): -1ª—procedimentos: a. Apresentação do projeto; b. Assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido; c. Medidas: peso corporal, estatura, dobras cutâneas, frequência cardíaca e pressão arterial; d. Aplicação: IPAQ, PAR, anamnese, MCAS; e. Medida da capacidade aeróbica.-2ª—procedimentos: a. Familiarização ao protocolo de exercício e instrumentos; b. Orientações gerais para o dia anterior a cada visita;- A partir da 3ª visita-delineamento do tipo quadrado latino (3x3: frio, temperado, quente).- 3ª—procedimentos: a.

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-977

UF: MG **Município:** VICOSA

Telefone: (31)3612-2316

E-mail:

Continuação do Parecer: 4.720.805

Estado de hidratação-urina; b. Refeição padrão e ingestão de cápsula de temperatura; c. Pesagem; d. Repouso e instrumentação; e. Repouso e dados basais; f. Exercício; g. Recuperação; h. Retirada dos instrumentos e pesagem; i. Repouso 10-30min e liberação.4ª/5ª visitas - Similar à 3ª.Exercício Autorregulado: Será realizada em um cicloergômetro, percorrendo a maior distância possível em 60min.VARIÁVEIS MEDIDAS:-Hidratação - por meio da urina. - Ambiente da sala experimental - 20, 25 e 32°C.- Antropometria - massa corporal, estatura e dobras cutâneas.- Temperatura gastrointestinal - cápsula ingerível.- Temperatura da pele - termopares fixados na pele. - Taxa de sudorese – cápsulas de plástico ventiladas fixadas no peito, costas e coxa. - Escalas de PSE, conforto e sensação térmica, sensação e percepção de sede.- Capacidade aeróbica - VO2.- Frequência cardíaca e pressão arterial. - Cadência, potência e velocidade. - Níveis plasmáticos de glicose, lactato e triglicerídeos. VARIÁVEIS CALCULADAS- Composição corporal.- IMC.- Área de superfície corporal.- Temperatura média da pele.- Taxa de sudorese.- Variabilidade da frequência cardíaca.- Limiar térmico.- Sensibilidade termoeferente.- Acúmulo de calor. Taxa de acúmulo de calor. ANÁLISE ESTATÍSTICA: Será realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, determinando se os dados serão paramétricos ou não paramétricos. Após, selecionados testes adequados para cada dado.

3. HIPÓTESES: Durante o processo de envelhecimento os ajustes termorregulatórios comportamentais serão ativados, ou até mesmo perdidos, no calor e no frio, sendo o calor um estresse térmico mais intenso do que o frio moderado. No ambiente temperado (controle), haverá também os mesmos efeitos deletérios do envelhecimento, porém menos acentuados do que no calor e no frio.

4. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO/EXCLUSÃO:

Critério de Inclusão: Grupos:1) Adultos jovens - Critérios de participação: saudáveis, fisicamente ativos, não fumantes, com função cognitiva normal, com relato de ausência de doenças neurológicas (incluindo neuropatia periférica e doenças psicológicas), com ausência de uso de medicamentos (exceto contraceptivo oral para as mulheres), com ausência de doenças cardiovasculares e metabólicas, com eumenorreia e a ausência de gravidez (mulheres);2) Adultos de meia idade - Critérios de participação: saudáveis, fisicamente ativos, não fumantes, com função cognitiva normal, com relato de ausência de doenças neurológicas (incluindo neuropatia periférica e doenças psicológicas), com ausência de doenças cardiovasculares e metabólicas, com as mulheres estando clinicamente no climatério e com relatos de ondas de calor;3) Idosos sem

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-977

UF: MG **Município:** VICOSA

Telefone: (31)3612-2316

E-mail:

Continuação do Parecer: 4.720.805

comorbidades - Critérios de participação: saudáveis, fisicamente ativos, não fumantes, com função cognitiva normal, com relato de ausência de doenças neurológicas (incluindo neuropatia periférica e doenças psicológicas), com ausência de doenças cardiovasculares e metabólicas, com as mulheres estando clinicamente com o climatério encerrado e sem relatos de ondas de calor.4) Idosos com comorbidades - Critérios de participação: saudáveis, fisicamente ativos, não fumantes, com função cognitiva normal, com relato de ausência de doenças neurológicas (incluindo neuropatia periférica e doenças psicológicas), com a presença de comorbidades cardiovasculares, com as mulheres estando clinicamente com o climatério encerrado e sem relatos de ondas de calor, podendo estar utilizando medicamentos para o controle das comorbidades.

Critério de Exclusão: - Por opção do próprio voluntário; - Intolerância ao exercício; - Intolerância ou impedimento médico de ingestão da cápsula de temperatura; - Impedimento médico de qualquer natureza.

Objetivo da Pesquisa:

De acordo com os pesquisadores,

Objetivo Primário: Estudar os efeitos do envelhecimento na termorregulação comportamental durante o exercício físico em ambientes frios, temperados e quentes.

Objetivo Secundário: Avaliar se há diferenças específicas:- No aumento da temperatura da pele causado pelos aumentos da temperatura central e pelo calor ambiente;- No aumento da percepção térmica causado pela maior temperatura da pele; - No aumento do esforço cardiovascular causado pela maior temperatura da pele;- No aumento da PSE causado pelos maiores valores de percepção térmica e esforço cardiovascular; - Na diminuição da taxa de trabalho causada pelo aumento da PSE;- Na diminuição da temperatura central em função das menores taxas de trabalho.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os pesquisadores apresentam no formulário online da Plataforma os seguintes Riscos:

Riscos de participar da pesquisa - Os riscos envolvidos na pesquisa consistem em riscos comuns associados a qualquer prática de atividades físicas moderadas, como, por exemplo, sensação de cansaço, sensação de calor e de fadiga muscular. Para minimizar tais fatores, a atividade física escolhida será de intensidade e duração nas quais o público avaliado está acostumado a fazer em sua rotina. Além disso, o voluntário poderá interromper o exercício a qualquer momento. Um fator importante a ser controlado será a temperatura interna. Se esta ultrapassar 39oC, o exercício será imediatamente interrompido, como medida de segurança. Por fim, o voluntário será instruído acerca de procedimentos prévios, como de hidratação, alimentação, sono, para minimizar os

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes

Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-977

UF: MG **Município:** VICOSA

Telefone: (31)3612-2316

E-mail:

Continuação do Parecer: 4.720.805

possíveis riscos. Após a pesquisa, você terá total acesso aos resultados e poderá fazer contato com os pesquisadores a qualquer momento, caso sinta necessidade.

E os seguintes Benefícios: Devido ao processo de aquecimento global e às cada vez mais constantes ondas de calor, os desafios de sobreviver e praticar exercícios físicos em ambientes cada vez mais quentes tem ganhado atenção da ciência. Esta atenção vai desde o estudo das políticas públicas de ação contra as doenças associadas ao calor até as pesquisas experimentais que buscam entender os ajustes dos mecanismos termorregulatórios neste novo cenário global. Dentre as populações expostas às mudanças climáticas, aquelas com idades mais avançadas estão entre as de maior vulnerabilidade às doenças pelo calor, principalmente indivíduos com comorbidades cardiovasculares. Assim, entender como o organismo em processo de envelhecimento adapta-se à realização de exercícios físicos no calor é fundamental para a prática segura e a prevenção de acidentes pelo calor, uma vez que foram relatadas milhares de mortes durante as ondas de calor nas duas últimas décadas, principalmente relacionadas a complicações cardiovasculares. Esta questão tem também uma importância especial no caso do Brasil, um país que está numa zona climática diretamente afetada pelo aquecimento global e com uma população cada vez maior de indivíduos mais velhos, sendo esta mesma população, paradoxalmente à ameaça das temperaturas extremas, cada vez mais estimulada a praticar exercícios físicos em função dos benefícios conhecidos à saúde. Assim, o presente estudo busca também entender e descobrir os limites entre prescrever exercícios físicos enquanto prática de saúde e não prescrever enquanto estratégia de prevenção das doenças pelo calor em indivíduos com idades avançadas.

Avaliação:

Os riscos e os benefícios estão de acordo com as recomendações sobre pesquisas com seres humanos, baseados nas Resoluções 466/12 do CNS

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Os pesquisadores propõe estudar os efeitos do envelhecimento na termorregulação comportamental durante o exercício físico em ambientes frios, temperados e quentes. Para isso pretendem um estudo com 4 grupos experimentais selecionados por conveniência: 1) Adultos jovens (n=6 homens e 6 mulheres; 18-30 anos); Critérios de participação: saudáveis, fisicamente ativos, não fumantes, com função cognitiva normal, com relato de ausência de doenças

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes

Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-977

UF: MG **Município:** VICOSA

Telefone: (31)3612-2316

E-mail:

Continuação do Parecer: 4.720.805

neuroológicas (incluindo neuropatia periférica e doenças psicológicas), com ausência de uso de medicamentos (exceto contraceptivo oral para as mulheres), com ausência de doenças cardiovasculares e metabólicas, com eumenorreia e a ausência de gravidez (mulheres);2) Adultos de meia idade (n=6 homens e 6 mulheres; 45-60 anos): Critérios de participação: saudáveis, fisicamente ativos, não fumantes, com função cognitiva normal, com relato de ausência de doenças neurológicas (incluindo neuropatia periférica e doenças psicológicas), com ausência de doenças cardiovasculares e metabólicas, com as mulheres estando clinicamente no climatério e com relatos de ondas de calor;3) Idosos sem comorbidades (n=6 homens e 6 mulheres; 65-70 anos): Critérios de participação: saudáveis, fisicamente ativos, não fumantes, com função cognitiva normal, com relato de ausência de doenças neurológicas (incluindo neuropatia periférica e doenças psicológicas), com ausência de doenças cardiovasculares e metabólicas, com as mulheres estando clinicamente com o climatério encerrado e sem relatos de ondas de calor.4) Idosos com comorbidades (n=6 homens e 6 mulheres; 65-70 anos): Critérios de participação: saudáveis, fisicamente ativos, não fumantes, com função cognitiva normal, com relato de ausência de doenças neurológicas (incluindo neuropatia periférica e doenças psicológicas), com a presença de comorbidades cardiovasculares, com as mulheres estando clinicamente com o climatério encerrado e sem relatos de ondas de calor, podendo estar utilizando medicamentos para o controle das comorbidades. A amostra será selecionada e homogeneizada pela área de superfície corporal e pelo percentual de gordura. Procedimentos Éticos: Submissão ao CEPE/UFV e Rebrac. 5 visitas ao laboratório (07-12h): -1ª-procedimentos: a. Apresentação do projeto; b. Assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido; c. Medidas: peso corporal, estatura, dobras cutâneas, frequência cardíaca e pressão arterial; d. Aplicação: IPAQ, PAR, anamnese, MCAS; e. Medida da capacidade aeróbica.-2ª-procedimentos: a. Familiarização ao protocolo de exercício e instrumentos; b. Orientações gerais para o dia anterior a cada visita;- A partir da 3ª visita-delineamento do tipo quadrado latino (3x3: frio, temperado, quente).- 3ª-procedimentos: a. Estado de hidratação-urina; b. Refeição padrão e ingestão de cápsula de temperatura; c. Pesagem; d. Repouso e instrumentação; e. Repouso e dados basais; f. Exercício; g. Recuperação; h. Retirada dos instrumentos e pesagem; i. Repouso 10-30min e liberação.4ª/5ª visitas - Similar à 3ª.Exercício Autorregulado: Será realizada em um cicloergômetro, percorrendo a maior distância possível em 60min.VARIÁVEIS MEDIDAS:-Hidratação - por meio da urina. - Ambiente da sala experimental - 20, 25 e 32°C.- Antropometria - massa corporal, estatura e dobras cutâneas.- Temperatura gastrointestinal - cápsula ingerível.- Temperatura da pele - termopares fixados na pele. - Taxa de sudorese – cápsulas de plástico ventiladas fixadas no peito, costas e coxa. -

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes

Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-977

UF: MG **Município:** VICOSA

Telefone: (31)3612-2316

E-mail:

Continuação do Parecer: 4.720.805

Escalas de PSE, conforto e sensação térmica, sensação e percepção de sede.- Capacidade aeróbica - VO2. - Frequência cardíaca e pressão arterial. - Cadência, potência e velocidade. - Níveis plasmáticos de glicose, lactato e triglicerídeos. VARIÁVEIS CALCULADAS- Composição corporal.- IMC.- Área de superfície corporal.- Temperatura média da pele.- Taxa de sudorese.- Variabilidade da frequência cardíaca.- Limiar térmico.- Sensibilidade termoeferente.- Acúmulo de calor. Taxa de acúmulo de calor. ANÁLISE ESTATÍSTICA: Será realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk, determinando se os dados serão paramétricos ou não paramétricos. Após, selecionados testes adequados para cada dado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória estão de acordo com as recomendações sobre pesquisas com seres humanos, baseados nas Resoluções 466/12 e 510/16 do CNS

Recomendações:

Quando da coleta de dados, o TCLE deve ser elaborado em duas vias, rubricado em todas as suas páginas e assinado, ao seu término, pelo convidado a participar da pesquisa ou responsável legal, bem como pelo pesquisador responsável, ou pessoa(s) por ele delegada(s), devendo todas as assinaturas constar na mesma folha.

Não é necessário apresentar os TCLEs assinados ao CEP/UFV. Uma via deve ser mantida em arquivo pelo pesquisador e a outra é do participante da pesquisa.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Ao término da pesquisa é necessário apresentar, via notificação, o Relatório Final (modelo disponível no site www.cep.ufv.br). Após ser emitido o Parecer Consubstanciado de aprovação do Relatório Final, deve ser encaminhado, via notificação, o Comunicado de Término dos Estudos para encerramento de todo o protocolo na Plataforma Brasil.

Projeto aprovado autorizando o início da coleta de dados com os seres humanos a partir da data de emissão deste parecer.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
----------------	---------	----------	-------	----------

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes				
Bairro: Campus Universitário CEP: 36.570-977				
UF: MG	Município:	VICOSA		
Telefone:	(31)3612-2316	E-mail:		

Continuação do Parecer: 4.720.805

Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1724436.pdf	13/05/2021 14:34:18		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Anexar_Projeto.pdf	13/05/2021 14:33:30	Thales Nicolau Prímola Gomes	Aceito
Outros	Anexar_Anamnese.pdf	13/05/2021 14:33:05	Thales Nicolau Prímola Gomes	Aceito
Outros	Anexar_MontrealCongntiveAssessment Score.pdf	13/05/2021 14:32:33	Thales Nicolau Prímola Gomes	Aceito
Outros	Anexar_PARQ.pdf	13/05/2021 14:32:01	Thales Nicolau Prímola Gomes	Aceito
Outros	Anexar_IPAQ.pdf	13/05/2021 14:31:38	Thales Nicolau Prímola Gomes	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Anexar_TCLE.pdf	13/05/2021 14:30:38	Thales Nicolau Prímola Gomes	Aceito
Cronograma	Anexar_Cronograma.pdf	13/05/2021 14:30:19	Thales Nicolau Prímola Gomes	Aceito
Folha de Rosto	Anexar_FolhaDeRosto.pdf	13/05/2021 14:29:49	Thales Nicolau Prímola Gomes	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

VICOSA, 19 de Maio de 2021

Assinado por:
Guilherme de Azambuja Pussieldi
(Coordenador(a))

Endereço: Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 36.570-977

UF: MG **Município:** VICOSA

Telefone: (31)3612-2316

E-mail: