



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA DA UFOP – EEF-UFOP
DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO FÍSICA – DEEFD



Lavinia Raissa Souza da Conceição
Lucas de Almeida Vieira

AVALIAÇÃO DO LIMIAR DE LACTATO E PRODUÇÃO DE CALOR
EM CICLISTAS SUPLEMENTADOS COM HP β -CD-ANGIOTENSINA -
(1-7)

Lavinia Raissa Souza da Conceição
Lucas de Almeida Vieira

**AVALIAÇÃO DO LIMIAR DE LACTATO E PRODUÇÃO DE CALOR
EM CICLISTAS SUPLEMENTADOS COM HP β -CD-ANGIOTENSINA -
(1-7)**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à disciplina Seminário de
TCC (EFD356), do curso de
Bacharelado em Educação Física da
Universidade Federal de Ouro Preto,
como requisito parcial para aprovação
na mesma.

Orientadora: Prof. Dra. Lenice Kappes
Becker

Coorientador: Adilson de Barros
Martins

OURO PRETO

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C744a Conceicao, Lavinia Raissa Souza Da.

Avaliação do limiar de lactato e produção de calor em ciclistas suplementados com hpβ-CD-ANGIOTENSINA -(1-7). [manuscrito] / Lavinia Raissa Souza Da Conceicao. Lucas de Almeida Vieira. - 2026. 34 f.

Orientadora: Profa. Dra. Lenice Kappes Becker Oliveira.

Coorientador: Adilson de Barros Martins.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Educação Física. Graduação em Educação Física .

1. Lactato. 2. Angiotensina. 3. Termorregulação. 4. Termografia. 5. Ciclismo. I. Vieira, Lucas de Almeida. II. Oliveira, Lenice Kappes Becker. III. Martins, Adilson de Barros. IV. Universidade Federal de Ouro Preto. V. Título.

CDU 612

Bibliotecário(a) Responsável: Angela Maria Raimundo - SIAPE: 1.644.803



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE EDUCACAO FISICA
DEPARTAMENTO DE EDUCACAO FISICA



FOLHA DE APROVAÇÃO

Lavinia Raissa Souza da Conceição

Lucas de Almeida Vieira

**AVALIAÇÃO DO LIMAR DE LACTATO E PRODUÇÃO DE CALOR EM CICLISTAS SUPLEMENTADOS COM
HPβ-CD-ANGIOTENSINA - (1-7)**

Monografia apresentada ao Curso de Educação Física da Universidade Federal
de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado

Aprovada em 04 de fevereiro de 2026

Membros da banca

Dra. Lenice Kappes Becker (Orientadora) - Universidade Federal de Ouro Preto.
Lic. Adilson de Barros Martins (Coorientador) - Universidade Federal de Ouro Preto.
Ms. Cristina Maria de Oliveira Trindade - Universidade Federal de Ouro Preto.
Dr. Kelerson Mauro de Castro Pinto - Universidade Federal de Ouro Preto.

Lenice Kappes Becker, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 26/02/2026



Documento assinado eletronicamente por **Lenice Kappes Becker Oliveira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/02/2026, às 16:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1066060** e o código CRC **BDADDBC3**.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer, primeiramente, às nossas famílias, pelo apoio, incentivo e compreensão ao longo de toda a nossa trajetória acadêmica. O suporte oferecido em cada etapa foi fundamental para que conseguíssemos chegar até aqui. Agradecemos de forma especial à Profa. Dra. Lenice Kappes Becker, pela orientação, pelas contribuições acadêmicas e pelo apoio ao longo do desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos, principalmente, ao coorientador Adilson de Barros Martins, por todo o suporte desde o início, pela disponibilidade, dedicação e pela confiança depositada em nós durante todas as etapas do estudo.

Aos professores do curso, deixamos nosso sincero agradecimento pela transmissão de conhecimentos e pela formação acadêmica e profissional proporcionada ao longo desses anos.

Por fim, agradecemos aos nossos amigos, que estiveram presentes ao longo dessa caminhada, oferecendo apoio, incentivo, experiências e momentos marcantes que tornaram essa jornada mais leve e significativa.

RESUMO

O presente estudo investigou os efeitos da suplementação oral com Angiotensina-(1–7) sobre respostas metabólicas, térmicas e perceptivas durante um teste incremental em ciclistas treinados. Para isso, foi conduzido um estudo randomizado, duplo-cego, crossover, no qual quatro ciclistas realizaram dois protocolos experimentais (placebo e [HPβ-CD-Ang-(1–7)]) separados por um período de *washout* de 7 dias. Mensurou-se lactato sanguíneo, limiar de lactato, temperatura cutânea por termografia infravermelha e percepção subjetiva de esforço (PSE) ao longo do teste incremental. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as condições para lactato, limiar de lactato, temperatura cutânea e PSE ($p > 0,05$). A suplementação foi bem tolerada e não produziu efeitos adversos. Conclui-se que, nas condições avaliadas, a suplementação com HPβ-CD–Ang-(1-7) não modificou as respostas fisiológicas e perceptivas durante o teste incremental. Estudos futuros com maior tamanho amostral, controle ambiental rigoroso e diferentes protocolos de exercício são recomendados para elucidar potenciais efeitos ergogênicos da Ang-(1–7)

Palavras-chave: Angiotensina-(1–7); Lactato; Termorregulação; Termografia; Ciclismo; Ergogenia.

ABSTRACT

This study investigated the effects of oral Angiotensin-(1–7) supplementation on metabolic, thermal, and perceptual responses during an incremental exercise test in trained cyclists. A randomized, double-blind, crossover design was conducted in which four cyclists completed two experimental protocols (placebo and HPβ-CD-Ang-(1–7)) separated by a washout period. Blood lactate, lactate threshold, skin temperature via infrared thermography, and ratings of perceived exertion (RPE) were assessed throughout the incremental test. No statistically significant differences were observed between conditions for blood lactate, lactate threshold, skin temperature, or RPE ($p > 0.05$). Supplementation was well tolerated and no adverse physiological effects were reported. In conclusion, under the tested conditions, Ang-(1–7) supplementation did not alter physiological or perceptual responses during the incremental test, although its safety profile was confirmed. Future research with larger sample sizes, rigorous environmental control, and diverse exercise protocols is recommended to better elucidate potential ergogenic effects of Ang-(1–7).

Keywords: Angiotensin-(1–7); Lactate; Thermoregulation; Thermography. Cycling; Ergogenic Aid.

Sumário

1. INTRODUÇÃO – TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO	7
2. OBJETIVO GERAL	11
3. OBJETIVO ESPECÍFICO	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS	12
4.1 Caracterização da Amostra	12
4.2 Critério de inclusão e exclusão.....	12
4.3 Administração de HPβ-CD-Ang-(1-7) ou solução HPβ-CD-Placebo. .	12
4.4 Protocolo experimental.....	13
4.5 Procedimento de coleta de dados	13
4.5.1 Avaliação física	13
4.5.2 Avaliação dos parâmetros cardiovasculares.....	14
4.5.3 Protocolo de teste	14
4.5.4 Avaliação da temperatura da pele – termografia	15
4.5.5 Avaliação da concentração de lactato	16
4.5.6 Avaliação da percepção subjetiva do esforço.....	16
4.5.7 Análise Estatística	17
5. RESULTADOS	18
5.1 Caracterização da amostra	18
5.2 Lactato	18
5.2.1 Lactato Basal e de Recuperação.....	18
5.2.2 Concentração de Lactato.....	19
5.3 Temperatura / Produção de calor	20
5.3.1 Comportamento da temperatura ao longo do teste incremental	20
5.3.2 Temperatura média total	21
5.3.2 Temperatura do dia.....	22
5.4 Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)	23
5.4.1 Comportamento da PSE ao longo do teste incremental.....	23
6. DISCUSSÃO	25
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO – TEMA E PROBLEMATIZAÇÃO

A Angiotensina-(1-7) [Ang-(1-7)] é um peptídeo bioativo integrante do Sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona (SRAA), com papel relevante na regulação da homeostase cardiovascular e metabólica. Sua atuação ocorre predominantemente via receptor Mas, promovendo vasodilatação, atenuação da vasoconstrição e redução da produção de espécies reativas de oxigênio, o que pode favorecer a perfusão sanguínea e a eficiência metabólica, especialmente em situações de maior demanda fisiológica, como durante o exercício físico (Heitsch et al., 2001; Santos et al., 2003). Além disso, a Angiotensina-(1-7) apresenta potencial ergogênico, com efeitos positivos no desempenho físico em atividades de endurance. Moura et al. (2021), ao investigarem atletas de mountain bike, observaram melhora no desempenho após suplementação com Ang-(1-7), sugerindo possível modulação metabólica associada ao eixo Ang-(1-7)/Mas.

Contudo, a aplicação da Ang-(1-7) como estratégia ergogênica enfrenta desafios relacionados à sua administração por via oral, uma vez que se trata de um peptídeo suscetível à degradação enzimática no trato gastrointestinal. Diante desse desafio, diversas abordagens farmacotécnicas vêm sendo exploradas para viabilizar a administração oral de Ang-(1-7). Uma das estratégias mais estudadas envolve o uso de ciclodextrinas, especialmente a hidroxipropil- β -ciclodextrina (HP β -CD), um derivado solúvel da β -ciclodextrina que apresenta considerável capacidade para formar complexos de inclusão com fármacos peptídicos. Esses oligossacarídeos cíclicos, compostos por sete unidades de glicose ligadas por ligações α -1,4, possuem uma estrutura com interior hidrofóbico e superfície externa hidrofílica, característica que permite o encapsulamento parcial de moléculas como a Ang-(1-7), protegendo-as da ação enzimática e aumentando sua estabilidade química e biológica (Szejtli, 2004; Loftsson; Brewster, 2012).

O desempenho em esportes de endurance, como o ciclismo, é condicionado por variáveis fisiológicas centrais, destacando-se o limiar de lactato e a capacidade de manter o metabolismo energético estável. A termorregulação também exerce papel determinante na sustentação do esforço e na performance em provas prolongadas (Coyle, 1999; Périard et al., 2021). O limiar de lactato (LT) corresponde à intensidade em que a concentração sanguínea de lactato aumenta de forma sustentada, refletindo um desequilíbrio entre produção e remoção desse metabólito e maior dependência das vias glicolíticas (Lucia et al., 2000). Em ciclistas, LT mais elevados associam-se à

capacidade de sustentar potências superiores por longos períodos, sendo forte preditor de desempenho em subidas, contra-relógios e provas de longa duração (Støren et al., 2014; Pallarés et al., 2016). Do ponto de vista fisiológico, o aumento do lactato sanguíneo está associado à maior contribuição das vias glicolíticas e à elevação da demanda metabólica em intensidades mais altas de exercício, podendo coincidir com maior recrutamento de unidades motoras de alta limiar. Esse comportamento reforça o valor do limiar de lactato como indicador sensível para o monitoramento do treinamento (Sanders et al., 2017; Heuberger et al., 2018).

Nesse cenário, a Angiotensina-(1-7) surge como potencial modulador ergogênico, pois, via receptor Mas, promove vasodilatação, modula o estresse oxidativo e melhora a perfusão muscular. Esses efeitos podem favorecer a entrega de oxigênio e substratos aos músculos ativos, otimizar a captação de glicose e manter a estabilidade metabólica durante esforços prolongados. Com isso, há a tendência de retardar o acúmulo de metabólitos associados à fadiga, contribuindo para a sustentação do trabalho mecânico e para maior eficiência energética em atividades cíclicas e contínuas, como o ciclismo (Moura, 2020; Moura et al., 2021).

Paralelamente, a termorregulação constitui um determinante central do desempenho em ciclistas, especialmente em esforços prolongados e de alta intensidade, nos quais a taxa de produção de calor metabólico pode exceder em múltiplas vezes a geração de energia mecânica útil. Em ambientes quentes, o organismo necessita dissipar grandes quantidades de calor para impedir elevações críticas da temperatura central, mobilizando mecanismos de transferência térmica como vasodilatação cutânea, sudorese e aumento do fluxo sanguíneo periférico. Do ponto de vista fisiológico, tais respostas visam maximizar a perda de calor sensível e latente, preservando a integridade térmica dos tecidos. Contudo, esse processo impõe elevado custo cardiovascular, uma vez que parte significativa do volume sistólico e do débito cardíaco passa a ser direcionada à pele, reduzindo potencialmente a perfusão muscular durante o exercício (Périard et al., 2021). Em ciclistas, essa competição hemodinâmica entre demanda metabólica e necessidade de resfriamento corporal representa uma variável decisiva para a manutenção da potência, da economia de movimento e da tolerância ao esforço.

Arelado ao cenário da ciência atual, evidências demonstram que a hipertermia atua como um fator fisiológico independente capaz de precipitar o colapso do desempenho. O estudo clássico de González-Alonso et al. (1999) mostrou que a fadiga em exercícios prolongados realizados em condições de calor surge de maneira

consistente quando a temperatura corporal central atinge níveis críticos próximos a 40°C, independentemente da intensidade inicial, do estado nutricional ou da hidratação prévia. Tal achado reforça a hipótese de que a hipertermia central funciona como gatilho direto de exaustão, possivelmente por mecanismos relacionados à redução do drive neural, ao comprometimento da função cardiovascular e ao aumento da taxa de metabolismo cerebral. De maneira complementar, Périard et al. (2021) enfatizam que o estresse térmico eleva substancialmente a demanda cardiovascular, altera a distribuição do fluxo sanguíneo entre músculos ativos e pele, reduz a pressão de perfusão muscular, aumenta o custo energético da termorregulação e intensifica o risco de fadiga precoce. Assim, a capacidade de manter a homeostase térmica sob condições de estresse ambiental emerge como componente fisiológico essencial da performance em esportes de resistência.

Ademais, estudos indicam que a capacidade de dissipar calor está diretamente relacionada ao desempenho e ao ritmo sustentável durante a atividade, uma vez que a homeostase térmica influencia tanto a tolerância ao esforço quanto a manutenção da potência mecânica. Nesse sentido, Tucker et al. (2006) demonstraram que ciclistas reduzem de forma antecipada a intensidade do exercício quando a taxa de armazenamento de calor se eleva, caracterizando uma estratégia protetiva que visa limitar a elevação da temperatura corporal central e prevenir a instalação de um quadro hipertérmico. Tal ajuste comportamental evidencia que o sistema nervoso central integra informações térmicas provenientes de receptores centrais e periféricos, modulando o ritmo de trabalho para evitar desfechos fisiológicos deletérios. De forma integrada, esses achados reforçam que o controle da produção e dissipação de calor não apenas preserva a segurança fisiológica, mas também condiciona a capacidade de sustentar altas cargas de trabalho em modalidades de *endurance*.

Nesse contexto, a Ang-(1-7) surge como potencial moduladora integrada do desempenho, pois seus efeitos vasculares e metabólicos podem influenciar tanto a dinâmica do lactato quanto a perfusão periférica, dois componentes diretamente relacionados à capacidade de sustentar a intensidade em esforços prolongados. Alguns estudos demonstraram que a formulação oral desse peptídeo pode melhorar o consumo máximo de oxigênio (VO₂max) e prolongar o tempo de exercício sem alterar parâmetros cardiovasculares críticos, como a pressão arterial (Mendes & Moura, 2017). Além disso, a Ang-(1-7) pode favorecer a recuperação muscular ao reduzir danos induzidos pelo exercício, configurando-se como estratégia ergogênica promissora para atletas de endurance (Moura, 2020).

Apesar dos resultados promissores, os efeitos da Angiotensina-(1-7) sobre o desempenho físico ainda geram controvérsias. Entretanto, nem todos os estudos evidenciam efeitos consistentes da suplementação. Um ensaio clínico cruzado conduzido com ciclistas de mountain bike recreacionais não encontrou melhorias significativas no desempenho, na potência ou nos marcadores fisiológicos após a suplementação oral de Ang-(1-7) (Silva de Moura et al., 2024). Além disso, a influência dessa substância na termorregulação e na dissipação de calor durante o exercício precisa ser mais investigada.

A presente pesquisa tem como foco a investigação dos efeitos da suplementação oral de HP β CD-Ang-(1-7) sobre variáveis fisiológicas determinantes do desempenho em ciclistas, com ênfase no limiar de lactato e nos mecanismos de termorregulação. O ciclismo é uma modalidade caracterizada por elevada exigência metabólica e funcional, na qual a capacidade de sustentar intensidades submáximas e máximas depende da integração entre fatores metabólicos, cardiovasculares e térmicos. Nesse contexto, a utilização de recursos ergogênicos com potencial modulador dessas respostas fisiológicas tem despertado crescente interesse na ciência do esporte, especialmente no que se refere a intervenções capazes de otimizar o desempenho em provas de endurance.

Embora estudos recentes indiquem possível associação entre a suplementação com Ang-(1-7) e melhora do desempenho em modalidades de resistência, ainda permanecem inconclusivos seus efeitos específicos sobre marcadores fisiológicos amplamente utilizados no monitoramento do treinamento, como o limiar de lactato, bem como sobre a regulação térmica durante o exercício. Considerando que tais variáveis desempenham papel central na tolerância ao esforço e na prevenção da fadiga precoce, torna-se relevante investigar de que maneira a Angiotensina-(1-7) pode influenciar essas respostas em ciclistas treinados, contribuindo para o aprofundamento das bases fisiológicas relacionadas ao seu potencial ergogênico.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo foi avaliar os efeitos da suplementação com Angiotensina-(1-7) sobre o limiar de lactato, as respostas termorregulatórias e a percepção subjetiva de esforço antes, durante e após um teste incremental em ciclistas.

3. OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Comparar as concentrações de lactato sanguíneo em repouso, durante o exercício incremental e na recuperação entre as condições placebo e Angiotensina-(1-7);
2. Determinar o limiar de lactato durante o teste incremental nas condições placebo e Angiotensina-(1-7);
3. Analisar o comportamento da temperatura corporal ao longo dos estágios do teste incremental nas condições placebo e Angiotensina-(1-7);
4. Comparar a temperatura corporal média pré-teste e a temperatura média ao longo do exercício entre as condições placebo e Angiotensina-(1-7);
5. Avaliar a percepção subjetiva de esforço durante os diferentes estágios do teste incremental nas condições placebo e Angiotensina-(1-7).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da Amostra

Este estudo foi realizado com 4 atletas amadores competitivos de ciclismo, residentes da cidade de Ouro Preto–MG e região. Os voluntários foram recrutados por meio de uma rede de contatos dos pesquisadores com este público e diante da participação optativa dos mesmos, caso estivessem dentro dos critérios de inclusão.

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Ouro Preto, sob o número de registro CAAE 65847422.1.0000.5150.

4.2 Critério de inclusão e exclusão

Foram recrutados ciclistas do sexo masculino, com idade entre 18 e 40 anos, com no mínimo três anos de experiência na modalidade, frequência mínima de cinco sessões semanais de treino associada a volume médio entre 180 e 200 km por semana, e participação ativa e regular em competições regionais ou nacionais nos últimos seis meses, caracterizando-os como atletas amadores competitivos. Foram excluídos indivíduos que apresentassem patologias ou condições clínicas que pudessem interferir nos testes, bem como aqueles que utilizassem medicamentos capazes de comprometer os dados da pesquisa, como anti-inflamatórios, antibióticos ou similares.

4.3 Administração de HP β -CD-Ang-(1-7) ou solução HP β -CD-Placebo.

A formulação HP β CD-Angiotensina-(1-7) foi desenvolvida pelo Departamento de Química em parceria com o Laboratório de Hipertensão do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais, conforme descrito em estudo conduzido por Lula, Denadai, Resende, De Sousa et al. (2007). Vale ressaltar que o uso dessa formulação (HP β CD-Ang-(1-7)) foi patenteado por nosso grupo de pesquisa sob o número BR 10 2016 0244064.

A administração com HP β -CD-Ang-(1-7) (2 mg) ou solução HP β -CD-Placebo foi realizada através da ingestão oral de cápsulas de igual cor, sabor e cheiro, em duas doses. A primeira dose foi administrada 3h antes do primeiro teste e a segunda dose 3h antes do segundo dia de teste, respeitando a janela de pico de ação do peptídeo (Marques et al., 2011) e tendo um *washout* de no mínimo 7 dias e máximo 15 dias. A utilização de 2 mg HP β -CD-Ang-(1-7) foi baseada em estudos anteriores (Becker et al., 2018; Moura et al., 2021).

4.4 Protocolo experimental

O presente estudo é um ensaio clínico duplo-cego randomizado com delineamento *crossover*. A sequência de randomização foi gerada por meio da plataforma eletrônica Random.org (www.random.org), garantindo a alocação aleatória da ordem das intervenções entre as duas condições experimentais: HPβ-CD-Ang-(1-7) e HPβ-CD-Placebo.

A distribuição das cápsulas foi realizada por um terceiro pesquisador, que não participou das etapas de coleta nem das análises dos dados, garantindo o cegamento dos participantes e dos avaliadores.

O protocolo experimental foi composto por dois encontros principais (E1 e E2), ambos realizados no cicloergômetro:

E1 – Teste progressivo/ incremental (primeira condição): No primeiro encontro, os voluntários realizaram um teste progressivo até a exaustão, sob uma das condições experimentais [(HPβ-CD-Ang-(1-7), ou HPβ-CD-Placebo)];

E2 – Teste progressivo/ incremental (condição oposta): Após um intervalo de 7 a 15 dias - determinado para assegurar o período de *washout* entre as intervenções, os participantes retornaram ao laboratório para realizar um novo teste progressivo, desta vez sob a condição experimental oposta à do primeiro encontro.

Durante ambos os encontros, foram coletadas variáveis fisiológicas e perceptivas associadas ao desempenho e à resposta ao exercício, conforme os objetivos do estudo.

4.5 Procedimento de coleta de dados

4.5.1 Avaliação física

A massa corporal foi aferida por meio de balança digital previamente calibrada, com resolução de 0,1 kg. As mensurações foram realizadas com o voluntário em posição ortostática, descalço, utilizando vestimenta leve e sem portar objetos ou acessórios que interferissem na medida. Antes de cada sessão de coleta, a balança foi verificada quanto ao nível e ao funcionamento, assegurando estabilidade e precisão do equipamento.

A estatura foi mensurada utilizando-se um estadiômetro com resolução de 0,1 cm. Durante o procedimento, o voluntário permaneceu em posição ortostática, com os pés paralelos e unidos, calcanhares, glúteos e região escapular em contato com a haste vertical do equipamento, e a cabeça orientada segundo o plano de Frankfurt. A

leitura foi realizada ao término de uma inspiração normal, conforme recomendações padronizadas de avaliação antropométrica.

Todos os procedimentos foram conduzidos por avaliador treinado, seguindo protocolos clássicos de antropometria, de forma a garantir padronização técnica, reprodutibilidade e confiabilidade das medidas obtidas.

4.5.2 Avaliação dos parâmetros cardiovasculares

A pressão arterial e a frequência cardíaca de repouso foram mensuradas previamente ao início do teste progressivo, visando obter valores basais. Para as mensurações, o voluntário foi mantido sentado em posição confortável, com o braço dominante apoiado sobre uma mesa na altura do coração, cotovelo flexionado a aproximadamente 90°, e permanecendo em repouso, sem comunicação verbal e sem movimentação durante todo o procedimento, conforme recomendações para medidas hemodinâmicas de repouso.

A pressão arterial foi aferida por meio de um esfigmomanômetro aneróide da marca Medicate®, devidamente calibrado, com selo de verificação do INMETRO visível no equipamento. As mensurações foram realizadas pelo método auscultatório, utilizando-se um estetoscópio profissional da marca Kindcare®. A braçadeira foi corretamente posicionada no braço dominante, respeitando o alinhamento com a artéria braquial e a largura adequada em relação ao perímetro do braço, conforme recomendações padronizadas para mensuração indireta da pressão arterial. A determinação dos valores sistólicos e diastólicos seguiu o protocolo de identificação dos sons de Korotkoff.

A frequência cardíaca de repouso foi obtida por meio do método palpatório, mediante palpação do pulso radial utilizando os dedos indicador e médio, durante um período contínuo de 60 segundos, com o voluntário em repouso e em silêncio. As mensurações foram realizadas em ambiente silencioso e sem estímulos externos, antes do início do teste progressivo, de forma a minimizar interferências fisiológicas e garantir a obtenção de valores basais confiáveis.

4.5.3 Protocolo de teste

Após a realização dos procedimentos basais, o voluntário foi posicionado em um cicloergômetro Biotec 2100 (CEFISE Biotecnologia®), sendo realizados os ajustes individuais da altura do selim e do guidão conforme a estatura e o conforto do participante, a fim de garantir postura adequada para a execução do protocolo, e os

dados eram obtidos pelo software Ergometric 6.0, CEFISE Biotecnologia. Em seguida, foi realizado um aquecimento ativo com duração de 5 minutos, a uma carga fixa de 100 Watts (W).

O teste consistiu em um protocolo incremental progressivo, iniciando-se com carga de 100 W e incrementos de 50 W a cada 3 minutos, sendo mantida a cadência previamente definida durante o aquecimento. O teste foi conduzido até a exaustão voluntária ou até a ocorrência de critérios pré-estabelecidos para interrupção, tais como: (i) incapacidade de manter a cadência mínima estipulada (redução superior a 30% do RPM definido no aquecimento), (ii) manifestação de falha voluntária, (iii) elevação do quadril do banco e/ou (iv) retirada simultânea das duas mãos do guidão. Esses critérios foram adotados para assegurar a padronização da avaliação e a segurança dos participantes. Ao término do teste, procedeu-se imediatamente à repetição das mensurações termográficas e à coleta da amostra para determinação do lactato final.

4.5.4 Avaliação da temperatura da pele – termografia

A avaliação da temperatura cutânea foi realizada por meio de termografia infravermelha utilizando a câmera Fluke VT02 Visual IR Thermometer (Fluke Corporation®, Everett, Estados Unidos). Antes das aquisições, a emissividade do equipamento foi ajustada conforme os valores recomendados para pele humana 0,98, a fim de assegurar leituras térmicas adequadas e comparáveis entre os participantes.

O equipamento foi acoplado a um tripé e posicionado a uma distância fixa de três metros do participante, com a lente alinhada perpendicularmente à superfície da coxa esquerda, garantindo padronização geométrica da aquisição da imagem a aproximadamente 50% do comprimento da coxa esquerda. A altura do tripé foi mantida em um metro a partir do solo, assegurando reprodutibilidade intercoletas.

As imagens foram registradas a intervalos de 3 minutos durante o teste incremental progressivo, com o participante posicionado sobre o cicloergômetro, as coletas térmicas foram realizadas em ambiente com monitoramento da temperatura e da umidade relativa do ar, a fim de acompanhar possíveis interferências ambientais sobre a resposta térmica cutânea. No período pré-teste, a temperatura ambiente média foi de $21,8 \pm 2,1$ °C, e a umidade relativa do ar média foi de $51,0 \pm 13,3$ %. Ressalta-se que o ambiente não foi climatizado, sendo apenas monitoradas as condições ambientais durante a realização dos testes, permitindo acompanhar a

dinâmica térmica periférica ao longo do esforço.

4.5.5 Avaliação da concentração de lactato

As amostras de lactato foram obtidas por punção capilar na polpa digital do dedo indicador da mão dominante. Previamente à coleta, o avaliador utilizou equipamentos de proteção individual (EPI), incluindo luvas estéreis descartáveis, seguindo recomendações de biossegurança para contato com fluidos biológicos.

Antes da punção, a pele foi higienizada com álcool etílico a 70% e seca com gaze estéril. A perfuração foi realizada com lancetador Accu-Chek Softclix descartável estéril, e a primeira gota de sangue foi descartada, de acordo com recomendações para mensuração capilar, a fim de evitar contaminação por fluido intersticial e garantir maior acurácia na leitura do lactato. Em seguida, a amostra foi coletada em volume compatível com a análise capilar e aplicada diretamente na tira reagente BM-Lactate (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Alemanha).

A análise foi realizada imediatamente após a coleta, utilizando o analisador portátil Accutrend Lactate (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Alemanha), conforme as instruções do fabricante para calibração, inserção da tira e leitura. As coletas foram realizadas a cada 5 minutos durante o teste incremental progressivo, a fim de obter uma curva de concentração, com o participante em movimento sobre o cicloergômetro, sendo registrado o horário exato de cada coleta para posterior correspondência temporal com as demais variáveis fisiológicas.

Todos os procedimentos seguiram normas de biossegurança vigentes, com descarte adequado de materiais perfurocortantes e resíduos biológicos em recipientes apropriados. A padronização metodológica adotada está em conformidade com recomendações da American College of Sports Medicine (ACSM), Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC) e diretrizes consolidadas para mensuração de lactato capilar em exercício (“Lactate Guidelines”), que preconizam higienização adequada da pele, descarte da primeira gota, coleta capilar padronizada e análise imediata.

4.5.6 Avaliação da percepção subjetiva do esforço

A cada 3 minutos, a percepção subjetiva de esforço (PSE) foi avaliada utilizando-se a Escala de Borg modificada (CR10), versão colorida, composta por valores numéricos variando de 0 a 10, conforme proposto originalmente por Borg (1982; 1998). Antes do início do teste incremental, o voluntário recebeu instruções

padronizadas sobre o significado da escala, incluindo o ancoramento verbal dos valores extremos (0 = nenhum esforço; 10 = esforço máximo), para garantir compreensão adequada do instrumento e minimizar variabilidade interindividual. Adicionalmente, o avaliador responsável pela aplicação da escala foi previamente treinado quanto aos procedimentos de instrução verbal, apresentação visual e registro das respostas, assegurando padronização metodológica.

Durante o teste, em cada ponto de coleta, o avaliador apresentava visualmente a escala ao voluntário e aplicava a seguinte pergunta padronizada: “Fale para mim o seu nível de esforço.” O voluntário indicava verbalmente o valor numérico correspondente à sua percepção subjetiva naquele momento, e o avaliador registrava imediatamente o valor informado.

A PSE foi utilizada como marcador psicofisiológico complementar, permitindo estimar a relação entre esforço percebido e respostas fisiológicas objetivas ao exercício incremental, como consumo de oxigênio (VO_2), concentração de lactato sanguíneo e frequência cardíaca (FC). A integração dessas variáveis possibilita interpretar a progressão da carga interna de exercício, identificar limiares metabólicos e caracterizar o impacto do incremento de potência sobre a tolerância ao esforço, conforme amplamente descrito na literatura de fisiologia do exercício.

4.5.7 Análise Estatística

Os dados são apresentados em média e desvio padrão. A distribuição das variáveis foi verificada pelo teste de normalidade de *Shapiro-Wilk*. Foi utilizado o teste *t* pareado para comparações entre as duas condições. A análise de variância Two Way seguida de pós-teste foi utilizada para avaliação durante o teste incremental. O programa utilizado foi o Graphpad Prism versão 9. Adotou-se um nível de significância de 5% ($p < 0,05$) para todas as análises.

5. RESULTADOS

5.1 Caracterização da amostra

A amostra foi composta por 4 ciclistas treinados que atenderam aos critérios de inclusão, com experiência prévia em programas sistematizados de treinamento. As características antropométricas e de treinamento dos participantes estão apresentadas na **Tabela 1**.

Tabela 1 Caracterização dos Ciclistas da Região dos Inconfidentes

Variável	V1	V2	V3	V4	Média	Desvio Padrão
Idade (anos)	34	29	35	37	33,8	± 3,5
Massa corporal (kg)	85	72	72	87	79	± 6,6
Estatura (cm)	172	175	183	173	176	± 5,0
IMC (kg/m ²)	28,8	23,5	21,5	25,9	24,9	± 2,1
Tempo de treinamento (anos)	5	6	20	4	8,7	± 7,1
Volume semanal (km)	200	250	200	250	225	± 28,9

5.2 Lactato

5.2.1 Lactato Basal e de Recuperação

A Figura 1 apresenta os valores de lactato capilar em repouso (basal) e no período de recuperação pós-exercício (em média 10 min ao término da sessão) nas condições placebo e Angiotensina-(1-7). Os valores basais de lactato foram em média $3,63 \pm 0,70$ mmol/L na condição placebo e em média $3,25 \pm 0,59$ mmol/L na condição HPβCD–Ang-(1-7). No período de recuperação, os valores foram em média $11,50 \pm$

2,10 mmol/L para o placebo e em média $9,38 \pm 3,55$ mmol/L para a HP β CD–Ang-(1-7). Houve o aumento esperado quando comparado o momento basal com após o teste incremental: Placebo $p=0,01$ e Angiotensina-(1-7) $p=0,05$. A análise estatística não indicou diferença significativa entre as condições, tanto para os valores basais ($p > 0,05$) quanto ao longo do período de recuperação ($p > 0,05$), indicando ausência de efeito da suplementação sobre a cinética de lactato nas condições avaliadas.

Figura 1 – Concentração de lactato sanguíneo em repouso (basal) e durante a recuperação pós-exercício nas condições placebo e Angiotensina-(1-7).

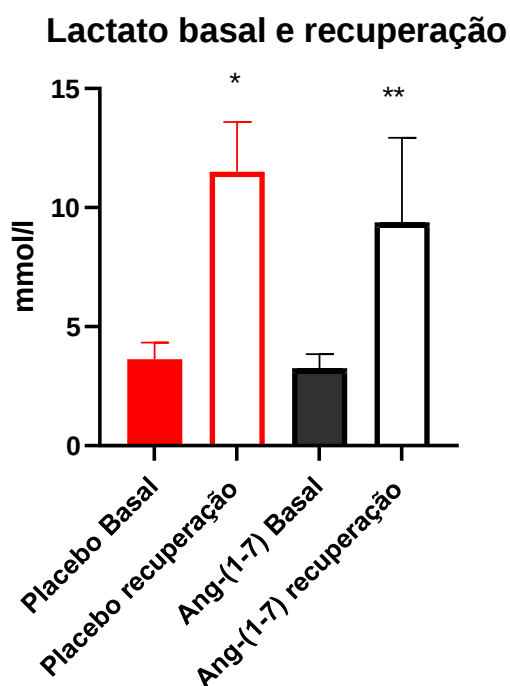


Figura 1 – Concentração de lactato sanguíneo em repouso (basal) e durante a recuperação pós-exercício nas condições placebo e Angiotensina-(1-7). As barras pretas representam a condição HP β CD–Ang-(1-7) e as barras vermelhas a condição placebo. Barras preenchidas indicam os valores de lactato basal, enquanto barras não preenchidas indicam os valores de lactato de recuperação. Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão. * $p=0,01$ ** $p=0,05$.

5.2.2 Concentração de Lactato

A **Figura 2** apresenta o comportamento da concentração de lactato sanguíneo ao longo do teste incremental, demonstrando aumento progressivo em função do tempo em ambas as condições experimentais [(placebo e HP β CD–Ang-(1-7))]. A

análise estatística envolvendo o fator tempo e o fator condição não evidenciou interação significativa tempo $\times$ condição ($p > 0,05$), indicando que a trajetória de incremento do lactato ao longo do teste foi semelhante entre as condições. Além disso, não foram observados efeitos principais significativos da condição ($p > 0,05$), sugerindo ausência de efeito da suplementação sobre a cinética do lactato durante o exercício incremental.

Figura 2 – Comportamento da concentração de lactato sanguíneo ao longo do teste incremental nas condições placebo e Angiotensina-(1-7).

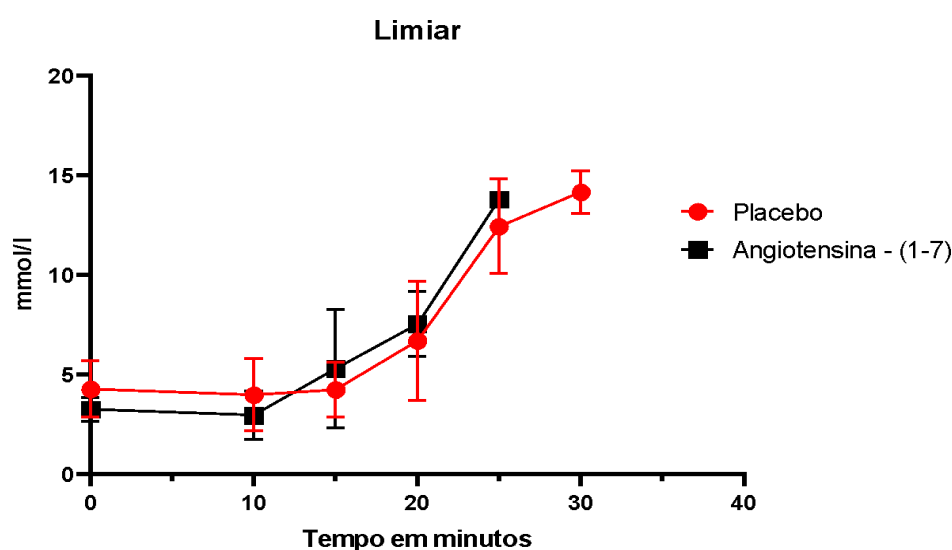


Figura 2 – Comportamento da concentração de lactato sanguíneo ao longo do teste incremental em função do tempo, nas condições placebo e Angiotensina-(1-7). A linha vermelha representa a condição placebo, enquanto a linha preta representa a condição Angiotensina-(1-7). Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão.

5.3 Temperatura / Produção de calor

5.3.1 Comportamento da temperatura ao longo do teste incremental

A **Figura 3** apresenta o comportamento da temperatura cutânea ao longo do teste incremental, demonstrando aumento progressivo em função do tempo nas condições placebo e Angiotensina-(1-7). A análise estatística não indicou diferenças significativas entre as condições ao longo dos estágios avaliados ($p > 0,05$), sugerindo ausência de efeito da suplementação sobre a resposta térmica durante o exercício incremental.

Figura 3 – Comportamento da temperatura cutânea ao longo do teste incremental nas condições placebo e Angiotensina-(1-7).

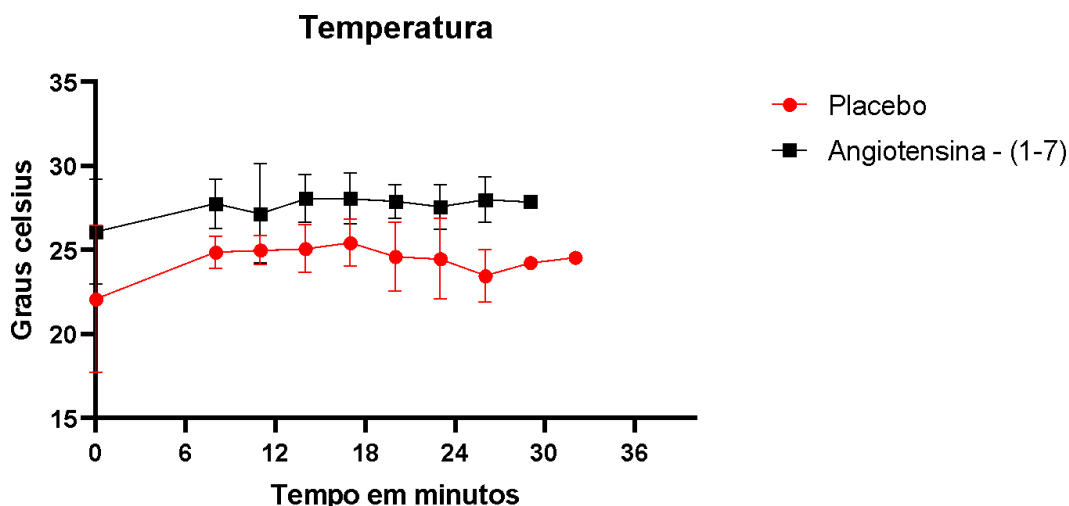


Figura 3 – Comportamento da temperatura corporal ao longo do teste incremental, em função do tempo, nas condições placebo e Angiotensina-(1-7). A linha vermelha representa a condição placebo, enquanto a linha preta representa a condição Angiotensina-(1-7). *Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão.*

5.3.2 Temperatura média total

A **Figura 4** apresenta os valores de temperatura média total obtidos a partir da média das medidas térmicas registradas no período pré-teste (basal), antes do início do teste incremental, nas condições placebo e Angiotensina-(1-7). Para essa análise, os valores de cada condição foram agrupados e utilizados no cálculo da média representativa do período basal, sendo observados valores de $23,66 \pm 2,29$ °C para a condição placebo e $27,48 \pm 1,60$ °C para a condição Angiotensina-(1-7). A análise estatística não evidenciou diferenças significativas entre as condições ($p > 0,05$), indicando que a temperatura cutânea inicial foi semelhante entre as condições experimentais.

Figura 4 – Temperatura cutânea média total durante o teste incremental nas condições placebo e Angiotensina-(1-7).

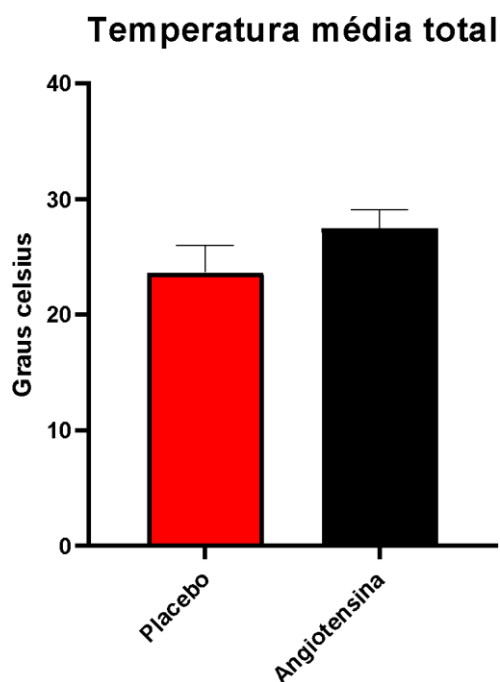


Figura 4 – Temperatura média total registrada no período pré-teste nas condições placebo e Angiotensina-(1-7). A cor vermelha representa a condição placebo, enquanto a cor preta representa a condição Angiotensina-(1-7). Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão.

5.3.2 Temperatura do dia

A **Figura 5** apresenta os valores de temperatura do dia registrados no período pré-teste (basal), antes do início do teste incremental, nas condições placebo e Angiotensina-(1-7). Os valores médios de temperatura ambiente foram de $21,55 \pm 2,11$ °C para a condição placebo e de $22,03 \pm 2,29$ °C para a condição Angiotensina-(1-7). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as condições ($p > 0,05$), indicando que o estado térmico inicial do ambiente foi semelhante entre as sessões experimentais.

Figura 5 – Temperatura ambiente média registrada previamente à realização do teste incremental nas condições placebo e Angiotensina-(1-7).

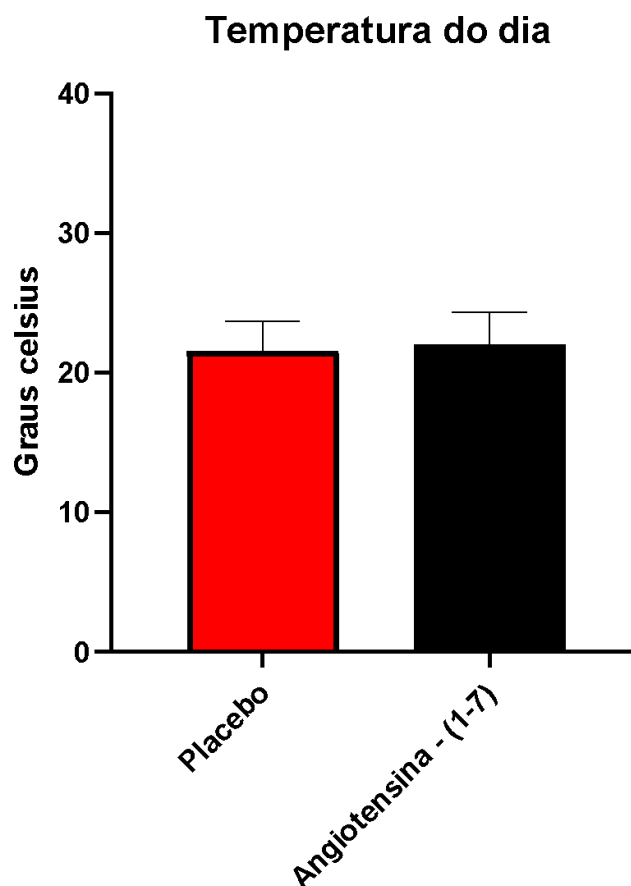


Figura 5 – Temperatura do dia registrada no período pré-teste nas condições placebo e Angiotensina-(1-7). A cor vermelha representa a condição placebo, enquanto a cor preta representa a condição Angiotensina-(1-7). Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão.

5.4 Percepção Subjetiva de Esforço (PSE)

5.4.1 Comportamento da PSE ao longo do teste incremental

A **Figura 6** apresenta o comportamento da percepção subjetiva de esforço (PSE) ao longo do teste incremental, demonstrando aumento progressivo em função do tempo nas condições placebo e Angiotensina-(1-7). A análise estatística não indicou diferenças significativas entre as condições ao longo dos estágios avaliados ($p > 0,05$), sugerindo que a suplementação não alterou a resposta perceptual ao aumento de carga interna de exercício.

Figura 6 – Comportamento da percepção subjetiva de esforço (PSE) ao longo do teste incremental nas condições placebo e Angiotensina-(1-7).

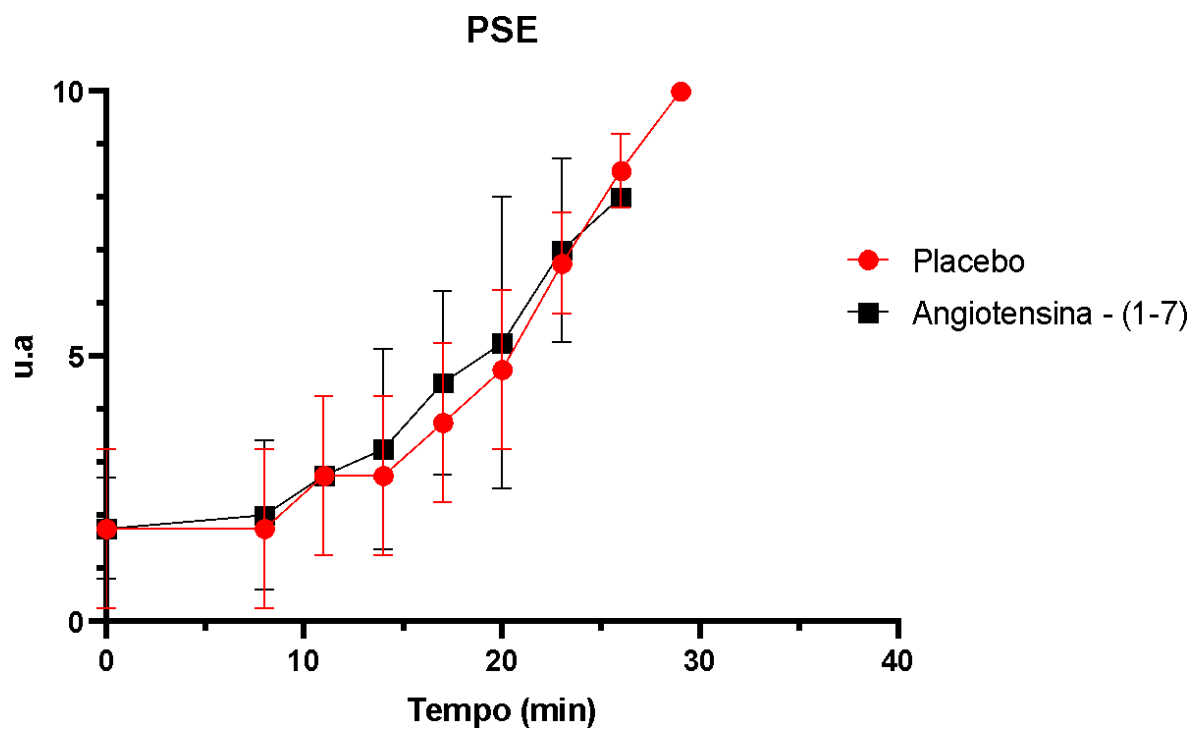


Figura 6 – Comportamento da percepção subjetiva de esforço (PSE) ao longo do teste incremental, em função do tempo, nas condições placebo e Angiotensina-(1-7). A cor vermelha representa a condição placebo, enquanto a cor preta representa a condição Angiotensina-(1-7). *Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão.*

6. DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação com Angiotensina-(1-7) sobre respostas metabólicas, térmicas e perceptivas durante um teste incremental em ciclistas treinados. De maneira geral, os resultados demonstraram ausência de diferenças entre as condições placebo e Angiotensina-(1-7) em relação ao lactato sanguíneo, limiar de lactato, temperatura corporal e percepção subjetiva de esforço (PSE), indicando que, nas condições avaliadas, a suplementação não promoveu efeitos detectáveis nessas variáveis. A seguir, os achados são discutidos à luz da literatura, considerando possível variabilidade metodológica, mecanismos fisiológicos envolvidos e lacunas científicas ainda não resolvidas.

A Angiotensina-(1-7) integra o eixo alternativo do sistema renina-angiotensina, sendo reconhecida por seus efeitos vasodilatadores, antioxidantes e metabólicos, mediados principalmente pelo receptor Mas (Heitsch et al., 2001; Santos et al., 2003; Benter et al., 1995). Com base nesses mecanismos, cria-se a hipótese de que a Ang-(1-7) possa melhorar a perfusão muscular durante o exercício, reduzindo a resistência vascular periférica, aumentando a oferta de oxigênio e favorecendo o metabolismo aeróbio via maior disponibilidade de substratos. Tal raciocínio sugere que a suplementação poderia modular variáveis associadas ao desempenho, como lactato, termorregulação e PSE. No entanto, os resultados do presente estudo não corroboraram essa hipótese, indicando que o efeito vasomotor da Ang-(1-7), embora documentado em modelos experimentais (Ferreira et al., 2005; Schindler et al., 2007; Sampaio et al., 2007; Santos et al., 2004; Santos et al., 2018), pode não se traduzir em alterações relevantes durante um teste incremental nas condições investigadas.

No âmbito metabólico, o comportamento do lactato sanguíneo apresentou o padrão fisiológico esperado, com aumento progressivo à medida que a carga de trabalho aumentou, indicando maior recrutamento motor e aumento da glicólise anaeróbia. Contudo, não foram observadas diferenças entre as condições placebo e Ang-(1-7) (Lee et al., 2023; Mandadzhiev et al., 2025). Esse achado está em consonância com estudos prévios que não identificaram alterações significativas no lactato sanguíneo após suplementação com Ang-(1-7), apesar de efeitos positivos observados em desfechos funcionais de desempenho, como tempo até a exaustão ou potência média (Moura et al., 2021; de Moura et al., 2024). Uma possível explicação fisiológica é que os mecanismos modulados pela Ang-(1-7) atuem prioritariamente

sobre fatores hemodinâmicos e vasculares, ao invés de diretamente sobre o metabolismo glicolítico, produzindo efeitos mais evidentes em exercícios prolongados de endurance do que em testes incrementais, nos quais a dinâmica glicolítica é fortemente dependente de fatores intramusculares já estabelecidos. Estudos recentes com formulação oral de HP β CD-Ang-(1-7) indicam que a suplementação não altera significativamente os níveis de lactato sanguíneo durante testes de esforço, apesar de influenciar outros parâmetros fisiológicos, sugerindo que os efeitos podem estar mais relacionados a respostas hemodinâmicas subjacentes (de Moura et al., 2024). Ademais, evidências experimentais em modelos animais evidenciam que Ang-(1-7) pode modular a sensibilidade à insulina e a perfusão microvascular após exercício, implicando mecanismos de fluxo sanguíneo mais do que modificações diretas na glicólise (Echeverría-Rodríguez et al., 2020).

No cerne metabólico, o lactato sanguíneo segue um padrão fisiológico característico durante testes incrementais: sua concentração aumenta progressivamente em função da elevação da intensidade de exercício, refletindo uma maior contribuição das vias glicolíticas anaeróbicas e uma produção crescente de lactato pelas fibras musculares em resposta à necessidade energética (Wackerhage et al., 2022; Mandadzhiev et al., 2025). Em atletas com alto nível de preparo aeróbico, como ciclistas treinados, adaptações fisiológicas robustas, incluindo aumento da densidade e atividade das enzimas mitocondriais, maior capilarização e maior capacidade de transporte de lactato para oxidação, promovem uma melhora na eficiência metabólica e um atraso no acúmulo de lactato plasmático para qualquer intensidade relativa de exercício (Hearris et al., 2018).

Essas adaptações, que resultam em um deslocamento do limiar de lactato para intensidades mais altas e em maior capacidade de remoção do lactato por tecidos oxidados, tornam a resposta do lactato relativamente estável em situações de esforço incremental em indivíduos treinados, limitando a sensibilidade do limiar para identificar efeitos agudos de intervenções nutricionais ou farmacológicas (p. ex., vasodilatadores ou moduladores hemodinâmicos). Estudos clássicos de lactato kinetics demonstram que o treinamento de endurance aumenta substancialmente a capacidade de clearance de lactato, resultado de adaptações oxidativas musculares e maior eficiência do ciclo de lactato, sem necessariamente alterar diretamente a produção do metabólito durante exercícios submáximos (Donovan; Brooks, 1983; Messonnier et al., 2013). Dessa forma, mesmo que a Angiotensina-(1-7) possa modular mecanismos vasculares e potencialmente influenciar a perfusão muscular, seu impacto direto sobre

a dinâmica de produção e eliminação de lactato pode não ser suficientemente acentuado para alterar a curva de lactato em testes incrementais, nos quais os processos de produção e remoção de lactato já estão altamente otimizados pelo treinamento crônico.

Por outro lado, nas avaliações térmicas por termografia infravermelha, o controle ambiental e a consideração da emissividade da pele são fatores metodológicos essenciais para a interpretação precisa dos dados, uma vez que a termorregulação corporal e a leitura da pele dependem fortemente dessas variáveis. A termografia infravermelha detecta a radiação emitida pela superfície corporal, sendo que a emissividade da pele humana é um parâmetro necessário para calibrar os sistemas de captura térmica e minimizar erros sistemáticos na estimativa da temperatura cutânea (Wang et al., 2021).

A emissividade representa a capacidade de uma superfície emitir radiação infravermelha em relação a um corpo negro ideal, que é um modelo físico teórico que absorve integralmente a radiação eletromagnética incidente e emite a máxima radiação térmica possível para uma dada temperatura, apresentando emissividade igual a 1. Esse conceito é utilizado como referência para a definição da emissividade de materiais reais e para a calibração de sistemas de medição térmica, constituindo um parâmetro fundamental na estimativa da temperatura por termografia infravermelha (Wang et al., 2021).

A pele humana apresenta emissividade elevada, próxima de 0,98, o que a caracteriza como uma superfície quase ideal para aplicações termográficas. Entretanto, conforme destacado por estudos de revisão (Fernández-Cuevas et al., 2015), a correta configuração da emissividade, embora necessária, não é o único parâmetro necessário para garantir a precisão das medidas, sendo imprescindível o controle de fatores ambientais (Almeida et al., 2022), instrumentais e fisiológicos que influenciam a radiação detectada pela câmera.

Embora a Angiotensina-(1-7) esteja associada a efeitos vasodilatadores e à modulação do fluxo sanguíneo periférico, os quais, em teoria, poderiam influenciar a perfusão cutânea e os mecanismos de dissipação de calor durante o exercício, os resultados do presente estudo não evidenciaram diferenças térmicas entre as condições experimentais. Uma possível explicação é que esses efeitos vasomotores sejam sutis e dependentes de condições específicas de avaliação, podendo não ser suficientemente expressivos para serem detectados por meio da termografia infravermelha.

Como a coleta de dados foi realizada durante a execução de um teste incremental de esforço, esse caráter dinâmico do teste dificulta a obtenção de medidas em estado estacionário. Nesse contexto, as alterações fisiológicas dinâmicas induzidas pelo exercício progressivo, como sudorese, redistribuição do fluxo sanguíneo entre músculos e pele, e variações rápidas na perfusão cutânea, associadas ao movimento do atleta durante a coleta, podem influenciar os dados obtidos, conforme discutido na literatura metodológica sobre termografia em exercício (Fernández-Cuevas et al., 2015; Almeida et al., 2022).

Na questão psicofisiológica, a percepção subjetiva de esforço (PSE) aumentou progressivamente ao longo dos estágios do teste incremental, sem diferenças entre as condições placebo e Angiotensina-(1-7). A PSE, frequentemente medida pela Escala de Borg, é amplamente reconhecida como um indicador válido da intensidade do exercício e da carga interna, correlacionando-se com variáveis fisiológicas como frequência cardíaca e concentração de lactato sanguíneo (Scherr et al., 2013; Kaercher et al., 2018).

Em termos fisiológicos, a PSE não reflete apenas respostas isoladas de um sistema, mas sim a integração central de múltiplos sinais aferentes, incluindo estímulos metabólicos (p. ex., acúmulo de metabólitos), cardiorrespiratórios (p. ex., elevação de frequência cardíaca e ventilação) e térmicos (p. ex., sensações de calor e desconforto térmico), juntamente com aspectos cognitivos e psicológicos relacionados à percepção subjetiva de esforço e fadiga. Essa integração é mediada por centros integradores no sistema nervoso central, que processam tanto feedback fisiológico como feedforward do comando motor, resultando na sensação global de “esforço percebido” (Pinheiro; Viana; Pires, 2014; Scherr et al., 2013).

Acrescenta-se que a ausência de diferenças entre as condições no comportamento da PSE é consistente com a ausência de alterações significativas nas variáveis fisiológicas metabólicas, térmicas e cardiorrespiratórias observadas no presente estudo. Estudos prévios demonstram que a PSE correlaciona-se fortemente com respostas fisiológicas internas, como frequência cardíaca e outras medidas cardiopulmonares, e que, quando essas respostas são semelhantes entre diferentes condições experimentais, a percepção de esforço também tende a não diferir significativamente (Canário-Lemos et al., 2020; Grummt et al., 2024). Desse modo, mesmo que a Angiotensina-(1-7) possa apresentar efeitos vasculares e metabólicos em contextos específicos, tais efeitos não foram suficientemente acentuados para modificar a percepção de esforço em um teste incremental no qual os sistemas

fisiológicos foram desafiados de forma semelhante em ambas as condições.

Em suma, os achados do presente estudo indicam que a suplementação com HP β -CD-Angiotensina-(1-7) foi bem tolerada, não produziu efeitos adversos sobre os parâmetros fisiológicos monitorados e mostrou um perfil de segurança compatível com o relatado em investigações anteriores (Marques et al., 2011; Mendes; Moura, 2017; Moura, 2020). Embora não tenham sido observadas diferenças significativas entre as condições nas variáveis metabólicas, térmicas e perceptivas analisadas, tais resultados contribuem para ampliar o entendimento sobre a aplicabilidade da Angiotensina-(1-7) no contexto do exercício.

Todavia, é importante reconhecer limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados, especialmente o tamanho amostral reduzido, que pode ter limitado o poder estatístico para detectar efeitos de pequena ou moderada magnitude, e a ausência de controle ambiental rigoroso, com possível impacto nas respostas térmicas. Dessa forma, recomenda-se cautela ao extrapolar os achados para populações maiores ou cenários distintos do empregado no presente protocolo.

À luz dessas considerações, estudos futuros devem contemplar amostras mais amplas e heterogêneas, incorporar controle ambiental detalhado (temperatura, umidade, ventilação) e explorar diferentes modelos de exercício (ex.: protocolos contínuos prolongados, contrarrelógio, exercício em ambientes térmicos controlados).

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados do presente estudo, observou-se que a suplementação com Angiotensina-(1-7) não promoveu efeitos significativos sobre o lactato sanguíneo, limiar de lactato, temperatura corporal e percepção subjetiva de esforço durante um teste incremental em ciclistas, considerando a amostra avaliada.

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia do Exercício da Escola (LABFE) de Educação Física da Universidade Federal de Ouro Preto (EEFUFOP).

Suporte financeiro:

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG)

APQ-APQ-00662-22 APQ-04983-22

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Pró Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Proppi-UFOP

23109.016819/2023-81 (PROPPi)

Instituto Nacional de Tecnologia Nanobiofar (INCT)

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, R. M. S. F. et al. Infrared thermography to evaluate thermal comfort under different ambient conditions. **Applied Sciences**, v. 12, n. 23, p. 12105, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app122312105>. Acesso em: 12 jan. 2026.
2. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **ACSM's guidelines for exercise testing and prescription**. 12. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2022. Disponível em: <https://acsm.org/education-resources/books/guidelines-exercise-testing-prescription/>. Acesso em: 12 jan. 2026.
3. BENTER, I. F. et al. Antihypertensive actions of angiotensin-(1–7) in spontaneously hypertensive rats. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 269, n. 1, p. H313–H319, 1995.
4. CANÁRIO-LEMOS, R. et al. Are heart rate and rating of perceived exertion effective to control indoor cycling intensity? **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 13, p. 4824, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph17134824>. Acesso em: 12 jan. 2026.
5. COYLE, E. F. Physiological determinants of endurance exercise performance. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 2, n. 3, p. 181–189, 1999.
6. DE MOURA, S. S. et al. Angiotensin-(1–7) oral formulation improves physical performance in mountain bike athletes: a double-blinded crossover study. **BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation**, v. 13, n. 1, p. 47, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00303-7>. Acesso em: 12 jan. 2026.
7. DONOVAN, C. M.; BROOKS, G. A. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 14, n. 2, p. 113, 1982.
8. ECHEVERRÍA-RODRÍGUEZ, O. et al. Angiotensin-(1–7) participates in enhanced skeletal muscle insulin sensitivity after a bout of exercise. **Journal of the Endocrine Society**, v. 4, n. 2, p. bvaa007, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1210/jendso/bvaa007>. Acesso em: 12 jan. 2026.
9. FERNÁNDEZ-CUEVAS, I. et al. Classification of factors influencing the use of infrared thermography in humans: a review. **Infrared Physics & Technology**, v. 71, p. 28–55, 2015.
10. FERREIRA, A. J. et al. Cardiovascular actions of angiotensin-(1–7). **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 38, n. 4, p. 499–507, 2005.
11. GONZÁLEZ-ALONSO, J. et al. Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. **Journal of Applied Physiology**, v. 86, n. 3, p. 1032–1039, 1999.

12. GRUMMT, M. et al. Rating of perceived exertion: a large cross-sectional study defining intensity levels for individual physical activity recommendations. **Sports Medicine – Open**, v. 10, n. 1, p. 71, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00729-1>. Acesso em: 12 jan. 2026.
13. HEARRIS, M. A. et al. Regulation of muscle glycogen metabolism during exercise: implications for endurance performance and training adaptations. **Nutrients**, v. 10, n. 3, p. 298, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nu10030298>. Acesso em: 12 jan. 2026.
14. HEITSCH, H. et al. Angiotensin-(1–7)-stimulated nitric oxide and superoxide release from endothelial cells. **Hypertension**, v. 37, n. 1, p. 72–76, 2001.
15. HEUBERGER, J. A. A. C. et al. Repeatability and predictive value of lactate threshold concepts in endurance sports. **PLOS ONE**, v. 13, n. 11, e0206846, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206846>. Acesso em: 12 jan. 2026.
16. KAERCHER, P. L. K. et al. Escala de percepção subjetiva de esforço de Borg como ferramenta de monitorização da intensidade de esforço físico. **RBPFE – Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 12, n. 80, p. 1180–1185, 2018.
17. LEE, S. et al. Physiological significance of elevated levels of lactate by exercise training in the brain and body. **Journal of Bioscience and Bioengineering**, v. 135, n. 3, p. 167–175, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2022.11.007>. Acesso em: 12 jan. 2026.
18. LOFTSSON, Thorsteinn; BREWSTER, Marcus E. Cyclodextrins as functional excipients: methods to enhance complexation efficiency. *Journal of pharmaceutical sciences*, v. 101, n. 9, p. 3019–3032, 2012.
19. LUCÍA, A. et al. Metabolic and neuromuscular adaptations to endurance training in professional cyclists: a longitudinal study. **The Japanese Journal of Physiology**, v. 50, n. 3, p. 381–388, 2000.
20. LULA, I. et al. Study of angiotensin-(1–7) vasoactive peptide and its β -cyclodextrin inclusion complexes: complete sequence-specific NMR assignments and structural studies. **Peptides**, v. 28, n. 11, p. 2199–2210, 2007.
21. MANDADZHIEV, N. The contemporary role of lactate in exercise physiology and exercise prescription – a review of the literature. **Folia Medica**, v. 67, n. 1, e144693, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/folmed.67.e144693>. Acesso em: 12 jan. 2026.
22. MARQUES, F. D. et al. An oral formulation of angiotensin-(1–7) produces cardioprotective effects in infarcted and isoproterenol-treated rats. **Hypertension**, v. 57, n. 3, p. 477–483, 2011.

23. MENDES, Adália Táci Pereira; MOURA, Samara Silva de. A formulação oral da HP β -CD-Angiotensina-(1-7) melhora o rendimento físico de atletas e praticantes de mountain bike (MTB) sem alterar parâmetros cardiovasculares. 2017.
24. MESSONNIER, L. A. et al. Lactate kinetics at the lactate threshold in trained and untrained men. **Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 11, p. 1593–1602, 2013.
25. MOURA, S. S. et al. *Efeito da formulação oral HP β CD-Angiotensina-(1-7) na lesão muscular e rendimento físico de atletas de mountain bike: um estudo crossover duplo-cego*. 2021. Trabalho (Mestrado em Saúde e Nutrição) — Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/13109>. Acesso em: 12 jan. 2026.
26. PALLARÉS, J. G.; MORÁN-NAVARRO, R.; ORTEGA, J. F.; FERNÁNDEZ-ELÍAS, V. E.; MORA-RODRÍGUEZ, R. Validity and reliability of ventilatory and blood lactate thresholds in well-trained cyclists. **PLoS One**, v. 11, n. 9, e0163389, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163389>.
27. PÉRIARD, J. D.; EIJSVOGELS, T. M. H.; DAANEN, H. A. M. Exercise under heat stress: thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. **Physiological Reviews**, v. 101, n. 4, p. 1873–1979, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1152/physrev.00038.2020>. Acesso em: 12 jan. 2026.
28. PINHEIRO, F. A.; VIANA, B.; PIRES, F. O. Percepção subjetiva de esforço como marcadora da duração tolerável de exercício. **Motricidade**, v. 10, n. 2, p. 100–106, 2014.
29. SAMPAIO, W. O. et al. Angiotensin-(1–7) through receptor Mas mediates endothelial nitric oxide synthase activation via Akt-dependent pathways. **Hypertension**, v. 49, n. 1, p. 185–192, 2007.
30. SANDERS, D. et al. A field-based cycling test to assess predictors of endurance performance and establishing training zones. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 34, n. 12, p. 3482–3488, 2020.
31. SANTOS, R. A. S. Angiotensin-(1–7). **Hypertension**, v. 63, n. 6, p. 1138–1147, 2014.
32. SANTOS, R. A. S. et al. The ACE2/Angiotensin-(1–7)/MAS axis of the renin–angiotensin system: focus on the heart and blood vessels. **Physiological Reviews**, v. 98, n. 1, p. 505–553, 2018.
33. SANTOS, R. A. S. et al. Angiotensin-(1–7) is an endogenous ligand for the G protein-coupled receptor Mas. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, n. 14, p. 8258–8263, 2003.

34. SANTOS, W. M. et al. Efeito do exercício máximo sobre os níveis de angiotensinas: comparação entre ciclistas de elite e sedentários. 2022.
35. SCHERR, J. et al. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. **European Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 1, p. 147–155, 2013.
36. SCHINDLER, C. et al. Role of the vasodilator peptide angiotensin-(1–7) in cardiovascular drug therapy. **Vascular Health and Risk Management**, v. 3, n. 1, p. 125–137, 2007.
37. SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA; SOCIEDADE BRASILEIRA DE MEDICINA DO EXERCÍCIO E DO ESPORTE. Atualização da diretriz em cardiologia do esporte e do exercício. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 112, n. 3, 2019. DOI: 10.5935/abc.20190048.
38. STØREN, Ø. et al. A time-saving method to assess power output at lactate threshold in well-trained and elite cyclists. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 28, n. 3, p. 622–629, 2014.
39. SZEJTLI, József. Past, present and future of cyclodextrin research. *Pure and Applied Chemistry*, v. 76, n. 10, p. 1825-1845, 2004
40. TUCKER, R. et al. The rate of heat storage mediates an anticipatory reduction in exercise intensity during cycling at a fixed rating of perceived exertion. **The Journal of Physiology**, v. 574, n. 3, p. 905–915, 2006.
41. WACKERHAGE, H. et al. Lactate thresholds and the simulation of human energy metabolism: contributions by the cologne sports medicine group in the 1970s and 1980s. **Frontiers in Physiology**, v. 13, p. 899670, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.899670>. Acesso em: 12 jan. 2026.
42. WANG, Q., Zhou, Y., Ghassemi, P., McBride, D., Casamento, J. P., & Pfefer, T. J. (2022). Infrared Thermography for Measuring Elevated Body Temperature: Clinical Accuracy, Calibration, and Evaluation. **Sensors**, 22(1), 215. <https://doi.org/10.3390/s22010215>.