

INSTITUTOS SUPERIORES DE ENSINO DO CENSA  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS E DA SAÚDE  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

**AVALIAÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA NA POTÊNCIA, DISTÂNCIA E  
FREQUÊNCIA CARDÍACA DE CICLISTAS EM UM TIME TRIAL DE 20 MINUTOS:  
ENSAIO DUPLO-CEGO, RANDOMIZADO E CONTROLADO POR PLACEBO**

**Por**

**Leonardo Rocha Rangel**

**Orientador: Anderson Pontes Morales**

**Campos dos Goytacazes/RJ**

**Dezembro / 2024**

## **Ficha Catalográfica**

Rocha, Leonardo Rangel

Avaliação da Suplementação de Cafeína na Potência, Distância e Frequência Cardíaca de Ciclistas Em Um Time Trial de 20 Minutos: Ensaio Duplo-Cego, Randomizado e Controlado Por Placebo / Leonardo Rocha Rangel. - Campos dos Goytacazes (RJ), 2024.

40 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Pontes Morales  
Graduação em (Educação Física) - Institutos Superiores de Ensino do CENSA, 2024.

1. Educação Física. 2. Cafeína. 3. Teste de FTP. I. Título.

CDD 615.507.24

Bibliotecária responsável Glauce Virgínia M. Régis CRB7 - 5799.  
Biblioteca Dom Bosco.



# INSTITUTOS SUPERIORES DE ENSINO DO CENSA

Instituto Superior de Educação do CENSA

Criado: SESJMEC Port. 187/2002 Reconhecimento nº 490/2006 Curso Normal Superior  
Reconhecimento nº 507/2006 Curso de Pedagogia

Instituto Tecnológico e das Ciências Sociais Aplicadas e da Saúde do CENSA

Criado: SESJMEC Port. 096/2002 Reconhecimento nº 4.211/2005 Curso de Administração  
Reconhecimento nº 223/2006 Curso de Fisioterapia  
Autorização nº 3116/2003 Curso de Engenharia de Produção  
Autorização nº 0096/2006 Curso de Arquitetura e Urbanismo  
Autorização nº 3119/2006 Curso de Psicologia


Rua Salvador Correa, 138 - Centro - Campos dos Goytacazes - RJ - 28035-310 - (22) 2726.2727 - www.ise-censa.edu.br

## CURSO DE GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA

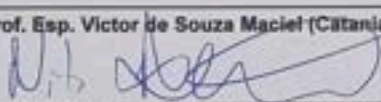
### ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA

No dia **03 de Dezembro de 2024**, nos Institutos Superiores de Ensino do Centro Educacional Nossa Senhora Auxiliadora, reuniu-se a Banca Examinadora de defesa de monografia do aluno **Leonardo Rocha Rangel** do Curso de graduação em **Educação Física**, intitulada: **"AVALIAÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA NA POTÊNCIA, DISTÂNCIA E FREQUÊNCIA CARDÍACA DE CICLISTAS EM UM TIME TRIAL DE 20 MINUTOS: ENSAIO DUPLO-CEGO, RANDOMIZADO E CONTROLADO POR PLACEBO"**.

A referida Banca Examinadora, constituída pelos professores **Anderson Pontes Morales** (Presidente), **Victor de Souza Maciel** e **Nilo Terra Arêas Neto** atribuiu as seguintes notas:


  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Anderson Pontes Morales (orientador/ISECENSA)

\_\_\_\_\_  
Prof. Esp. Victor de Souza Maciel (Catania Beach Soccer)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Nilo Terra Arêas Neto (ISECENSA)

**Média Final**

Campos dos Goytacazes, 03 de Dezembro de 2024.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Anderson Pontes Morales, Dr.  
Coordenador do Curso

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por me dar saúde e sabedoria, me possibilitando estar aqui passando por mais uma etapa da minha vida.

A Instituição e a todo corpo docente, pelos ensinamentos, oportunidades e orientações ao longo dessa caminhada acadêmica.

A todos meus amigos que fiz nesses quatro anos de curso, todos foram importantes nessa caminhada tornando-a mais leve e prazerosa.

Aos meus pais Cláudia Márcia, Robson Cleyton e Marcos Pinto, que foram a base para chegar até aqui.

Um agradecimento em especial para minha namorada Thais Pessanha, uma peça chave para realização desse curso, que me apoiou no momento em que decidi tomar outro rumo, saindo da engenharia para educação física, enquanto muitos julgavam.

Ao meu orientador Anderson Pontes Morales, é com muita admiração e carinho que gostaria de expressar meu agradecimento por tudo que você faz por mim e pela dedicação que deposita em suas aulas.

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**bpm** - Batimentos por Minuto

**CAF** - Cafeína

**CV** - Coeficiente de Variação

**FC** - Frequência Cardíaca

**FTP** - Functional Threshold Power

**IMC** - Índice de Massa Corporal

**mg/kg** - Miligramas por Quilograma

**PLA** - Placebo

**RCT** - Ensaio Clínico Randomizado (Randomized Clinical Trial)

**SD** - Desvio Padrão (Standard Deviation)

**SEM** - Erro Padrão da Média (Standard Error of the Mean)

**SNC** - Sistema Nervoso Central

**TT** - Time Trial

## Lista de Figuras

### CAPÍTULO 2: Artigo Científico

- Figura 1** – Balança eletrônica de precisão, marca: Bioprecisa, modelo: FA2104N.....p.23
- Figura 2** – Manipulação das cápsulas de cafeína e placebo no LAQUIBIO.....p.24
- Figura 3** – Cápsulas de CAF e PLA sorteadas e etiquetadas com nome e dia de cada voluntário.....p.25
- Figura 4** – Rolo de treinamento interativo, marca: Elite, modelo: Suito-T.....p.26
- Figura 5** – Cinta de Frequência Cardíaca, marca: Polar, modelo: H9.....p.26
- Figura 6** – Esquema da configuração utilizada para o TT.....p.27
- Figura 7** – Comparação da frequência cardíaca entre os ensaios experimentais com placebo (PLA) e cafeína (CAF). A cafeína resultou em um aumento significativo na FC ( $P < 0,05$ ). (\*) indica diferença estatisticamente significativa entre os ensaios.....p.29
- Figura 8** – Comparação da potência de saída entre os ensaios experimentais com placebo (PLA) e cafeína (CAF). Não houve diferença significativa entre os ensaios ( $P > 0,05$ ).....p.30
- Figura 9** – Comparação da distância máxima percorrida (km) entre os ciclistas nas condições placebo (PLA) e cafeína (CAF). Os dados são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. Não houve diferença significativa entre os ensaios ( $P > 0,05$ ) ..p.31
- Figura 10** – Distribuição das respostas dos participantes sobre a identificação da substância ingerida (cafeína ou placebo) .....p.32
- Figura 11** – Resposta ao Questionário: Avaliação de Efeitos Colaterais após o Uso de Cafeína.....p.33

## **LISTA DE QUADROS E TABELAS**

### **CAPÍTULO 2: Artigo científico**

<b>Tabela 1</b> - Protocolo do Time Trial adaptado do teste FTP de Allen, H., & Coggan, A. R. (2010).....	p.25
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------	------

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 1 - REVISÃO DA LITERATURA

1.1 Introdução à cafeína e seu papel na performance física .....	p. 09
1.2 Teste de FTP como medida de desempenho em ciclistas .....	p. 10
1.3 Determinação das zonas de treinamento e o teste de FTP .....	p. 11
1.4 Impacto da cafeína nos parâmetros fisiológicos e de performance durante o teste de FTP .....	p. 12
1.5 Influência da cafeína na percepção subjetiva de esforço durante o teste de FTP.....	p. 13
1.6 Considerações sobre dosagem e timing da ingestão de cafeína antes do teste de FTP.....	p. 14
1.7 Comparação entre estudos sobre os efeitos da cafeína em diferentes populações de ciclistas.....	p. 15
1.8 Conclusões e recomendações para a prática baseadas nas evidências da literatura sobre cafeína e teste de FTP em ciclistas .....	p. 16

### CAPÍTULO 2 - ARTIGO CIENTÍFICO

2.1 Introdução .....	p. 20
2.2 Metodologia .....	p. 22
2.2.1 Amostra .....	p. 22
2.2.1.1 Critérios de inclusão .....	p. 22
2.2.1.2 Critérios de exclusão .....	p. 22
2.2.2 Delineamento Experimental .....	p. 22
2.2.2.1 Protocolo do Time Trial .....	p. 25
2.2.3 Avaliação do Cegamento .....	p. 27
2.2.4 Questionário para Avaliação dos Efeitos Colaterais .....	p. 27
2.2.5 Análise Estatística .....	p. 28
2.3 Resultados .....	p. 29
2.3.1 Frequência Cardíaca .....	p. 29
2.3.2 Potência de Saída .....	p. 30
2.3.3 Distância Máxima Percorrida .....	p. 31
2.3.4 Eficácia do Cegamento .....	p. 32
2.3.5 Avaliação de Efeitos Colaterais após o Uso de Cafeína .....	p. 33



2.4 Discussão .....	p. 34
2.5 Conclusão .....	p. 37
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>p. 38</b>

## **CAPÍTULO 1: REVISÃO DA LITERATURA**

### **1.1 Introdução à cafeína e seu papel na performance física**

A cafeína, uma das substâncias psicoativas mais consumidas no mundo, é amplamente estudada devido aos seus potenciais efeitos ergogênicos no desempenho físico. Quimicamente, a cafeína é um alcaloide pertencente ao grupo das metilxantinas, com a fórmula molecular  $C_8H_{10}N_4O_2$ . Estruturalmente, é formada por um anel purínico com três grupos metila, o que lhe confere propriedades únicas, como a capacidade de atravessar rapidamente a barreira hematoencefálica e atuar diretamente no sistema nervoso central (Spriet, 2014). Essa característica explica sua ação como antagonista dos receptores de adenosina A1 e A2A, bloqueando os efeitos sedativos dessa molécula e promovendo maior estado de alerta e concentração (Cureus, 2022).

Suas fontes naturais incluem o café, amplamente consumido em todo o mundo em bebidas como café coado ou expresso, e o chá, presente em variedades como chá verde, preto e branco. Também é encontrada no guaraná, nativo da Amazônia, e na noz-de-cola, frequentemente usada em bebidas à base de cola. O cacau é outra fonte natural, sendo responsável pela presença de cafeína em chocolates e produtos derivados (CUREUS, 2022). Além das fontes naturais, a cafeína é um componente central de suplementos ergogênicos amplamente utilizados por atletas, disponíveis em formas concentradas, como cápsulas, pó ou bebidas energéticas.

Além disso vem se destacando no cenário esportivo devido à sua capacidade de modular o metabolismo energético. Durante o exercício, ela estimula a lipólise, aumentando a oxidação de ácidos graxos e poupando o glicogênio muscular. Essa característica a torna especialmente vantajosa para atividades de resistência prolongada, como ciclismo, corrida e triatlo, onde a eficiência metabólica é essencial para a manutenção do desempenho (JACKMAN et al., 1996; GRAHAM; SPRIET, 1995).

Desde que foi removida da lista de substâncias proibidas pela Agência Mundial Antidoping (WADA) em 2004, a cafeína tem sido amplamente utilizada como suplemento ergogênico por atletas de diferentes níveis, de amadores a profissionais. Sua aceitação e eficácia, comprovadas por uma extensa base de estudos, reforçam sua relevância no contexto esportivo (DEL COSO et al., 2011). Entretanto, pesquisas contínuas são necessárias para explorar suas aplicações em modalidades específicas e para compreender melhor os limites de sua segurança e eficácia, promovendo seu uso consciente e baseado em evidências científicas.

## **1.2 Teste de FTP como medida de desempenho em ciclistas**

O teste de Functional Threshold Power (FTP) é amplamente reconhecido como uma ferramenta essencial para avaliar o desempenho de ciclistas, especialmente em contextos de competição e treinamento de alto rendimento. Conforme descrito por Allen e Coggan (2010), o FTP representa a potência média máxima que um ciclista pode sustentar durante uma hora de esforço constante. Este indicador é fundamental para mensurar a capacidade aeróbica e a resistência muscular, oferecendo uma base sólida para ajustes nos programas de treinamento.

A metodologia do teste de FTP envolve, geralmente, um esforço contínuo de 20 minutos em condições controladas. A potência média produzida nesse período é ajustada por um fator de correção para estimar a intensidade que o atleta conseguiria manter durante uma hora completa (COGGAN; ALLEN, 2010). Esse protocolo simplificado permite maior acessibilidade para ciclistas amadores e profissionais, oferecendo resultados confiáveis para análise de desempenho.

De acordo com Cox et al. (2002), o FTP é amplamente utilizado como métrica objetiva para classificar atletas, identificar suas zonas de treinamento e monitorar sua evolução ao longo do tempo. Ele também desempenha um papel crucial na definição de estratégias de competições, permitindo aos ciclistas planejar esforços em provas de diferentes distâncias e níveis de dificuldade.

Outro ponto importante é o uso do FTP para determinar zonas de treinamento específicas, que ajudam a individualizar os estímulos e maximizar as adaptações fisiológicas (COGGAN; ALLEN, 2010). Estas zonas são frequentemente divididas em sete categorias que variam de recuperação ativa até esforços máximos, auxiliando atletas e treinadores a desenvolverem estratégias personalizadas de treinamento para atingir metas específicas.

A aplicabilidade do FTP não se restringe a contextos recreativos ou amadores. Estudos como os de Del Coso et al. (2011) destacam sua utilidade também entre ciclistas de elite, onde pequenas melhorias na potência de saída podem resultar em ganhos competitivos significativos. Essa versatilidade reforça a importância do FTP como ferramenta indispensável para análise e otimização do desempenho no ciclismo.

### **1.3 Determinação das zonas de Treinamento e o teste de FTP**

A determinação das zonas de treinamento é fundamental para o desenvolvimento eficaz e individualizado dos ciclistas, e o teste de FTP emerge como uma ferramenta valiosa nesse contexto. Segundo Coggan e Allen (2010), às zonas de treinamento baseadas no FTP permitem prescrever intensidades específicas de treino que visam otimizar o desempenho do ciclista e induzir adaptações fisiológicas relevantes. A partir do FTP, é possível estabelecer zonas de treinamento que representam diferentes níveis de intensidade, desde o treinamento leve até o máximo esforço.

No entanto, é importante ressaltar a necessidade de individualização das zonas de treinamento com base nas características fisiológicas e nos objetivos específicos de cada ciclista. Como apontado por Skiba (2014), às zonas de treinamento devem ser ajustadas de acordo com a capacidade aeróbica, a resposta cardiovascular e os limiares de tolerância ao esforço de cada indivíduo. Isso permite uma prescrição de treinamento mais precisa e adaptada às necessidades individuais de cada atleta.

Além disso, pesquisas indicam que o FTP correlaciona-se positivamente com indicadores de VO<sub>2</sub> máximo e eficiência metabólica, reforçando sua relevância como medida de desempenho aeróbico (LAMBERTH; LAMBERT, 2011), o acompanhamento regular da potência e da frequência cardíaca nas diferentes zonas de treinamento permite avaliar a eficácia do treinamento, identificar áreas de melhoria e ajustar o programa de treinamento conforme necessário.

Em resumo, as zonas de treinamento obtidas pelo teste de FTP desempenham um papel crucial no planejamento e na execução do treinamento de ciclistas. Essas zonas permitem uma prescrição individualizada e progressiva do treinamento, fornecendo uma base sólida para o desenvolvimento do desempenho atlético e a conquista de metas específicas de cada ciclista.

#### **1.4 Impacto da cafeína nos parâmetros fisiológicos e de performance durante o teste de FTP**

Durante um teste de FTP, a cafeína pode ter impacto em vários parâmetros fisiológicos, influenciando o desempenho do ciclista. Estudos mostraram que a cafeína pode aumentar a capacidade de resistência ao reduzir a percepção subjetiva de esforço (Grgic et al., 2018). Isso pode ser atribuído à capacidade da cafeína de atuar como um antagonista dos receptores de adenosina, o que diminui a sensação de fadiga e aumenta a tolerância ao esforço. Além disso, a cafeína demonstrou ter efeitos estimulantes sobre o sistema nervoso central, aumentando a vigilância e reduzindo a sensação de dor durante o exercício.

A cafeína também pode afetar o metabolismo de energia durante o exercício, aumentando a oxidação de ácidos graxos e poupando glicogênio muscular (Davis & Green, 2009). Isso pode ser benéfico durante um teste de FTP, onde a capacidade de manter uma alta intensidade por longos períodos depende da disponibilidade de energia. Além disso, a cafeína pode aumentar a frequência cardíaca e a pressão arterial, promovendo uma maior entrega de oxigênio aos músculos em atividade. No entanto, é importante notar que os efeitos da cafeína podem variar de pessoa para pessoa, e doses elevadas podem levar a efeitos colaterais indesejados, como nervosismo e irritabilidade (Grgic et al., 2018)

### **1.5 Influência da cafeína na percepção subjetiva de esforço durante o teste de FTP.**

A percepção subjetiva de esforço desempenha um papel crucial na capacidade do ciclista de manter uma intensidade de potência sustentável por longos períodos. Estudos têm investigado a influência da cafeína na percepção subjetiva de esforço durante o exercício, com resultados promissores. De acordo com Souza e Silva (2019), a cafeína exerce sua ação principalmente por meio da inibição competitiva dos receptores de adenosina, o que resulta em uma redução na percepção de fadiga e uma sensação de alerta aumentada.

Pesquisas realizadas por Cox et al. (2002) mostraram que a ingestão de cafeína antes do teste de FTP pode levar a uma diminuição significativa na percepção subjetiva de esforço. Os ciclistas que receberam cafeína relataram uma sensação de menor esforço percebido durante o teste em comparação com aqueles que receberam placebo. Isso sugere que a cafeína pode ajudar os ciclistas a suportar uma intensidade de potência maior durante o teste, ao mesmo tempo em que percebem menos esforço.

Além disso, a cafeína também pode influenciar a percepção de dor durante o exercício. Estudos têm demonstrado que a cafeína possui propriedades analgésicas que podem reduzir a sensação de dor muscular durante o teste de FTP (Ganio et al., 2009). Isso pode ser especialmente benéfico para os ciclistas, pois uma percepção reduzida de dor pode permitir que eles suportem uma intensidade de potência maior por um período prolongado.

Portanto, a cafeína pode desempenhar um papel importante na redução da percepção subjetiva de esforço durante o teste de FTP, o que pode levar a um desempenho aprimorado e uma capacidade aumentada de sustentar uma intensidade de potência alta por mais tempo. No entanto, é importante considerar a individualidade biológica de cada ciclista e realizar testes de tolerância à cafeína para determinar a dosagem e o timing ideais que proporcionam benefícios sem causar efeitos colaterais indesejados.

## **1.6 Considerações sobre dosagem e timing da ingestão de cafeína antes do teste de FTP.**

A dosagem e o momento da ingestão de cafeína são fatores críticos para maximizar os benefícios ergogênicos durante o teste de FTP (*Functional Threshold Power*). Estudos indicam que doses moderadas de cafeína, na faixa de 3 a 6 mg/kg de peso corporal, são geralmente eficazes para melhorar o desempenho em exercícios de resistência, otimizando o equilíbrio entre benefícios e efeitos colaterais potenciais (GOLDSTEIN et al., 2010; GRAHAM; SPRIET, 1995). Por outro lado, doses superiores a 9 mg/kg não demonstram benefícios adicionais e estão associadas a um maior risco de reações adversas, como tremores, insônia e irritabilidade (JACKMAN et al., 1996).

O momento da administração da cafeína também desempenha um papel fundamental em seu impacto no desempenho. A substância atinge seu pico de concentração plasmática entre 30 e 60 minutos após a ingestão, período em que seus efeitos sobre o sistema nervoso central e o metabolismo energético são mais pronunciados (SPRIET, 2014). Por isso, recomenda-se que a ingestão ocorra dentro desse intervalo antes do início do teste de FTP, permitindo que o ciclista comece o exercício em um estado fisiológico ideal para o esforço prolongado.

Além das questões relacionadas à dose e ao timing, a individualidade biológica deve ser cuidadosamente considerada. Diferenças genéticas, como variações nos genes que regulam a metabolização da cafeína (por exemplo, o gene CYP1A2), podem influenciar significativamente a resposta de cada indivíduo à substância (PICKERING; KIELY, 2018). Enquanto alguns atletas experimentam uma melhora notável no desempenho, outros podem sofrer com desconfortos físicos que afetam negativamente sua performance.

Para minimizar riscos e garantir o uso eficaz da cafeína, é fortemente recomendado que os ciclistas realizem testes de tolerância em contextos de treino, ajustando a dose às suas características individuais e monitorando possíveis efeitos colaterais. Essa abordagem personalizada é particularmente importante, pois a suplementação inadequada pode não apenas prejudicar o desempenho, mas também comprometer a segurança do atleta.

## **1.7 Comparação entre estudos sobre os efeitos da cafeína em diferentes populações de ciclistas.**

A pesquisa sobre os efeitos da cafeína em diferentes populações de ciclistas tem gerado resultados variados, destacando a complexidade dessa substância e sua interação com fatores individuais. Estudos têm comparado os efeitos da cafeína em ciclistas de diferentes níveis de treinamento, idades e sexo, fornecendo insights importantes sobre sua eficácia e aplicabilidade em diferentes contextos.

Em um estudo realizado por Higgins et al. (2016), ciclistas de elite foram submetidos a uma intervenção com cafeína antes de um teste de FTP, demonstrando melhorias significativas no desempenho em comparação com um grupo controle. Esses resultados sugerem que a cafeína pode ser particularmente eficaz em atletas altamente treinados, onde pequenos ganhos de desempenho podem fazer uma grande diferença competitiva.

No entanto, pesquisas também têm investigado os efeitos da cafeína em populações de ciclistas recreativos e amadores. Um estudo conduzido por Smith et al. (2018) avaliou os efeitos da cafeína em ciclistas recreativos durante um teste de FTP, observando melhorias modestas no desempenho em comparação com o grupo controle. Embora os ganhos de desempenho possam não ser tão pronunciados quanto em atletas de elite, a cafeína ainda pode oferecer benefícios significativos para ciclistas recreativos, especialmente quando combinada com um treinamento adequado.

Além disso, têm-se investigado os efeitos da cafeína em diferentes faixas etárias e sexos. Pesquisas realizadas por Graham (1995) observaram que ciclistas mais jovens tendem a experimentar maiores melhorias no desempenho com a cafeína, em comparação com ciclistas mais velhos. Da mesma forma, outros estudos indicam que os efeitos da cafeína podem variar entre homens e mulheres, com algumas evidências sugerindo que as mulheres podem ser menos sensíveis aos efeitos ergogênicos da substância, como destacado por Collomp et al. (1991).



Em resumo, a pesquisa sobre os efeitos da cafeína em diferentes populações de ciclistas têm fornecido uma visão abrangente sobre sua eficácia e aplicabilidade em diversos contextos. Embora atletas de elite possam se beneficiar de ganhos de desempenho mais pronunciados, a cafeína ainda pode oferecer benefícios significativos para ciclistas recreativos e amadores, independentemente da idade e sexo. No entanto, é importante considerar a individualidade biológica de cada ciclista ao interpretar os resultados e prescrever a dosagem e o timing ideais da ingestão de cafeína.

### **1.8 Conclusões e recomendações para a prática baseadas nas evidências da literatura sobre cafeína e teste de FTP em ciclistas.**

Após uma revisão abrangente da literatura sobre o impacto da cafeína no teste de FTP e sua relação com a performance e parâmetros fisiológicos, é evidente que a cafeína desempenha um papel significativo no desempenho dos ciclistas durante esse tipo de teste. Vários estudos destacam a capacidade da cafeína de melhorar a resistência muscular e aumentar a capacidade de sustentar uma intensidade de potência maior por períodos prolongados (Ganio et al., 2009; Cox et al., 2002).

Os efeitos fisiológicos da cafeína durante o exercício foram bem documentados na literatura. A cafeína atua como um antagonista dos receptores de adenosina, reduzindo a percepção subjetiva de esforço e aumentando a atividade do sistema nervoso central, promovendo uma sensação de alerta e reduzindo a fadiga percebida durante o exercício (Graham, 2001; Davis & Green, 2009). Estudos também demonstraram que a cafeína pode modular o metabolismo energético celular, aumentando a oxidação de ácidos graxos e poupando glicogênio muscular (Ganio et al., 2009).

Essas descobertas têm implicações importantes para ciclistas que buscam melhorar seu desempenho durante o teste de FTP e outras atividades de resistência. No entanto, é crucial considerar a individualidade biológica ao prescrever estratégias de suplementação com cafeína. A sensibilidade individual à cafeína, a dosagem e o timing da ingestão podem variar entre os indivíduos e devem ser levados em consideração para otimizar os benefícios e minimizar os efeitos colaterais (Higgins et al., 2016; Pickering & Kiely, 2018).

Em suma, com base na revisão bibliográfica realizada, é possível concluir que a cafeína pode ser uma ferramenta valiosa para otimizar o desempenho dos ciclistas durante o teste de FTP, desde que seja utilizada de forma personalizada e baseada em evidências científicas.

## **CAPÍTULO 2: ARTIGO CIENTÍFICO**

### **AVALIAÇÃO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA NA POTÊNCIA, DISTÂNCIA E FREQUÊNCIA CARDÍACA DE CICLISTAS EM UM TIME TRIAL DE 20 MINUTOS: ENSAIO DUPLO-CEGO, RANDOMIZADO E CONTROLADO POR PLACEBO**

**Por**

**Leonardo Rocha Rangel**

**Orientador: Anderson Pontes Morales**

**Campos dos Goytacazes/RJ**

**Dezembro / 2024**

## RESUMO

**Introdução:** A cafeína é uma substância amplamente estudada devido aos seus potenciais efeitos ergogênicos no desempenho físico. O Time Trial (TT) de 20 minutos, por sua vez, é uma ferramenta fundamental na avaliação do desempenho de ciclistas, fornecendo insights sobre a capacidade aeróbica e a resistência muscular desses atletas. **Objetivo:** Verificar se há influência da suplementação aguda de cafeína (6 mg/kg) na potência, distância e frequência cardíaca de ciclistas amadores durante um teste de Time Trial (TT) de 20 minutos. **Metodologia:** Participaram oito ciclistas amadores em um ensaio clínico randomizado, cruzado, duplo-cego e controlado por placebo. Cada participante realizou duas sessões de TT em um rolo de treino interativo, com monitoramento da frequência cardíaca, separadas por um washout de uma semana. **Resultados:** Indicaram um aumento estatisticamente significativo na frequência cardíaca média durante o ensaio com cafeína em relação ao placebo ( $P = 0,0403$ ) variando 4,375 bpm, enquanto não foram observadas diferenças estatisticamente significativas na potência e na distância percorrida ( $P > 0,05$ ) cerca de 5,625 watts, embora houvesse uma tendência de aumento de potência com cafeína. Além disso, o cegamento não foi completamente eficaz, e alguns participantes relataram efeitos colaterais como aceleração cardíaca e agitação, indicando uma resposta variável à suplementação. **Conclusão:** Concluímos que a cafeína aumentou a frequência cardíaca dos ciclistas durante o exercício, mas sem impacto significativo em potência e distância.

**Palavras-chave:** Cafeína, endurance, teste de FTP

## ABSTRACT

**Introduction:** Caffeine is a widely studied substance due to its potential ergogenic effects on physical performance. The 20-minute Time Trial (TT) is a fundamental tool in assessing cyclists' performance, providing insights into their aerobic capacity and muscular endurance. **Objective:** To verify whether acute caffeine supplementation (6 mg/kg) influences power output, distance, and heart rate in amateur cyclists during a 20-minute Time Trial (TT). **Methodology:** Eight amateur cyclists participated in a randomized, crossover, double-blind, placebo-controlled clinical trial. Each participant completed two TT sessions on an interactive training roller, with heart rate monitoring, separated by a one-week washout period. **Results:** The results indicated a statistically significant increase in average heart rate during the caffeine trial compared to placebo ( $P = 0.0403$ ), with an increase of 4.375 bpm, while no statistically significant differences were observed in power output and distance ( $P > 0.05$ ) with an increase of about 5.625 watts, although there was a trend towards increased power output with caffeine. Additionally, the blinding was not fully effective, and some participants reported side effects such as increased heart rate and agitation, indicating a variable response to supplementation. **Conclusion:** We concluded that caffeine increased the heart rate of cyclists during exercise but had no significant impact on power output and distance.

**Keywords:** Caffeine, endurance, FTP test.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A cafeína é a substância psicoativa mais consumida no mundo, presente em diversas bebidas e alimentos, como café, chá, refrigerantes e chocolates, além de suplementos energéticos e esportivos (Temple et al., 2017). Seus efeitos estimulantes no sistema nervoso central são amplamente conhecidos e estudados. Classificada como uma metilxantina, a cafeína age bloqueando os receptores de adenosina A1 e A2A no cérebro, reduzindo os efeitos sedativos da adenosina e promovendo maior estado de alerta, aumento da concentração e melhora na percepção de esforço (CUREUS, 2022; HARVARD T.H. CHAN SCHOOL OF PUBLIC HEALTH, 2022). Sua absorção rápida pelo trato gastrointestinal, atingindo picos plasmáticos entre 30 e 60 minutos após a ingestão, potencializa sua eficácia para atividades que demandam desempenho físico e mental (HARVARD T.H. CHAN SCHOOL OF PUBLIC HEALTH, 2022). Além disso, o bloqueio dos receptores de adenosina pela cafeína modula neurotransmissores como dopamina e serotonina, intensificando os efeitos estimulantes e diminuindo a percepção de fadiga (TEMPLE et al., 2017).

Os efeitos da cafeína no organismo variam de acordo com a dosagem consumida. Em doses moderadas, entre 3-6 mg/kg, a cafeína estimula a liberação de catecolaminas, como adrenalina e noradrenalina, promovendo maior estado de alerta, redução da fadiga e aumento da frequência cardíaca, além de favorecer o metabolismo energético (Graham & Spriet, 1995; Jackman et al., 1996). Durante o exercício, essas dosagens também intensificam a lipólise, aumentando a mobilização de ácidos graxos livres e poupando o glicogênio muscular, fatores que contribuem para melhorar o desempenho em atividades de resistência (Graham & Spriet, 1991). No entanto, doses mais elevadas, acima de 9 mg/kg, estão associadas a efeitos adversos, como nervosismo, insônia e tremores, que podem comprometer o desempenho físico (Benowitz et al., 1995).

Desde que a cafeína foi retirada da lista de substâncias proibidas pela Agência Mundial Antidoping (WADA) em 2004, seu uso como recurso ergogênico tornou-se amplamente difundido. Em uma análise de amostras de urina de 20.686 atletas de elite, constatou-se que 73,8% dos participantes consumiram cafeína antes

ou durante a competição, evidenciando sua popularidade em modalidades de resistência, como triatlo e ciclismo (Del Coso et al., 2011). Além de seu consumo tradicional em bebidas como café e chá, a cafeína também é amplamente utilizada em suplementos esportivos, géis e cápsulas para potencializar a resistência e reduzir a percepção de esforço (Harvard T.H. Chan, 2022). Esses benefícios, associados à sua capacidade de melhorar o estado de alerta e prolongar o desempenho, consolidam a cafeína como uma das substâncias ergogênicas mais utilizadas no esporte, tanto por atletas amadores quanto profissionais.

O teste de Functional Threshold Power (FTP) é amplamente reconhecido como uma ferramenta essencial na avaliação do desempenho e na definição das zonas de treinamento para ciclistas (Allen & Coggan, 2010). Representando a potência média máxima que um ciclista pode sustentar por uma hora de esforço contínuo, o FTP é uma medida robusta da capacidade aeróbica e da resistência muscular, aspectos fundamentais para o treinamento e desempenho em provas de longa duração. A execução do teste geralmente envolve um esforço controlado de 20 minutos, com os resultados ajustados para estimar a potência de uma hora, permitindo um equilíbrio entre precisão e praticidade (Cox et al., 2002).

Recentemente, a cafeína tem ganhado destaque como recurso ergogênico para melhorar o desempenho durante o teste de FTP. Sua capacidade de modular o metabolismo energético, aumentar o estado de alerta e reduzir a percepção de esforço são características que podem influenciar diretamente a performance de ciclistas em testes de alta intensidade. Estudos sugerem que, ao reduzir a fadiga percebida, a cafeína pode permitir que os atletas mantenham potências mais altas por períodos prolongados, otimizando o desempenho tanto em contextos de treino quanto de competição (Goldstein et al., 2010; Ribeiro et al., 2016). Essa interação entre a suplementação com cafeína e o FTP reforça a relevância de explorar os benefícios da substância em protocolos específicos para atletas.

Este estudo visa investigar os efeitos agudos da ingestão de cafeína no desempenho e nos parâmetros fisiológicos de ciclistas amadores durante um Time Trial (TT) de 20 minutos, o qual se assemelha com os dados procurados no teste de

FTP. A compreensão desses efeitos pode fornecer insights importantes para a prática de treinamento e aprimoramento do desempenho de ciclistas amadores.

## **2.2 METODOLOGIA**

### **2.2.1 Amostra**

A amostra foi composta por 8 ciclistas amadores do sexo masculino, cujos valores médios e desvios padrão foram calculados para diversas variáveis relevantes. A idade média dos participantes foi de  $29,75 \pm 9,48$  anos. A massa corporal média foi de  $76,46 \pm 11,00$  kg. A dose média de cafeína utilizada no experimento foi de  $458,75 \pm 66,00$  mg. A estatura média dos ciclistas foi de  $1,79 \pm 0,06$  metros, e o IMC médio foi de  $23,76 \pm 2,69$  kg/m<sup>2</sup>. Além disso, todos os indivíduos foram orientados a evitarem o consumo de alimentos à base de cafeína por um período de 24h antes dos testes e que não realizassem exercícios 24h antes dos dias experimentais.

#### **2.2.1.2 Critérios de Inclusão:**

Indivíduos com um tempo mínimo de seis meses de treinamento nas modalidades de ciclismo e com frequência semanal de pelo menos 2 vezes na semana.

#### **2.2.1.3 Critérios de Exclusão:**

Indivíduos que possuam histórico de hipertensão arterial, gastrite e lesão músculo-tendínea nas articulações do quadril, joelhos e tornozelos.

### **2.2.2 Delineamento Experimental:**

Foi realizado um ensaio clínico randomizado, cruzado duplo-cego, placebo controlado, de forma que cada voluntário realizou duas sessões do TT de acordo com os seguintes procedimentos: Cafeína (CAF) e Placebo (PLA). As duas sessões foram separadas por um *washout* de 1 semana.

Nos dias das sessões, os voluntários foram submetidos ao TT, o qual consiste em um aquecimento de 5 minutos livre e 20 minutos de esforço máximo. Foram fornecidos aos participantes cápsulas idênticas contendo 6 mg de cafeína por quilograma de peso corporal ou placebo, que foram previamente manipuladas após a pesagem dos voluntários, no laboratório de bioquímica (LAQUIBIO) no Institutos Superiores de Ensino do CENSA, a balança e a manipulação das cápsulas pode ser vista nas figuras 1 e 2 respectivamente, e posteriormente os voluntários foram orientados a ingerir a cápsula 1 hora antes do teste (RIBEIRO et al., 2016). A ordem de tratamento (CAF ou PLA) foi sorteada entre os participantes e etiquetadas com nome e dia de cada um de acordo com a figura 3.



**Figura 1:** Balança eletrônica de precisão, marca: Bioprecisa, Modelo: FA2104N. Fonte: próprio autor.





**Figura 2.** Manipulação das cápsulas de cafeína e placebo no LAQUIBIO. Fonte: próprio autor.



**Figura 3.** Cápsulas de CAF e PLA sorteadas e etiquetadas com nome e dia de cada voluntário.  
Fonte: próprio autor.

O estudo foi desenvolvido em Studio de Bike Fit, com ambiente controlado, em Campos dos Goytacazes/RJ. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa Institutos Superiores de Ensino do CENSA, e todos os voluntários participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

### 2.2.2.1 Protocolo do Time Trial

Segundo Allen & Coggan (2010) o teste de FTP envolve um protocolo específico, consistindo em um esforço contínuo de 20 minutos em condições controladas. Durante esse período, o ciclista deve manter uma intensidade máxima sustentável, sem ultrapassar seus limites anaeróbios. Ao final do teste, a potência média produzida é determinada e utilizada para estimar o FTP, como o teste tem duração de 20 minutos é aplicado um fator de correção de  $\times 0.95$ . Entretanto para o estudo em questão não será aplicado o fator de correção, uma vez que os valores analisados serão as médias após o término do TT.

A tabela a seguir apresenta o protocolo utilizado para a execução do TT, baseado no protocolo de FTP de Allen & Coggan (2010).

	Tempo	Descrição
Aquecimento	5 min	Leve / Livre
Teste de FTP	20 min	Contra relógio

**Tabela 1:** Protocolo do Time Trial adaptado do teste FTP de Allen, H., & Coggan, A. R. (2010).

Para a realização do teste foi utilizado o Rolo de treinamento inteligente da marca ELITE, o qual anexa as bicicletas dos participantes, evitando assim que cause desconforto por conta do equipamento, além de variáveis externas, como vento, desníveis na pista e trânsito. Além disso, para o monitoramento da frequência cardíaca, foi utilizado uma cinta cardíaca da marca Polar, ambos equipamentos podem ser vistos pela figura 4 e 5 respectivamente.



**Figura 4:** Rolo de treinamento interativo, marca: Elite, modelo: Suito-T.



**Figura 5:** Cinta de Frequência Cardíaca, marca: Polar, modelo: H9.

Para a execução do TT o rolo e a cinta cardíaca são sincronizados via bluetooth com um computador que através da plataforma Swift é possível a obtenção da potência aplicada em tempo real do atleta, bem como velocidade, distância e frequência cardíaca, e ao término da sessão serão obtidos as médias dos resultados. A figura 6 apresenta um esquema da configuração utilizada em todas as sessões dos testes.



**Figura 6:** Esquema da configuração utilizada para o TT. Fonte: próprio autor.

### **2.2.3 Avaliação do Cegamento**

A eficácia do cegamento pós-exercício foi testada ao solicitar que os participantes identificassem ou não o suplemento ingerido. A pergunta para identificação foi a seguinte: “Qual suplemento você acha que ingeriu?” e as respostas possíveis são: cafeína; placebo; não sabe.

### **2.2.4 Questionário para Avaliação dos Efeitos Colaterais**

Já com relação à avaliação dos efeitos colaterais foi aplicado um questionário com cinco questões ao término das duas sessões, às perguntas e alternativas de respostas utilizadas foram as seguintes:

1. Você percebeu algum efeito colateral imediato após a ingestão da cápsula de cafeína?

Resposta: sim / não.

2. Caso tenha percebido efeitos colaterais, qual foi a intensidade desses efeitos?

Resposta:: Leve / Moderada / Intensa / Não percebi efeitos.

3. Você experimentou algum dos seguintes sintomas após a ingestão da cafeína?

Resposta:: Aceleração dos batimentos cardíacos / Agitação ou nervosismo / Dor de cabeça / Tontura / Náusea / Não percebi sintomas.

4. Quanto tempo após a ingestão da cápsula você começou a sentir os efeitos colaterais?

Resposta:: Imediatamente / Entre 5 a 10 minutos / Entre 10 a 20 minutos / Mais de 20 minutos / Não percebi efeitos.

5. Os efeitos colaterais afetaram seu desempenho no exercício?

Resposta:: Sim, negativamente / Sim, positivamente / Não afetou / Não percebi efeitos.

### **2.2.5 Análise Estatística**

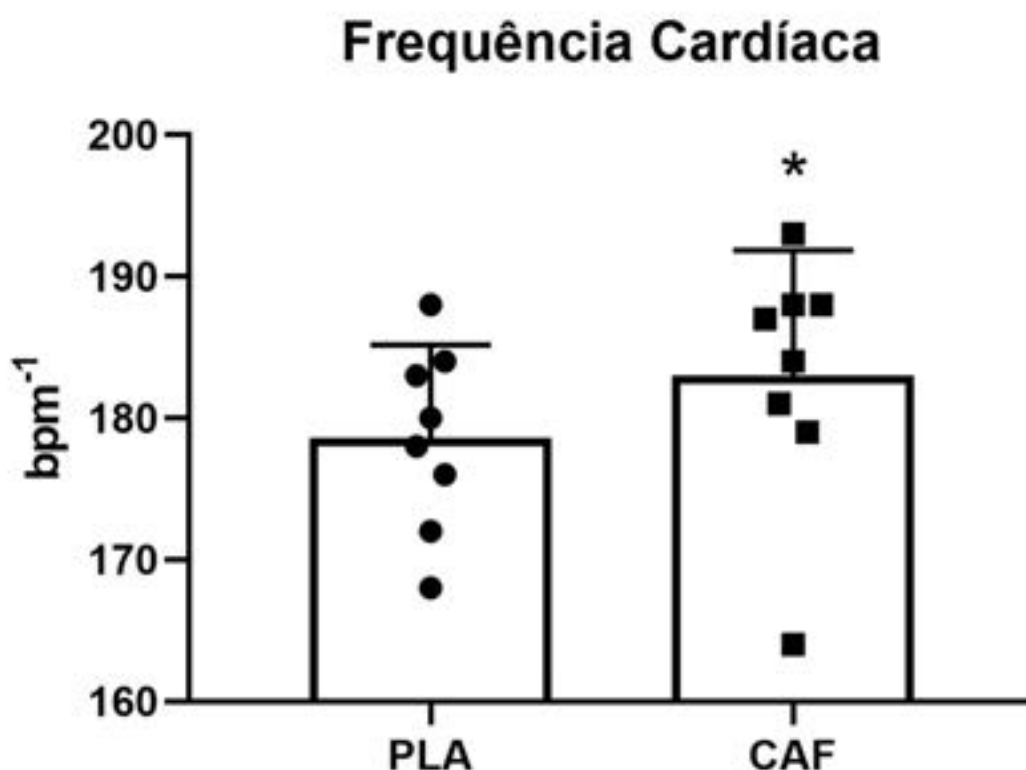
Os dados foram analisados utilizando o software GraphPad Prism, e todas as variáveis foram verificadas quanto à normalidade através do teste de Shapiro-Wilk. As comparações entre os ensaios experimentais com placebo (PLA) e cafeína (CAF) foram realizadas por meio de um teste *t* pareado bilateral, com nível de significância estabelecido em  $P < 0,05$ . As diferenças médias entre os ensaios foram reportadas juntamente com os intervalos de confiança de 95%, bem como o desvio padrão (SD) e o erro padrão da média (SEM).

Além disso, o tamanho do efeito foi calculado utilizando o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), também conhecido como eta quadrado parcial, para determinar a magnitude das diferenças observadas entre os ensaios experimentais. O coeficiente de variação (CV) foi utilizado para analisar a dispersão dos dados em relação à média, fornecendo uma medida adicional da variabilidade dentro de cada grupo. Todos os dados são apresentados em média  $\pm$  desvio padrão (SD), e os gráficos foram confeccionados com barras de erro representando o SEM.

## 2.3 RESULTADOS

### 2.3.1 Frequência Cardíaca

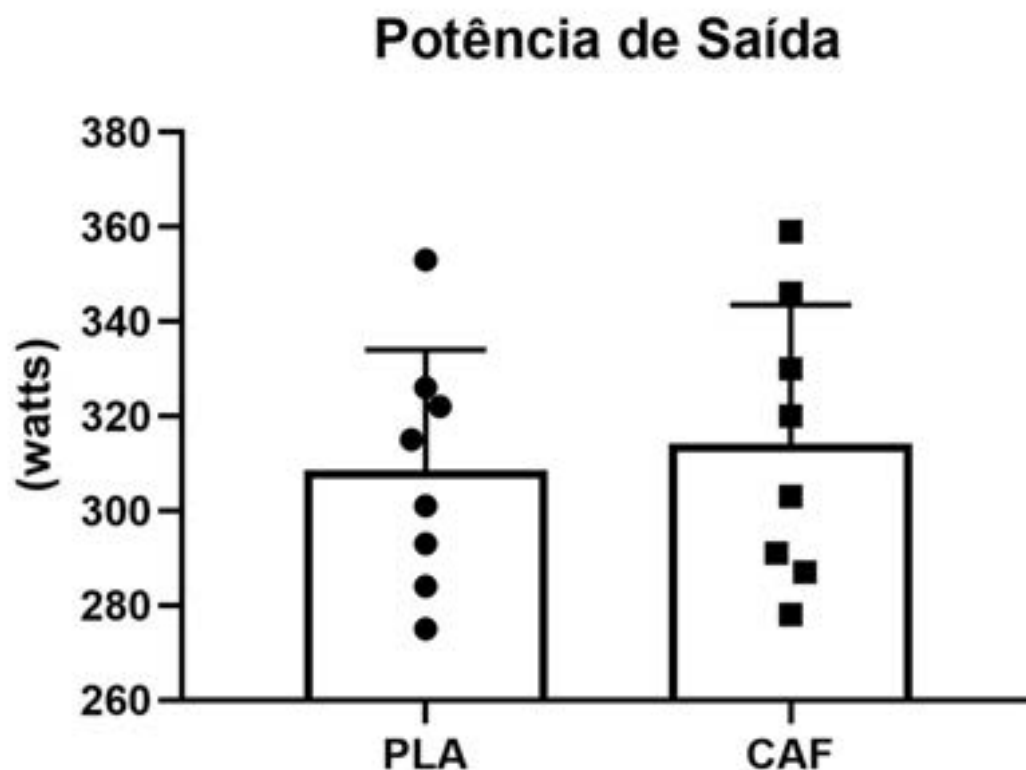
A análise da frequência cardíaca (FC) dos ciclistas demonstrou uma diferença significativa entre os ensaios experimentais que receberam placebo (PLA) e cafeína (CAF). Os valores médios da FC foram maiores no ensaio com cafeína em comparação ao placebo. O teste *t* pareado revelou um valor de *P* de 0,0403, indicando uma diferença estatisticamente significativa ( $P < 0,05$ ). A média das diferenças foi de 4,375 bpm, com um desvio padrão de 4,926 bpm, e um erro padrão da média (SEM) de 1,742 bpm. O intervalo de confiança de 95% variou de 0,2566 a 8,493 bpm, sugerindo que a ingestão de cafeína aumentou significativamente a frequência cardíaca dos ciclistas durante o teste.



**Figura 7** – Comparação da frequência cardíaca entre os ensaios experimentais com placebo (PLA) e cafeína (CAF). A cafeína resultou em um aumento significativo na FC ( $P < 0,05$ ). (\*) indica diferença estatisticamente significativa entre os ensaios.

### 2.3.2 Potência de Saída

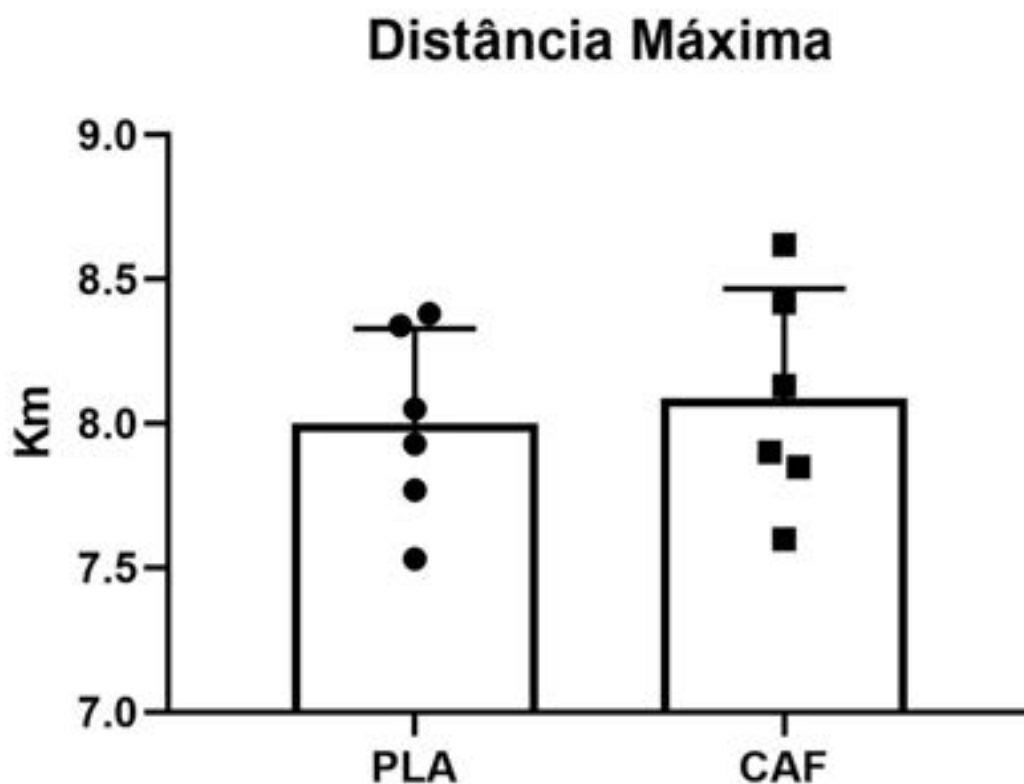
Em relação à potência de saída, não foi observada diferença significativa entre os ensaios experimentais que receberam placebo e cafeína. O teste  $t$  pareado apresentou um  $P$  valor de 0,1046, indicando que a diferença entre os dois ensaios não foi estatisticamente significativa. A média das diferenças foi de 5,625 watts, com um desvio padrão de 8,535 watts, e um erro padrão da média (SEM) de 3,017 watts. O intervalo de confiança de 95% variou de -1,510 a 12,76 watts, indicando uma tendência de aumento na potência de saída no ensaio com cafeína, embora sem significância estatística.



**Figura 8** – Comparação da potência de saída entre os ensaios experimentais com placebo (PLA) e cafeína (CAF). Não houve diferença significativa entre os ensaios ( $P > 0,05$ ).

### 2.3.3 Distância Máxima Percorrida

A distância máxima percorrida pelos ciclistas foi medida durante os ensaios experimentais sob as condições PLA (placebo) e CAF (caféina). Os valores médios de distância percorrida nos ensaios PLA foram de aproximadamente 8.0 km, enquanto nos ensaios CAF a média foi ligeiramente superior, em torno de 8.1 km. A análise não indica uma diferença significativa entre as condições, apesar de uma leve tendência de maior distância no ensaio com consumo de caféina. A figura ilustra os dados de ambos os ensaios, mostrando as médias e a dispersão dos valores individuais.

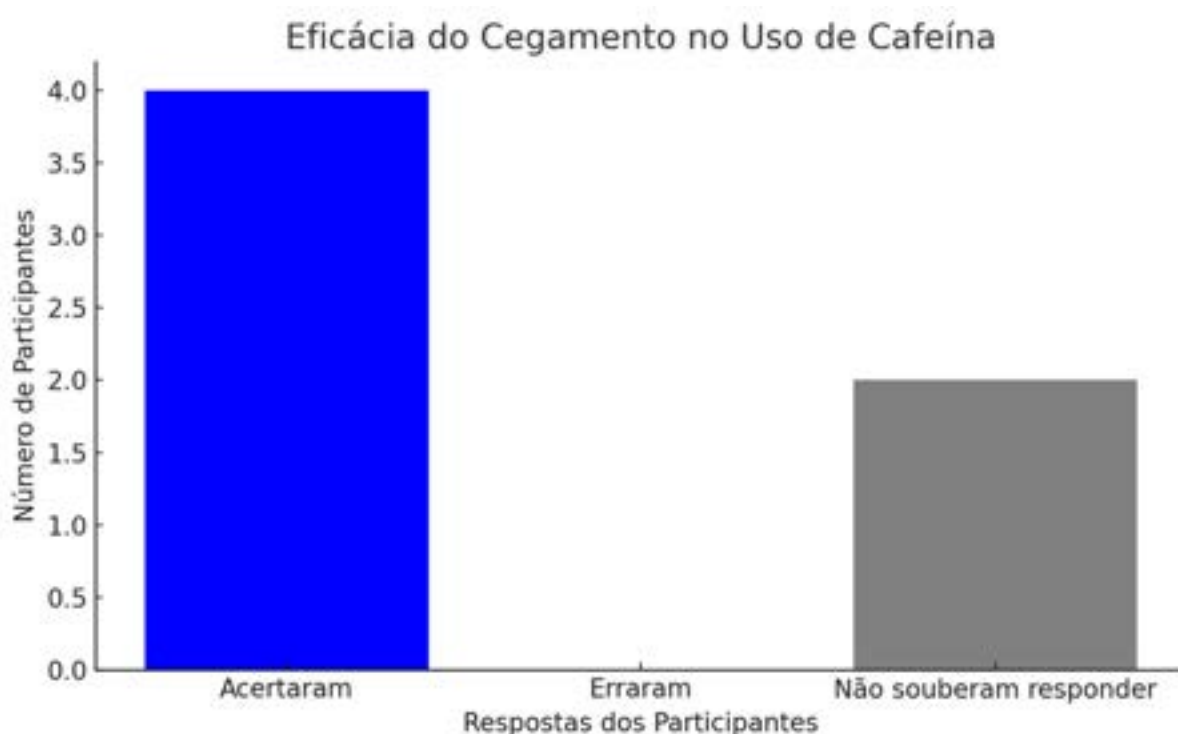


**Figura 9** - Comparação da distância máxima percorrida (km) entre os ciclistas nas condições placebo (PLA) e caféina (CAF). Os dados são apresentados como média  $\pm$  desvio padrão. Não houve diferença significativa entre os ensaios ( $P > 0,05$ ).



### 2.3.4 Eficácia Do Cegamento

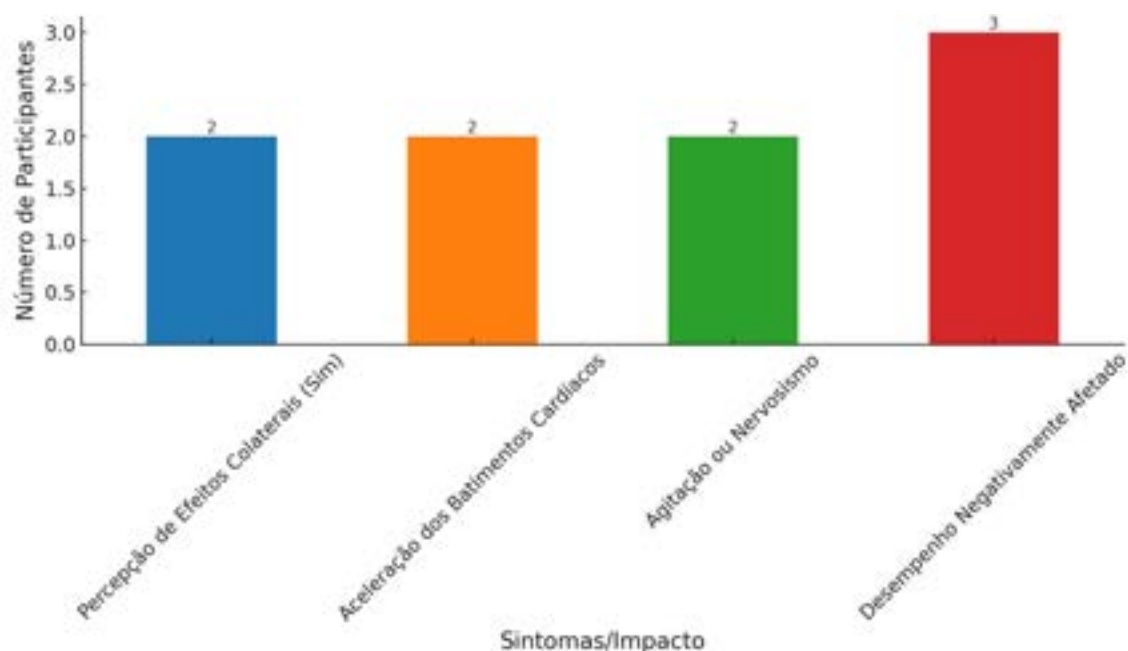
A eficácia do cegamento foi avaliada para verificar se os participantes conseguiram identificar corretamente se estavam sob efeito de cafeína ou placebo. Dos participantes, 4 acertaram corretamente que consumiram cafeína, 0 erraram, e 2 relataram não saber responder. Esses resultados sugerem que o cegamento não foi totalmente eficaz, uma vez que uma parcela significativa dos participantes conseguiu identificar corretamente a condição à qual estavam submetidos.



**Figura 10** - Distribuição das respostas dos participantes sobre a identificação da substância ingerida (cafeína ou placebo).

### 2.3.5 Avaliação de Efeitos Colaterais após o Uso de Cafeína

A Figura 11 ilustra os resultados do questionário sobre os efeitos colaterais após o uso de cafeína em um grupo de participantes. Entre os respondentes, dois relataram a percepção de efeitos colaterais. Os sintomas mais prevalentes foram a aceleração dos batimentos cardíacos, também relatada por dois participantes, e a agitação ou nervosismo, relatada por um participante. Quanto ao impacto no desempenho, três participantes indicaram que o uso de cafeína prejudicou sua performance durante o exercício. Esses dados sugerem que, embora nem todos os participantes tenham experimentado efeitos colaterais visíveis, os que os relataram também observaram uma influência negativa no desempenho, reforçando a importância de monitorar a resposta individual à cafeína em atividades físicas.



**Figura 11** - Resposta ao Questionário: Avaliação de Efeitos Colaterais após o Uso de Cafeína

## 2.4 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo fornecem importantes insights sobre os efeitos da cafeína no desempenho de ciclistas amadores. Primeiramente, em relação à frequência cardíaca (FC) o artigo de Graham e Spriet (1995) explora os efeitos da cafeína no desempenho físico, destacando seu impacto no metabolismo, na performance de resistência e nos parâmetros cardiovasculares, como a frequência cardíaca (FC). A ingestão de doses de cafeína, especialmente moderadas a altas (acima de 3 mg/kg), mostrou aumentar significativamente os níveis de catecolaminas no plasma, como epinefrina (adrenalina). Essa elevação promove uma maior estimulação do sistema nervoso central e periférico, resultando em aumentos na FC tanto em repouso quanto durante o exercício.

A presente pesquisa indicou um aumento estatisticamente significativo nos ensaios com cafeína em comparação ao placebo, com valores médios de 4,375 bpm a mais no ensaio com cafeína, corroborando com Graham e Spriet (1995). Além disso, sugerem que esse aumento na FC está ligado ao papel ergogênico da cafeína, que inclui a intensificação da prontidão fisiológica e a ativação muscular. No entanto, eles ressaltam que a relação entre catecolaminas, metabolismo e desempenho não é linear, quando relacionado com os resultados obtidos por alguns participantes, que tiveram uma elevação significativa, e impactou diretamente na percepção de esforço e na potência de saída de forma negativa, apresenta ser uma explicação.

Com relação a potência de saída Jackman et al. (1996) analisou o impacto da cafeína no desempenho físico, utilizando ciclismo como modelo experimental. O estudo foi realizado com doses de cafeína de 3, 6 e 9 mg/kg, avaliando os efeitos sobre o metabolismo, as catecolaminas e a resistência ao exercício. A ingestão de 6 mg/kg de cafeína resultou em uma aumento de 40% na oxidação de ácidos graxos no início do exercício, ao mesmo tempo em que poupou glicogênio muscular durante os primeiros minutos de atividade. Esse efeito foi mais pronunciado em doses moderadas (6 mg/kg) em comparação com as doses mais altas (9 mg/kg), sendo um forte indicativo de que no TT de 20 min pode-se esperar um aumento de potência de saída com a suplementação de cafeína.

Além disso, Ribeiro et al. (2016) analisa o efeito da cafeína (6 mg/kg) na manutenção da potência de saída em exercícios de alta intensidade, utilizando testes de saltos verticais contínuos para medir a potência das pernas, em jogadores de handebol. Os resultados mostraram que a suplementação com cafeína preservou a potência de saída, com um aumento médio de 5,23% nos testes realizados em comparação ao placebo. Este efeito é atribuído à capacidade da cafeína de melhorar o recrutamento muscular e reduzir a percepção de esforço, fatores cruciais para a manutenção de esforços repetitivos de alta intensidade.

Embora estudos como os anteriores indiquem que a cafeína pode melhorar o desempenho em atividades de resistência e força muscular, a análise da potência de saída e da distância máxima percorrida não revelou diferenças estatisticamente significativas entre as condições com cafeína e placebo, com média das diferenças de apenas de 5,625 watts, o que mesmo pode ser considerado uma justificativa para o uso em muitos triatletas e ciclistas (DEL COSO et al., 2011) quando pensado em ganhos marginais. A ausência de significância estatística pode ser explicada pelo tamanho amostral limitado e pela variação individual na resposta à cafeína, aspectos amplamente discutidos na literatura (PICKERING & KIELY, 2018). Esses fatores podem ter reduzido o poder estatístico necessário para detectar pequenas diferenças no desempenho.

A eficácia do cegamento, um elemento crucial para estudos randomizados, mostrou-se limitada, com a maioria dos participantes conseguindo identificar corretamente quando consumiram cafeína, possivelmente pelo fato de que a maioria dos voluntários não são consumidores de cafeína, além do café. Esse resultado sugere que parte dos efeitos percebidos pode estar relacionada ao efeito placebo, onde a crença de que a cafeína foi consumida pode ter influenciado positivamente o desempenho dos participantes. Estudos como o de Vega-Muñoz et al. (2024) atletas que foram informados de que tomaram cafeína, mas na verdade receberam um placebo, demonstraram melhorias em seu desempenho, como aumento da resistência e redução da percepção de esforço. Isso ocorre porque a expectativa positiva associada ao consumo de cafeína pode melhorar a motivação, a concentração e reduzir a percepção de fadiga, resultando em um desempenho superior, mesmo sem a presença do composto ativo.

Os resultados do questionário destacaram a relevância de monitorar os efeitos colaterais da suplementação com cafeína em atividades físicas, especialmente em exercícios de alta intensidade. Entre os participantes do estudo, dois relataram a percepção de efeitos adversos, com os sintomas mais prevalentes sendo a aceleração dos batimentos cardíacos e a agitação, enquanto um dos participantes relatou nervosismo. Além disso, três participantes indicaram que a suplementação com cafeína prejudicou sua performance durante o exercício. Esses achados sugerem que, embora a cafeína seja amplamente utilizada por seus benefícios ergogênicos, como o aumento do estado de alerta e a redução da fadiga, ela também pode gerar respostas fisiológicas adversas em algumas pessoas. Isso reforça a necessidade de individualizar a suplementação, considerando fatores como a tolerância individual, a dose administrada e o contexto de uso, conforme já discutido na literatura por Ganio et al. (2009) e Higgins et al. (2016). A resposta variável observada entre os participantes ressalta a importância de um acompanhamento criterioso, especialmente em atividades que demandam alta intensidade e esforço prolongado, onde sintomas como aceleração da frequência cardíaca podem impactar diretamente na percepção de esforço e no desempenho atlético.

## **2.5 CONCLUSÃO**

Os achados deste estudo sugerem que a suplementação aguda com cafeína pode elevar significativamente a frequência cardíaca de ciclistas amadores durante o exercício, mas sem influenciar significativamente a potência de saída ou a distância máxima percorrida.

A variação na resposta individual, associada aos efeitos adversos relatados por alguns participantes, destaca a necessidade de uma abordagem personalizada no uso da cafeína como suplemento ergogênico.

A limitação no tamanho amostral e a dificuldade em manter o cegamento completo são fatores que devem ser levados em consideração, e estudos futuros com amostras maiores são recomendados para elucidar o impacto da cafeína em parâmetros específicos de desempenho no ciclismo de estrada, além disso vale investigar a mudança da temperatura corporal dos atletas, com a suplementação da cafeína.

## 2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **ALLEN, H.; COGGAN, A. R.** Training and racing with a power meter. 2. ed. Boulder: VeloPress, 2010.
2. **BENOWITZ, N. L. et al.** Clinical pharmacology of caffeine. *Annual Review of Medicine*, v. 46, p. 385-398, 1995.
3. **Collomp K, Ahmaidi S, Audran M, Chanal JL, Préfaut C.** Effects of caffeine ingestion on performance and anaerobic metabolism during the Wingate Test. *Int J Sports Med*. 1991 Oct;12(5):439-43.
4. **COX, G. R.; CLARK, S. A.; COX, A. J.; HINKELMAN, K. K.** *Daily Training with Glucose Feeds Enhances Endurance Performance. Journal of Applied Physiology*, Bethesda, v. 93, p. 1925-1934, 2002.
5. **CUREUS.** Caffeine: mechanisms of action and its effects on alertness and performance. *Cureus Journal*, 2022.
6. **DAVIS, J. M.; GREEN, J. M.** *Caffeine and Anaerobic Performance: Ergogenic Value and Mechanisms of Action. Sports Medicine*, Auckland, v. 29, p. 113-132, 2009.
7. **DEL COSO, J.; MUÑOZ, G.; MUÑOZ-GUERRA, J.** Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the World Anti-Doping Agency list of banned substances. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, v. 36, n. 4, p. 555–561, 2011.
8. **DEL COSO, J.; MUÑOZ, G.; MUÑOZ-GUERRA, J.; PORTILLO, J.; ABIAN-VICEN, J.; SALINERO, J. J.** Caffeine-containing energy drink improves physical performance in male soccer players. *British Journal of Nutrition*, v. 105, n. 5, p. 721–726, 2011.
9. **GANIO, M. S.; KLAU, J. F.; CASA, D. J.** *Effect of Caffeine on Sport-Specific Endurance Performance: A Systematic Review. Journal of Strength and Conditioning Research*, Lincoln, v. 23, p. 315-324, 2009.
10. **GOLDSTEIN, E. R.; JACOBS, P.; TIKIZ, C.** *Acute Caffeine Ingestion and Prolonged High-Intensity Exercise. Medicine & Science in Sports & Exercise*, v. 34, n. 7, p. 1126-1134, 2010.
11. **GRAHAM, T. E.; SPRIET, L. L.** Caffeine and exercise metabolism. *Sports Medicine*, v. 19, n. 1, p. 112–132, 1995.
12. **GRGIC, J. et al.** Effects of caffeine on exercise performance: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, v. 52, n. 11, p. 753–758, 2018.

13. **HARVARD T.H. CHAN SCHOOL OF PUBLIC HEALTH.** The nutrition source: caffeine. Disponível em: <https://nutritionsource.hsph.harvard.edu/caffeine/>. Acesso em: 2 dez. 2024.
14. **HIGGINS, M. F. et al.** The effect of caffeine ingestion on endurance performance in male and female athletes. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*, v. 26, n. 1, p. 1–10, 2016.
15. **JACKMAN, M. et al.** Metabolic, catecholamine, and endurance responses to caffeine during intense exercise. *Journal of Applied Physiology*, v. 81, n. 4, p. 1658-1663, 1996.
16. **LAMBERTH, J.; LAMBERT, M.** The relationship between functional threshold power and endurance performance in trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*, v. 111, n. 7, p. 1181–1188, 2011.
17. **PICKERING, C.; KIELY, J.** Are the current guidelines on caffeine use in sport optimal for everyone? Inter-individual variation in caffeine ergogenicity, and a move towards personalised sports nutrition. *Sports Medicine*, v. 48, n. 1, p. 7–16, 2018.
18. **RIBEIRO, BEATRIZ G.; MORALES, ANDERSON P.; SAMPAIO-JORGE, FELIPE; BARTH, THIAGO; DE OLIVEIRA, MARCIO B.C.; COELHO, GABRIELA M.D.O.; LEITE, TIAGO C.** Caffeine Attenuates Decreases in Leg Power Without Increased Muscle Damage. *Journal of Strength and Conditioning Research* 30(8):p 2354-2360, August 2016.
19. **SKIBA, M.** *Training with Power: High-Performance Cycling and the Use of Functional Threshold Power.* *Sports Science Review*, London, v. 22, p. 1-17, 2014.
20. **SMITH, M. et al.** The effect of caffeine ingestion on power output during cycling. *Sports Nutrition Research*, v. 9, n. 2, p. 45–52, 2018.
21. **SPRIET, L. L.** *Exercise and Sport Performance: The Effect of Caffeine on Physical Performance.* *Sports Medicine*, v. 44, p. 253-264, 2014.
22. **SOUZA, V.; SILVA, R.** The ergogenic effects of caffeine on exercise performance: a review. *Brazilian Journal of Sports Medicine*, v. 25, n. 3, p. 45–52, 2019.
23. **TEMPLE, J. L.; BERNSTEIN, M.; GARDIN, K.; GUNTER, E. A.; HOSTELTER, A.; WALKER, J.** The pharmacology of caffeine. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, v. 57, p. 367–385, 2017.
24. **VEGA-MUÑOZ, A.; CONTRERAS-BARRAZA, N.; SALAZAR-SEPÚLVEDA, G.; LAY, N.; GIL-MARÍN, M.; MUÑOZ-URTUBIA, N.** Caffeine Placebo Effect in Sport and Exercise: A Systematic Review. *Nutrients* 2024, 16, 3219.