

Efeitos da suplementação aguda de cafeína sobre respostas hemodinâmicas e cardiorrespiratórias durante exercício aeróbico incremental

Effects of acute caffeine supplementation on hemodynamic and cardiorespiratory responses during incremental aerobic exercise

Samuel Barbosa Mezavila Abdelmur¹ , Gustavo Henrique Torres da Silva² , Róbson Gasel Khodr Campos² , Jullyano José Souza dos Santos² , Ana Karoline Rodrigues de Araujo Leonardo² , Nathalya Silva de Souza³ , Márcio Rabelo Mota⁴ , Mateus Medeiros Leite⁵ 

1. Mestrando pelo Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias em Saúde da Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade de Brasília (UnB/FCTS), Brasília, DF, Brasil. 2. Especialista em fisiologia do exercício aplicada ao treinamento e à nutrição esportiva pelo Centro Universitário de Brasília (CEUB). 3. Pedagoga licenciada pela Faculdade São Marcos – FASAMAR. 4. Doutor pelo Programa de Pós-graduação em Educação Física da Universidade Católica de Brasília (UCB). 5. Professor do curso do Programa de Pós-Graduação em Gerontologia da Universidade Católica de Brasília (UCB), Brasília, DF, Brasil.

Resumo

Objetivo: analisar os efeitos da suplementação aguda de cafeína sobre as respostas hemodinâmicas e cardiorrespiratórias durante exercício aeróbico incremental. **Métodos:** estudo quase-experimental, cruzado e duplo-cego com 10 homens fisicamente ativos ($29,4 \pm 4,2$ anos). Os participantes realizaram um protocolo em esteira (rampa) sob duas condições: cafeína (400 mg) e placebo, com intervalo de sete dias. Foram avaliadas frequência cardíaca, pressão arterial, duplo produto, VO_{2max} e tolerância ao esforço (estágios). **Resultados:** a suplementação de cafeína elevou, significativamente, a frequência cardíaca média durante o protocolo ($138,76 \pm 11,69$ vs. $131,33 \pm 6,16$ bpm; $p=0,016$) e resultou em maior pressão arterial diastólica no pico do esforço em comparação ao placebo ($p=0,029$; $\Delta=8,00$ mmHg). Não foram observadas interações significativas para pressão arterial sistólica, duplo produto, VO_{2max} ($p=0,655$) ou número de estágios alcançados ($p=0,196$). Ambas as sessões apresentaram comportamento fisiológico esperado de elevação e recuperação pós-esforço para frequência cardíaca e pressão arterial sistólica. **Conclusões:** a ingestão aguda de 400 mg de cafeína promoveu maior sobrecarga cardiovascular, evidenciada pelo aumento da frequência cardíaca média e da pressão arterial diastólica no pico do exercício, sem, contudo, traduzir-se em melhora do consumo máximo de oxigênio ou do desempenho funcional em homens ativos.

Palavras-chave: cafeína; exercício aeróbico; hemodinâmica; consumo de oxigênio.

Abstract

Objective: to analyze the effects of acute caffeine supplementation on hemodynamic and cardiorespiratory responses during incremental aerobic exercise. **Methods:** quasi-experimental, crossover, double-blind study with 10 physically active men (29.4 ± 4.2 years). Participants performed a treadmill (ramp) protocol under two conditions: caffeine (400 mg) and placebo, with a seven-day interval. Heart rate, blood pressure, double product, VO_{2max} , and exercise tolerance (stages) were assessed. **Results:** caffeine supplementation significantly increased mean heart rate during the protocol (138.76 ± 11.69 vs. 131.33 ± 6.16 bpm; $p=0.016$) and resulted in higher diastolic blood pressure at peak effort compared to placebo ($p=0.029$; $\Delta=8.00$ mmHg). No significant interactions were observed for systolic blood pressure, double product, VO_{2max} ($p=0.655$), or number of stages achieved ($p=0.196$). Both sessions showed the expected physiological behavior of elevation and post-exercise recovery for heart rate and systolic blood pressure. **Conclusions:** acute ingestion of 400 mg of caffeine promoted greater cardiovascular overload, evidenced by an increase in mean heart rate and diastolic blood pressure at peak exercise, without, however, translating into improved maximum oxygen consumption or functional performance in active men.

Keywords: caffeine; aerobic exercise; hemodynamics; oxygen consumption.

INTRODUÇÃO

A cafeína é uma das substâncias mais utilizadas no mundo¹, sendo comumente ingerida em cafés, refrigerantes, chás e medicamentos². Dados da Associação Brasileira da Indústria de Café² indicam que o consumo mundial em 2025/2026 atingiu 174 milhões de sacas, com consumo interno de 21,4 milhões.

Esse composto alcaloide, formado por 1,3,7-trimetilxantina e encontrado em diversas plantas³, tem sido uma substância amplamente estudada por seus diversos efeitos no organismo humano em relação a sua promoção a saúde e potenciais

melhoras no desempenho ao exercício físico^{4,5}.

A literatura já relata os efeitos da cafeína no organismo por meio da estimulação do sistema nervoso central que atua como antagonista dos receptores de adenosina A1 e A2 e promove liberação de catecolaminas e glutamato, aumentando parâmetros hemodinâmicos e alterando parâmetros metabólicos³.

Apesar de recomendações de consumo diário habitual de

Correspondente: Samuel Barbosa Mezavila Abdelmur; Quadra E, Casa 07 – Granja do Torto CEP 70636-050 – Brasília, DF – Brasil; E-mail: mezavila.abdelmur@gmail.com

Conflito de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse

Recebido em: xx xxx 2025; Revisado em: xx xxx 2026; Aceito em: xx xxx 2026

2 Efeitos da cafeína no exercício aeróbico incremental

cafeína já terem sido relatadas por grandes organizações, como a Sociedade Internacional de Nutrição Esportiva⁶, seus efeitos manifestam-se de forma multifatorial, dependendo de variáveis biológicas e ambientais^{7,8}.

Considerando o alto consumo e a crescente disponibilidade da cafeína, a literatura permanece inconclusiva sobre seus efeitos hemodinâmicos. Frequentemente, observam-se elevações na pressão arterial associadas a respostas barorreflexas na frequência cardíaca; porém, os dados sobre a FC são divergentes, variando entre bradicardia e efeitos inotrópicos negativos⁹. Da mesma forma, persistem inconsistências quanto ao real impacto da substância sobre a pressão arterial¹⁰. Assim, este estudo teve por objetivo analisar os efeitos da suplementação aguda de cafeína sobre as respostas hemodinâmicas e cardiorrespiratórias, incluindo frequência cardíaca, pressão arterial, duplo produto e consumo máximo de oxigênio, durante um protocolo de exercício aeróbico incremental em homens fisicamente ativos.

MÉTODOS

Aspectos éticos

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Educação e Saúde do Centro Universitário de Brasília (UniCEUB), sob o CAAE nº 73197823.0.0000.0023, com Parecer Consubstanciado nº 6.282.329. Todos os procedimentos foram conduzidos em conformidade com os princípios éticos da Declaração de Helsinque e com as Resoluções nº 466/2012 e nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes do início das avaliações.

Delineamento do estudo

Trata-se de um estudo quase-experimental, com abordagem quantitativa, conduzido com homens fisicamente ativos. O presente estudo integra um projeto com delineamento em ciclo de pesquisas, cujo objetivo geral foi investigar os efeitos da suplementação aguda de cafeína sobre respostas metabólicas e hemodinâmicas durante a realização de um protocolo de exercício aeróbico incremental.

A coleta de dados foi realizada no período de dezembro de 2023 a fevereiro de 2024, em dois momentos distintos. No primeiro momento, os participantes receberam esclarecimentos detalhados sobre os objetivos e procedimentos do estudo, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e passaram pela etapa de caracterização da amostra. No segundo momento, os voluntários realizaram o protocolo de exercício aeróbico em duas sessões experimentais, de forma randomizada, correspondentes às condições Controle (Placebo) e Intervenção (Cafeína), separadas por um intervalo mínimo de sete dias.

Amostra e recrutamento

A amostra foi constituída por conveniência. O recrutamento ocorreu por meio de divulgação com cartazes informativos e convites direcionados, convidando voluntários interessados a participar do estudo. Aqueles que manifestaram interesse foram convidados a uma reunião presencial, na qual receberam explicações detalhadas sobre os objetivos, procedimentos, potenciais riscos e benefícios da pesquisa.

Inicialmente, 15 homens foram selecionados e submetidos à triagem inicial, que incluiu o preenchimento de um formulário de identificação e a verificação dos critérios de elegibilidade. Os critérios de inclusão foram: sexo masculino; idade entre 18 e 35 anos; prática regular de atividade física há, no mínimo, dois meses; ausência de uso de anabolizantes, suplementos ou medicamentos contendo cafeína; ausência de diagnóstico de doenças cardiovasculares (hipertensão arterial ou dislipidemias); ausência de doenças metabólicas, endócrinas ou imunológicas; ausência de doenças ou lesões musculoesqueléticas que contraindicassem a realização do protocolo experimental; não tabagismo; e ausência de dependência química, incluindo alcoolismo.

Foram excluídos do estudo 5 voluntários que, no dia da execução do protocolo de exercício, apresentaram lesões musculoesqueléticas ou quaisquer condições que impedissem a realização completa das etapas propostas. Ao final do processo, 10 homens fisicamente ativos atenderam a todos os critérios e compuseram a amostra final do estudo.

Todos os participantes receberam orientações padronizadas quanto ao preparo prévio para a realização dos testes, incluindo recomendações sobre alimentação, consumo de substâncias estimulantes, prática de atividade física e hábitos de vida durante o período de coleta de dados, com o objetivo de minimizar potenciais fatores de confusão.

Caracterização inicial dos participantes

Inicialmente foi realizada a caracterização antropométrica dos participantes. A massa corporal foi mensurada por meio de uma balança digital (OMRON®, modelo HN289), com resolução de 100 gramas, e a estatura foi aferida com a utilização de um estadiômetro portátil (Sanny®, modelo ES 2060), conforme procedimentos padronizados. Por meio dessas medidas, o índice de massa corporal (IMC) foi calculado mediante equação: $IMC = \text{massa corporal (kg)} / \text{estatura}^2 (\text{m}^2)$.

Protocolo experimental

O presente estudo consistiu na aplicação de um protocolo de exercício aeróbico incremental em esteira, realizado em duas sessões experimentais distintas, separadas por um intervalo mínimo de sete dias, de modo a minimizar possíveis efeitos residuais da intervenção.

3 Efeitos da cafeína no exercício aeróbico incremental

Sessões experimentais

Nas duas sessões experimentais, os voluntários compareceram ao Laboratório de Fisiologia do Exercício para a realização do protocolo de exercício aeróbico incremental, sob duas condições experimentais distintas: Controle (Placebo) e Intervenção (Cafeína). A ordem das sessões foi definida de forma randomizada, e os protocolos foram realizados em condições ambientais controladas, incluindo temperatura ambiente e número restrito de pesquisadores presentes no local.

Cada participante realizou ambas as condições experimentais, atuando como seu próprio controle, o que permitiu a comparação intraindivíduos e reduziu a influência da variabilidade biológica individual. As sessões foram conduzidas nos mesmos horários do dia para cada participante com intervalo de sete dias. Não houve alteração na rotina diária, no treinamento físico ou no estilo de vida entre as sessões, com exceção da ingestão da suplementação no dia do protocolo, conforme descrito previamente¹¹.

Randomização e cegamento

A randomização da ordem das intervenções foi realizada de forma aleatória e cega. Cada participante foi alocado para receber inicialmente a condição Cafeína ou Placebo por meio de sorteio, sendo garantido o delineamento cruzado. Apenas a equipe de pesquisa teve conhecimento da condição experimental aplicada em cada sessão.

Os participantes que receberam cafeína na primeira sessão realizaram a segunda sob condição placebo, e vice-versa, assegurando o caráter cruzado do delineamento e o controle de possíveis efeitos de ordem.

Protocolo de exercício aeróbico incremental

O protocolo de exercício aeróbico foi composto por um teste incremental ergoespirométrico em esteira (Centurion 300®), realizado sob formato de rampa, com incremento progressivo de 1 km/h a cada minuto. O teste foi precedido por um período de aquecimento de três minutos, com velocidade inicial de 5 km/h. Para simular a resistência do ar durante a corrida em ambiente externo, foi adotada inclinação constante de 1% ao longo de todo o protocolo, conforme descrito anteriormente na literatura¹².

Durante a execução do teste, os participantes utilizaram máscara facial acoplada ao sistema de análise ergoespirométrica (Cortex®), previamente ajustada para garantir vedação adequada, permitindo a coleta contínua e simultânea das variáveis fisiológicas avaliadas no estudo.

Suplementação

Na condição Intervenção, os participantes receberam uma

cápsula contendo 400 mg de cafeína (Natz®), administrada 30 minutos antes do início do protocolo de exercício. Na condição Controle, foi administrada uma cápsula placebo contendo 200 mg de unha-de-gato. As cápsulas foram preparadas por farmácia de manipulação, de forma a apresentar características físicas semelhantes (cor, tamanho e formato), com o objetivo de minimizar possíveis efeitos psicológicos e garantir o cegamento dos participantes¹³.

Todos os voluntários foram orientados a evitar o consumo de cafeína direta ou indireta (café, chás, refrigerantes, bebidas energéticas ou quaisquer alimentos e bebidas contendo cafeína) por, no mínimo, 24 horas antes de cada sessão experimental.

Frequência cardíaca

A frequência cardíaca (FC) foi monitorada continuamente por meio de um cardiofrequencímetro (Polar®, modelo OH1), posicionado no antebraço do participante. As medidas foram registradas nos seguintes momentos: repouso pré-exercício; a cada minuto durante a execução do protocolo de exercício; imediatamente após a conclusão do teste (FC final); e após 15 minutos de recuperação pós-exercício (FC pós-15). Os valores foram expressos em batimentos por minuto (bpm).

Pressão arterial sistólica e diastólica

A pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) foram mensuradas após um período de repouso sentado de 10 minutos. Foram realizadas duas aferições consecutivas, com intervalo de um minuto entre elas, sendo utilizado o valor médio para caracterização da pressão arterial basal. As mensurações foram realizadas por meio de um monitor automático validado (Microlife®, modelo Mesa Mam – BP3AC1-1PC), seguindo diretrizes previamente estabelecidas¹⁴.

Durante as aferições, os participantes permaneceram sentados, com apoio dorsal, pés apoiados no solo, pernas descruzadas e braço esquerdo apoiado à altura do coração. A braçadeira foi posicionada firmemente sobre a artéria braquial, com o bordo inferior aproximadamente 2,5 cm acima da fossa cubital anterior. A PAS e PAD foram novamente aferidas imediatamente após o exercício e após 15 minutos de recuperação.

Duplo produto

O duplo produto foi calculado como indicador indireto do consumo miocárdico de oxigênio, por meio da multiplicação da pressão arterial sistólica pela frequência cardíaca (Duplo Produto = PAS × FC). Os valores foram determinados nos seguintes momentos: repouso pré-exercício (após 10 minutos em repouso); imediatamente após a conclusão do protocolo de exercício (momento final); e após 15 minutos de recuperação pós-exercício (pós-15).

Consumo máximo de oxigênio (VO₂máx)

O consumo máximo de oxigênio (VO₂máx) foi avaliado durante a execução do protocolo de exercício aeróbico incremental por meio de análise ergoespirométrica de gases respiratórios, com coleta realizada respiração a respiração. Para tal, foi utilizado um analisador metabólico computadorizado (Cortex Metalyzer 3B®, Leipzig, Alemanha).

Antes de cada teste, o equipamento foi calibrado de acordo com as recomendações do fabricante, utilizando-se amostras gasosas com concentrações conhecidas de oxigênio (O₂) e dióxido de carbono (CO₂), bem como calibração de fluxo realizada com seringa de volume conhecido (3 litros).

Os valores de VO₂ foram monitorados continuamente ao longo de todo o protocolo. O VO₂máx foi determinado como o maior valor médio de VO₂ registrado nos últimos 20 segundos de exercício imediatamente anteriores à exaustão voluntária, considerando-se o estágio final alcançado pelos participantes, sendo cada estágio correspondente a um minuto completo do teste incremental.

Desempenho no protocolo incremental

O desempenho no protocolo de exercício aeróbico incremental foi avaliado por meio do número total de estágios completos alcançados pelos participantes até a exaustão voluntária. Cada estágio correspondeu a um minuto completo do teste incremental, caracterizado pelo aumento progressivo da velocidade da esteira. Apenas os estágios concluídos integralmente foram considerados para análise.

Essa variável foi utilizada como indicador funcional da tolerância ao esforço durante o protocolo, permitindo a comparação do

Tabela 1. Caracterização da amostra (n=10).

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média±DP	Mediana (P25 – P75)
Idade (anos)	23	35	29,40±4,22	30,00 (27,00 – 33,00)
Estatura (m)	1,65	1,85	1,75±0,07	1,73 (1,72 – 1,80)
Peso (Kg)	60,0	105,6	80,68±13,02	79,95 (75,40 – 88,30)
IMC (Kg/m²)	17,53	35,69	26,61±4,87	27,00 (23,65 – 28,97)

Abreviações: DP = desvio padrão. P25 = percentil 25. P75 = percentil 75. IMC = índice de massa corporal.

A análise da frequência cardíaca (FC) não revelou interação significativa entre momento e sessão (F = 0,257; p = 0,780), não sendo observadas diferenças entre as sessões com suplementação de cafeína e placebo em nenhum dos momentos avaliados (p > 0,05). Entretanto, foi identificada interação significativa do fator momento dentro de cada sessão. Em ambas as condições experimentais, a FC apresentou aumento significativo no momento final do exercício e manteve-se elevada após 15 minutos de recuperação em relação ao repouso (p < 0,001), seguido de redução significativa no período de recuperação quando comparado ao momento final (p ≤ 0,001).

desempenho entre as sessões com suplementação de cafeína e placebo.

Análise estatística

Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o Pacote Estatístico para Ciências Sociais (IBM SPSS, IBM Corporation, Armonk, NY, EUA), versão 25.0. A análise descritiva foi empregada para caracterizar as variáveis do estudo, por meio do cálculo da média e do desvio padrão. A normalidade da distribuição dos dados foi verificada por meio do teste de Shapiro–Wilk. Considerando a distribuição normal das variáveis analisadas, foram utilizados testes estatísticos paramétricos. Para a comparação da frequência cardíaca média da sessão entre as condições experimentais, foi aplicado o teste t pareado. As respostas hemodinâmicas foram analisadas por meio de análise de variância de dois fatores para medidas repetidas (two-way ANOVA), considerando como fatores a condição experimental (Cafeína vs. Placebo) e o momento de avaliação (repouso, pós-exercício imediato e recuperação aos 15 minutos).

Quando identificadas interações ou efeitos principais significativos, foi aplicado o ajuste de Bonferroni para comparações múltiplas. Adicionalmente, foram calculados os deltas absolutos (Δ) e os deltas percentuais (Δ%) para complementar a interpretação das variações observadas entre as sessões experimentais. O nível de significância adotado para todas as análises foi de p ≤ 0,05.

RESULTADOS

Participaram do presente estudo 10 homens fisicamente ativos com média de idade de 29,40 (± 4,22 anos). Na tabela 1, estão apresentados os dados de caracterização amostral.

Em relação à pressão arterial sistólica (PAS), os deltas percentuais indicaram valores ligeiramente menores na sessão placebo em todos os momentos avaliados. Contudo, não foi observada interação significativa entre momento e sessão (F = 0,109; p = 0,797). Foi identificada interação significativa do fator momento dentro de cada sessão (F = 48,213; p < 0,001), caracterizada por aumento da PAS imediatamente após o exercício e redução após 15 minutos de recuperação, tanto na sessão com cafeína quanto na sessão placebo.

Para a pressão arterial diastólica (PAD), não foram observadas

5 Efeitos da cafeína no exercício aeróbico incremental

variações significativas ao longo dos momentos dentro de cada sessão ($F = 0,747$; $p = 0,488$). Entretanto, foi identificada interação significativa entre as sessões ($F = 8,551$; $p = 0,017$), com valores de PAD significativamente menores na sessão placebo no momento final do exercício em comparação à sessão com suplementação de cafeína ($\Delta = -8,00$ mmHg; $p = 0,029$).

A análise do Duplo Produto não revelou interação significativa

entre momento e sessão ($F = 0,088$; $p = 0,917$), não sendo observadas diferenças entre as sessões com cafeína e placebo em nenhum dos momentos avaliados. No entanto, foi identificada interação significativa do fator momento dentro de cada sessão ($F = 248,458$; $p < 0,001$), com aumento expressivo do Duplo Produto imediatamente após o exercício e a redução após 15 minutos de recuperação, de forma semelhante em ambas as condições experimentais, conforme tabela 2.

Tabela 2. Comparação das medidas hemodinâmicas nos três momentos nas sessões com suplementação de cafeína e placebo (n=10).

		CAFÉINA (INTERVENÇÃO) PLACEBO (CONTROLE)		Δ %
		Média ± DP	Média ± DP	
FC	Pré	70,40±12,31	69,00±15,38	-0,98%
	Final	181,30±14,70*	184,10±13,24*	1,02%
	Pós 15	98,30±16,01*†	99,10±13,01*†	1,01%
PAS	Pré	127,10±19,26	120,20±13,89	-0,95%
	Final	156,90±18,35*	151,30±19,99*	-0,96%
	Pós 15	125,90±20,91†	123,20±20,34†	-0,98%
PAD	Pré	78,60±13,04	73,40±10,65	-0,93%
	Final	78,00±11,06	70,00±9,53‡	-0,90%
	Pós 15	76,40±6,65	72,40±9,34	-0,95%
Duplo Produto	Pré	8991,00±2337,98	8299,40±2002,68	-0,92%
	Final	28530,70±4699,31*	27900,80±4646,06*	-0,98%
	Pós 15	12455,90±3309,74*†	12290,30±2980,91*†	-0,99%

Notas: os dados são apresentados em média e desvio. p-valor obtido por ANOVA para medidas repetidas.

* Diferença intra sessão em relação ao momento repouso ($p < 0,05$).

†Diferença intra sessão em relação ao momento final ($p < 0,05$).

‡ Diferença entre sessões ($p < 0,05$).

Abreviações: DP = desvio padrão. Δ % = delta percentual. FC = frequência cardíaca. PAS = pressão arterial sistólica. PAD = pressão arterial diastólica.

A frequência cardíaca média, calculada a partir das medidas registradas a cada minuto durante toda a execução do protocolo de exercício, foi significativamente maior na sessão com suplementação de cafeína em comparação à sessão placebo ($p = 0,016$; $\Delta\% = +0,95\%$). Os valores médios observados foram de $138,76 \pm 11,69$ bpm na condição cafeína e $131,33 \pm 6,16$ bpm na condição placebo, conforme ilustrado na figura 1.

Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas para o consumo máximo de oxigênio (VO2Máx) entre no dia de

suplementação com Cafeína em relação ao dia de suplementação com Placebo ($p = 0,655$), conforme apresentado na figura 2.

Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as sessões com suplementação de cafeína e placebo tanto para o número de estágios completos alcançados no protocolo incremental ($p = 0,196$) quanto para o VO₂máx ($p = 0,655$). Apesar de o delta percentual indicar 1,05% maior número de estágios na sessão placebo, essas variações não foram estatisticamente significativas conforme a tabela 3.

Figura 1. Comparação da FC média obtida durante o tempo de duração do protocolo entre as sessões de suplementação (n=10).

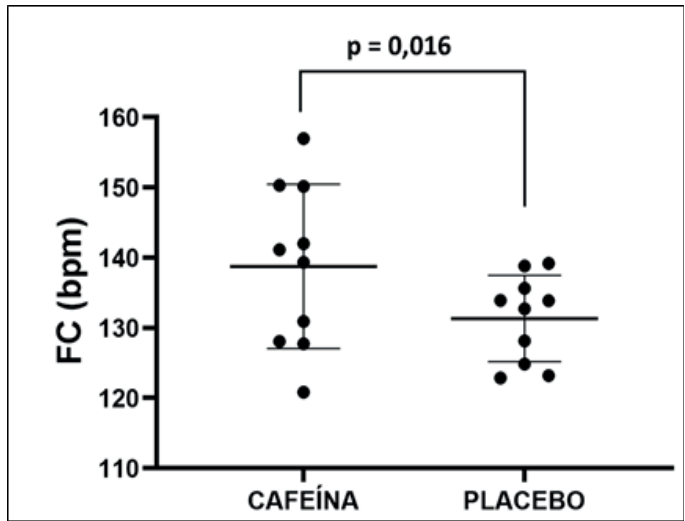


Figura 2. Comparação do VO2Máx entre as sessões cafeína e placebo (n=10).

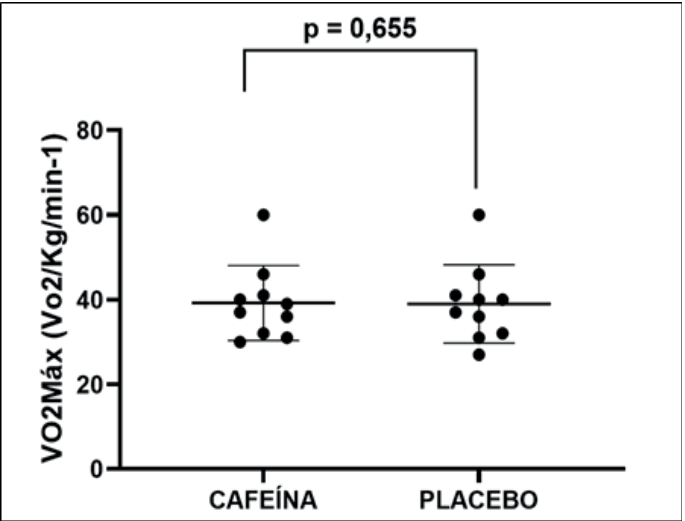


Tabela 3. Comparação dos estágios do protocolo e VO2Máx nas sessões com suplementação de cafeína e placebo (n=10).

	CAFEÍNA (Intervenção) PLACEBO (Controle)			
	Média ± DP	Média ± DP	Δ %	P-valor
Estágios Protocolo	12,40±1,26	13,00±1,94	1,05%	0,196
VO2Máx (VO2/Kg/Min-1)	39,20±8,83	39,00±9,23	-0,99%	0,655

Notas: os dados são apresentados em média e desvio. p-valor obtido por teste t pareado.

Abreviações: DP = desvio padrão. Δ % = delta percentual. VO2Máx = volume máximo de oxigênio.

DISCUSSÃO

A suplementação de 400 mg de cafeína não alterou as respostas hemodinâmicas de repouso ou recuperação, mas elevou a FC média durante o protocolo e a PAD no pico do exercício. Quanto ao desempenho, não houve modificações no VO2max ou na tolerância ao esforço. É fundamental interpretar esses dados com cautela, pois os resultados hemodinâmicos refletem a interação de dois fatores determinantes: as alterações fisiológicas típicas do protocolo de exercício (metabólicas e hormonais)¹⁵ e as modificações induzidas especificamente pela ingestão da cafeína. Em nossos resultados, o aumento da FC pós-esforço e sua queda após 15 minutos em ambas as sessões demonstram a integridade da modulação parassimpática¹⁶ embora o tempo de monitoramento tenha sido insuficiente para o retorno aos níveis basais ou para a ocorrência de hipotensão pós-exercício, corroborando o estudo anterior¹⁷ sobre a influência da intensidade na recuperação cardiovascular.

A farmacocinética da cafeína, com pico de ação entre 30-45 minutos e antagonismo dos receptores de adenosina (A1 e A2), promove maior ativação simpática¹⁸. Esse impacto é evidente sob diferentes estressores, inclusive cognitivos. Pesquisadores¹⁹ demonstraram que a cafeína modula a

reatividade cardiovascular de forma sexo-dependente: nos homens, o aumento pressórico correlaciona-se à resistência vascular periférica (RVP). Embora o estresse cognitivo e o físico atuem por vias distintas, ambos retiram o organismo da homeostase. No exercício intenso, a hidrólise do ATP gera adenosina, que deveria promover vasodilatação e reduzir a RVP²⁰. Nossos resultados sugerem que a cafeína competiu por esses receptores, impedindo a queda fisiológica da resistência vascular. Isso pode justificar a manutenção de valores elevados de PAS e o aumento significativo da PAD no pico do esforço em nossa amostra de homens ativos.

Embora o exercício isolado já induza alterações cardiovasculares significativas, a literatura sobre o efeito isolado da cafeína é conflitante. Enquanto alguns estudos apontam elevação da PA sem alterar a FC via despolimerização da actina²¹, outros não relatam alterações pressóricas²². Nossos achados reforçam a segurança cardiovascular da substância em carga máxima, uma vez que a ausência de picos discrepantes de PAS e FC entre as sessões indica estabilidade hemodinâmica, possivelmente devido a um efeito protetor contra arritmias e uma ativação neuroendócrina controlada²³.

7 Efeitos da cafeína no exercício aeróbico incremental

Quanto à sensibilidade individual, tem sido sugerido²⁴ que pequenos consumidores são mais sensíveis a oscilações pressóricas em repouso. Contudo, em nossa amostra, o impacto manifestou-se especificamente durante o esforço máximo. A interação significativa encontrada para a PAD ($p = 0,017$), em que a condição cafeína apresentou valores superiores ao placebo no momento de exaustão ($\Delta = 8,00$ mmHg; $p = 0,029$), confirma que a cafeína impõe uma sobrecarga vascular adicional ao bloquear a vasodilatação induzida pela adenosina, independentemente do perfil de consumo habitual. Entretanto, o estresse da exaustão física pode mascarar outros efeitos farmacológicos menores.

No desempenho aeróbico, nossos dados divergem de outros estudos^{25,26}, que observaram melhoras na potência, tempo de corrida e VO_{2max} . Em nosso estudo, não houve ganhos significativos no consumo de oxigênio ($p = 0,655$) ou estágios alcançados ($p = 0,196$). Isso sugere que o bloqueio da adenosina e as alterações hemodinâmicas observadas não foram suficientes para converter-se em vantagem funcional. Além disso, a recuperação da FC em 15 minutos foi similar em ambas as sessões, diferindo da pesquisa supramencionada²⁶, que relatou recuperação mais célere.

A literatura também associa a intensidade da cafeína à capacidade cardiorrespiratória. Pesquisadores²⁷ observaram que a substância retarda a recuperação parassimpática apenas em indivíduos com menor VO_2 pico ($< 42,46$ mL/kg/min). Como nossa amostra se enquadra em valores de pico menores²⁸, esperava-se um atraso na recuperação, o que foi observado

na FC e PAS aos 15 minutos. Contudo, a ausência de diferença estatística entre cafeína e placebo sugere que, sob esforço máximo, o perfil de recuperação é ditado pela intensidade do exercício e não pela suplementação, contrastando parcialmente com estudo anterior²⁹.

Apesar do rigor, o estudo apresenta limitações importantes tais como a ausência de uma condição controle em repouso impede isolar os efeitos farmacológicos basais; o monitoramento de 15 minutos pode ter omitido a hipotensão pós-exercício tardia; e o nível de atividade física da amostra limita a generalização; o tamanho amostral reduzido constitui uma limitação, visto que restringe a generalização dos achados para a população de forma ampla. Em suma, a cafeína impôs maior sobrecarga vascular sem expandir os limites funcionais da aptidão cardiorrespiratória.

CONCLUSÃO

Em síntese, 400 mg de cafeína promovem ajustes hemodinâmicos limitados em homens ativos. A maior FC média e a PAD elevada na exaustão confirmam o bloqueio dos receptores de adenosina, porém essa sobrecarga vascular não gerou ganhos funcionais no VO_{2max} ou na tolerância ao esforço. Conclui-se que, neste protocolo, o estresse do exercício incremental sobrepõe-se aos efeitos ergogênicos da cafeína, sendo a intensidade do esforço o principal determinante da resposta fisiológica e da recuperação.

REFERÊNCIAS

- Freitas VV, Borges LL, Vidigal MC, Santos MH, Stringheta PC. Coffee: A comprehensive overview of origin, market, and the quality process. *Trends Food Sci Technol*. 2024 Apr; 146: 104411. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104411>.
- Associação Brasileira da Indústria de Café. Indicadores da Indústria de Café [Internet]. Rio de Janeiro: ABIC; [cited 2025 Feb 13]. Available from: <https://www.abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/>
- Aguiar AS Júnior, Aguiar AF, Felismino AS, Pires FO, Aiello S, Fontes EB, et al. Neuronal adenosine A2A receptors signal ergogenic effects of caffeine. *Sci Rep*. 2020;10(1):13414. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69660-1>.
- Lucas E. An investigation into the effects of weekly habitual and targeted caffeine consumption on adult runners [Internet]. *Plymouth Stud Sci*. 2022 [cited 2025 Feb 20]; 15(2): 488-505. Available from: <https://pearl.plymouth.ac.uk/tpss/vol15/iss2/18/>.
- Khchareh A, Masmoudi L, Sahnoun Z. Low-dose caffeine ingestion improves mood and cognitive function. *Arab J Nutr Exerc*. 2025;8(1): 2-14. doi: <https://doi.org/10.18502/ajne.v8i1.15225>.
- Jagim AR, Harty PS, Tinsley GM, Kerkick CM, Gonzalez AM, Kreider RB, et al. ISSN position stand: energy drinks and energy shots. *J Int Soc Sports Nutr*. 2023;20(1):2171314. doi: <https://doi.org/10.1080/15502783.2023.2171314>.
- Loftfield E, Cornelis MC, Caporaso N, Yu K, Sinha R, Freedman N. Association of coffee drinking with mortality by genetic variation: A secondary analysis of UK Biobank figures. *JAMA Intern Med*. 2018;178(8):1086-1097. doi: <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.2425>.
- Lieberman HR, Agarwal S, Fulgoni III VL. Daily patterns of caffeine intake in US adults: Mixed-effects analysis of NHANES 2013-2016 data. *J Acad Nutr Diet*. 2019;119(1):106-114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jand.2018.08.153>.
- Butler JM, Shults CL, Svikis DS, Shaffer IC, Khalil SM, Elayan MA, et al. Immediate effect of caffeine on sympathetic nerve activity: why coffee is safe? *Clin Auton Res*. 2023;33(6): 623-633. doi: <https://doi.org/10.1007/s10286-023-00967-5>.
- Senftinger J, Terne K, Brunner FJ, Nikorowitsch J, Geisler S, Osswald SH, et al. Coffee consumption and associations with blood pressure and echocardiographic measures: cohort study of the Hamburg City Health Study. *Sci Rep*. 2023; 13(1): 4668. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31857-5>.
- Leite MM, Lima LC, de Souza AC, Ribeiro AL, de Araújo AF, Santana FS, et al. Efeito da suplementação com óleo de pequi sobre a pressão arterial após uma sessão de exercício de força. *Rev Eixo*. 2020;9(1):4-11. doi: <https://doi.org/10.19123/eixo.v9i1.736>.
- Mezavila Abdelmur SB, Medeiros Leite M, Rabelo Mota M. Efeito modulatório agudo pré e pós exercício aeróbico e resistido sobre glicemia e lactato [Internet]. *Rev Bras Prescr Fisiol Exerc*. 2019 [cited 2025 Feb 13]; 13(81): 54-61. Available from: <http://www.rbpfex.com.br/index.php/rbpfex/article/view/1901>.
- Rodrigues BA, Guedes-Granzotti RP, Cesar CP, Dornelas R. Efeito nocebo na comunicação em saúde: como minimizá-lo? *Rev CEFAC*. 2022; 24(4): e3022. doi: <https://doi.org/10.1590/1982-0216/20222443022s>.
- Feitosa AD, Barbosa ECD, Mota-Gomes MA, Brandão AA, Miranda RD,

7 Efeitos da cafeína no exercício aeróbico incremental

Vitorino PV, et al. Diretrizes brasileiras de medidas da pressão arterial dentro e fora do consultório – 2023. *Arq Bras Cardiol.* 2024; 121(4): e20240113. doi: <https://doi.org/10.36660/abc.20240113>.

15. Wan HY, Bunsawat K, Amann M. Autonomic cardiovascular control during exercise. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2023; 325(4): H675-H686. doi: <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00303.2023>.

16. Michael S, Jay O, Graham KS, Davis GM. Influence of exercise modality on cardiac indices during post-exercise recovery. *J Sci Med Sport.* 2018; 21(10): 1079-1084. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.03.004>.

17. Dallazen V, Tiggemann CL. Comportamento da frequência cardíaca de recuperação em diferentes intensidades. *Rev Destaques Acad.* 2021; 13(3): 232-246. doi: <https://doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v13i3a2021.2996>.

18. Jacobson KA, Tosh DK, Jain S, Gao ZG. Adenosine A2A receptor antagonists: from caffeine to selective non-xanthines. *Br J Pharmacol.* 2022; 179(14): 3496-3511. doi: <https://doi.org/10.1111/bph.15103>.

19. Grant SS, Kim K, Friedman BH. How long is long enough? Controlling for acute caffeine intake. *Brain Sci.* 2023;13(2): 224. doi: <https://doi.org/10.3390/brainsci13020224>.

20. Fredholm BB, Bättig K, Holmén J, Nehlig A, Zvartau EE. Actions of caffeine in the brain with special reference to factors that contribute to its widespread use. *Pharmacol Rev.* 1999;51(1):83-133. PMID: 10049999.

21. Çalışkan ŞG, Bilgin MD. Acute effects of caffeinated beverages on hemodynamic parameters. *Cukurova Med J.* 2022; 47(3): 972-980. doi: <https://doi.org/10.17826/cumj.1089294>.

22. Del Giorno R, Maddalo F, Chiarotto AP, De Simone G, Galletti F, Barbato A, et al. Habitual coffee consumption is inversely associated with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *Int J Food Sci Nutr.* 2022; 73(1): 106-115.

doi: <https://doi.org/10.1080/09637486.2021.1926935>.

23. Kwapien E, et al. Habitual coffee consumption and systemic health outcomes: A comprehensive review. *Cureus.* 2025;17(12). Available from: <https://doi.org/10.7759/cureus.444026>.

24. Piermatei ÁLM, Costa RM, Santos RS, Souza AL, Souza JS, Silva AF. O consumo de cafeína pode alterar parâmetros cardiovasculares em homens adultos? *Cuad Educ Desarro.* 2024;16(6):e4657. Available from: <https://doi.org/10.55905/cuadv16n6-135>.

25. Ruiz-Moreno C, Gutiérrez-Hellín J, Amaro-Gahete FJ, González-García J, Giráldez-Costas V, Pérez-García V, et al. Acute caffeine intake increases muscle oxygen saturation during exercise in male recreational athletes. *Br J Clin Pharmacol.* 2020;86(5):861-867. Available from: <https://doi.org/10.1111/bcp.14189>.

26. Akbar AF. The effect of coffee consumption on VO2max and heart rate. *Indones J Exerc Ther.* 2025;1(3):110-116. Available from: <https://doi.org/10.53947/ijet.v1i3.103>.

27. Gonzaga LA, Messias LD, Dos Santos CP, Silva AF, Monteiro RL, Reis MS, et al. Involvement of cardiorespiratory capacity on the acute effects of caffeine. *Medicina.* 2019;55(5):196. Available from: <https://doi.org/10.3390/medicina55050196>.

28. Herdy AH, Uhlendorf D. Reference values for cardiopulmonary exercise testing. *Arq Bras Cardiol.* 2011;96(1):54-59. Available from: <https://doi.org/10.1590/s0066-782x2010005000153>.

29. Gonzaga LA, Vanderlei FM, Gomes RL, Vanderlei LC. Caffeine affects autonomic control of heart rate and blood pressure recovery after aerobic exercise in young adults: a crossover study. *Sci Rep.* 2017;7(1):14091. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14540-4>

Como citar este artigo/ How to cite this article:

Abdelmur SBM, Silva GHT, Campos RGK, Santos JJS, Leonardo AKRA, Souza NS, et al. Efeitos da suplementação aguda de cafeína sobre respostas hemodinâmicas e cardiorrespiratórias durante exercício aeróbico incremental *J Health Biol Sci.* 2026; 14(1): e6382