O EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA NO DESEMPENHO ESPORTIVO EM AMBIENTES QUENTES: UMA REVISÃO DE LITERATURA

The Effect of Caffeine Supplementation on Sports Performance in Hot Environments: A Literature Review

Artur Belo Araújo[1]*, Allys Vilela de Oliveira[2]

[1]Acadêmico de Nutrição, Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) - Goiânia, Goiás, Brasil. Email: arturbelo20@gmail.com
[2]Mestre, Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) - Goiânia, Goiás, Brasil. E-mail: allysvilela@gmail.com

*Autor correspondente

Resumo

Introdução: A cafeína é amplamente utilizada por atletas por seu potencial ergogênico, especialmente por modular a percepção de esforço e estimular o sistema nervoso central. No entanto, seus efeitos sob altas temperaturas ainda são controversos. **Objetivo**: Investigar os efeitos da suplementação de cafeína no desempenho esportivo em ambientes quentes. **Métodos:** Foi realizada uma revisão narrativa de literatura com base em ensaios clínicos randomizados em humanos, publicados entre 2014 e 2024 na base de dados PubMed/Medline. Foram incluídos estudos que avaliaram variáveis como tempo até a exaustão, temperatura corporal central, respostas cardiovasculares e percepção de esforço. **Resultados:** Dos nove estudos analisados, 44% relataram melhora no desempenho esportivo, especialmente com doses moderadas (3 mg/kg) em exercícios de curta duração. Por outro lado, 44% dos estudos indicaram efeitos adversos significativos, como aumento da temperatura corporal, desconforto térmico e prejuízo na termorregulação. **Conclusão:** A suplementação de cafeína pode oferecer benefícios ergogênicos em ambientes quentes, mas seu uso deve ser cauteloso, considerando os riscos fisiológicos. A prescrição deve ser individualizada, e são necessários novos estudos com maior padronização metodológica e amostras representativas.

Palavras-chave: Cafeína; Exercício; Desempenho físico; Termorregulação; Substância Ergogênica

Abstract

Introduction: Caffeine is widely used by athletes for its ergogenic potential, particularly for modulating perceived exertion and stimulating the central nervous system. However, its effects under high-temperature conditions remain controversial. **Objective:** To investigate the effects of caffeine supplementation on sports performance in hot environments. **Methods:** A narrative review was conducted based on randomized clinical trials in humans, published between 2014 and 2024 in the PubMed database. Studies evaluating variables such as time to exhaustion, core body temperature, cardiovascular responses, and perceived exertion were included.

Results: Of the nine studies analyzed, 44% reported improvements in sports performance, especially with moderate doses (3 mg/kg) during short-duration exercises. On the other hand, 44% of the studies indicated significant adverse effects, such as increased body temperature, thermal discomfort, and impaired thermoregulation. **Conclusion:** Caffeine supplementation may offer ergogenic benefits in hot environments, but its use should be approached with caution due to physiological risks. Prescription should be individualized, and further studies with greater methodological standardization and representative samples are needed.

Key words: Caffeine; Exercise; Physical performance; Thermoregulation; Ergogenic Substance

INTRODUÇÃO

A cafeína é frequentemente consumida por atletas, por causa dos seus possíveis efeitos ergogênicos. No contexto do esporte, este termo caracteriza qualquer estratégia que possa potencializar a capacidade de trabalho e, em última instância, o desempenho esportivo (Malfatti e colaboradores, 2008). São substâncias ou artifícios utilizados com objetivo de melhorar o desempenho esportivo e a recuperação após o exercício. A palavra ergogênico é derivada das palavras gregas: ergo (trabalho) e gen (produção) (Altimari e colaboradores, 2010).

A maioria dos ergogênicos tem como propósito aumentar a performance pela intensificação da potência física, da força mental ou do limite mecânico e, dessa forma, prevenir ou retardar o início da fadiga (Pereira, 2014). No caso da cafeína, seu efeito estimulante no sistema nervoso central, pode reduzir a percepção de esforço e aumentar a mobilização de ácidos graxos livres, o que pode resultar em melhora do desempenho esportivo (Fuji e colaboradores, 2021).

Ainda assim, embora a cafeína seja frequentemente associada a benefícios ergogênicos, há dúvidas se as circunstâncias ambientais podem atenuar o impacto de seus efeitos, principalmente em ambientes de calor extremo. O calor poderia aumentar a pressão no sistema cardiovascular e no sistema termo regulatório, fazendo com que o efeito fisiológico positivo da cafeína não seja obtido, descartando a melhora no desempenho. Assim, existe a hipótese da cafeína afetar as reações que promovem a termorregulação, diminuindo a capilaridade nas extremidades e interferindo na temperatura central ou do core (Hunt e colaboradores, 2021).

É fato que a cafeína pode aumentar a produção de calor e a diurese durante o exercício, acelerando a hipertermia e a desidratação, mas há relatos desses efeitos serem insignificantes. Ainda não se sabe exatamente como a cafeína afeta fisiologicamente o desempenho e o corpo durante o exercício no calor. Desse modo, é essencial desvendar se a cafeína traz benefícios, malefícios ou riscos ao ser ingerida em condições de calor intenso (Fuji e colaboradores, 2021).

Diante das divergências sobre o tema apresentadas na literatura, o presente estudo tem como objetivo investigar os efeitos da suplementação de cafeína no desempenho esportivo em climas quentes.

MÉTODOS

Para responder a pergunta de pesquisa foi realizada uma revisão integrativa de literatura.

CRITÉRIOS DE ELEGIBILIDADE

Foram incluídos estudos originais que investigaram o efeito da suplementação de cafeína no desempenho esportivo em ambientes naturalmente ou artificialmente com temperaturas elevadas, nos últimos 10 anos. Apenas pesquisas realizadas em humanos, adultos e praticantes de exercícios físicos foram selecionadas. Foram excluídos os artigos de revisão, metanálises, estudos realizados em animais ou *in vitro*, livros e outras publicações técnico-científicas. Também estiveram entre os critérios de exclusão as publicações em idiomas diferentes do inglês ou português.

FONTES DE INFORMAÇÃO

Na base de dados eletrônica PubMed foi a fonte de informação, nas quais os estudos foram pesquisados para obtenção de artigos relevantes sobre o tema.

ESTRATÉGIA DE BUSCA

Os termos de busca utilizados foram *"caffeine supplementation" OR caffeine AND exercise OR heat OR thermoregulation OR hydration OR humidity OR hot*. Eles foram aplicados tanto em inglês quanto em português nas bases de dados mencionadas. Na base de dados, aplicaram-se os filtros, quando disponíveis, para espécie estudada, faixa etária, idioma, tipo de estudo e tempo da publicação.

PROCESSO DE SELEÇÃO

Os títulos e resumos dos artigos retornados foram avaliados conforme os critérios de inclusão e a relevância para o tema investigado. Os estudos que passaram por essa triagem foram lidos na íntegra para confirmação de sua elegibilidade, sendo selecionados apenas aqueles que analisaram dados aplicáveis ao desempenho esportivo.

PROCESSO DE COLETA DE DADOS

O processo de coleta de dados baseou-se nos artigos selecionados, contemplando aspectos como os dados demográficos da amostra, as condições ambientais dos testes, o protocolo de suplementação de cafeína, os parâmetros de desempenho, os efeitos fisiológicos da cafeína na amostra, além dos desfechos primários e secundários, e potenciais efeitos adversos. Foram analisados dados sobre as alterações na produção de calor (efeito termogênico), temperatura corporal central e fluxo sanguíneo, conforme disponibilizados nos resultados dos estudos e extraídos após a leitura completa dos artigos. Nesse processo, foram considerados a qualidade metodológica dos estudos e a relevância dos resultados para o desempenho esportivo em ambientes quentes.

A lista de desfechos incluídos na análise compreendeu a produção de calor metabólico, a temperatura corporal central, o fluxo sanguíneo cutâneo e cerebral, a percepção de esforço, o conforto térmico, a pressão arterial máxima, o VO2 máx e a ventilação pulmonar.

ANÁLISE DOS DADOS

Durante a análise dos dados extraídos dos resultados apresentados nos artigos selecionados, foi feita a comparação de valores médios de parâmetros de desempenho entre os estudos realizados em ambientes quentes, a fim de verificar se houve melhora ou não no desempenho dos atletas quando suplementados com cafeína.

RESULTADOS

A busca pelos termos nas bases de dados retornou 3.928 artigos, dos quais nove foram selecionados para a revisão. Dentre estes, a origem dos estudos variou entre Reino Unido, Japão e Austrália, Estados Unidos e Estônia. Todos foram ensaios clínicos randomizados (ECR) duplo-cegos, sendo quatro deles de desenho cruzado, com um total de 118 participantes, sendo 94 homens e 24 mulheres, com idades médias variando de 19 a 42 anos.

Os participantes incluídos nos estudos foram, em geral, indivíduos fisicamente ativos e saudáveis, com experiência em esportes variados. Com isso, analisaram atletas recreativos e profissionais, incluindo jogadores de futebol, ciclistas experientes e corredores de longa distância. A cafeína foi administrada em doses variando de 3 a 6 mg/kg de peso corporal, conforme pode ser visualizado no Quadro 1, geralmente uma hora antes das atividades físicas, realizadas em condições de calor ou hipoxia, simulando situações de estresse ambiental.

Quadro 1. Resumo dos dados extraídos dos artigos científicos selecionados para a revisão (n= 9)

Autor/Ano	Local	N (H/M)	Idade (anos)	Dados Demográficos	Condições Ambientais	Protocolo de Suplementação	Parâmetros de Desempenho	Efeitos Fisiológicos
Kevin John e colaboradores (2024)	Reino Unido	12 (12 / 0)	23 ± 4	Atletas recreativos, ativos em esportes de equipe e endurance	T 35°C e UR 40%	cafeína - 5 mg/kg 1h antes do exercício	TTE, $\dot{V}O2$, temperatura corporal	Aumento da produção de calor, redução do fluxo sanguíneo na pele e aumento da taxa de suor
Beaumont e James (2017)	Reino Unido	8 (8 / 0)	22 ± 1	VO2 peak: 55.9 ± 5.8 mL·kg−1·min−1, não aclimatados ao calor	T 30°C e 50% UR	6 mg/kg de cafeína 60 min antes do exercício	Trabalho total (kJ) e temperatura central	Melhorou o desempenho em 3,2% com cafeína sem alterar a termorregulação
Fujii e colaboradores (2021)	Japão	12 (12 / 0)	23 ± 2	Jovens ativos, VO2máx 47.7 ± 6.7 mL/kg/min	T 37°C e 50% UR	5 mg/kg de cafeína ingerido 60 min antes do exercício	Ventilação, fluxo sanguíneo cerebral, temperatura central	Causa aumento na hiperventilação e redução no fluxo sanguíneo cerebral sob hipertermia
Nakamura e colaboradores (2020)	Japão	8 (8 / 0)	19,9 ± 0,3	Jogadores de futebol treinados, VO_2 máx.: 50.0 ± 3.1 mL · kg−1 · min−1	T 32 °C e 70% UR	3 mg/kg de cafeína administrados 60 min antes do exercício	Ciclismo com sprints intermitentes (42 séries - 5" de esímulo), medindo trabalho total (kJ)	Aumento no trabalho total ($p < 0.05$), sem impacto significativo na temperatura corporal
Eaton e colaboradores (2016)	Austrália.	8 (8 / 0)	22 ± 2	Jogadores de futebol com treinamento regular	T 30 °C, 15% O_2, 20% UR	Caffeína (3 mg/kg), EAA (7 g duas vezes)	Trabalho médio aumentado em 174 J com cafeína + EAA	Atenuação de fadiga central e aumento de CAR e EMG

Autor/Ano	Local	N (H/M)	Idade (anos)	Dados Demográficos	Condições Ambientais	Protocolo de Suplementação	Parâmetros de Desempenho	Efeitos Fisiológicos
Silva Suvi e colaboradores (2016)	Estônia.	23 (13 / 10)	H = 24,9 ± 4,1 M = 22,5 ± 2,0	Estudantes fisicamente ativos; VO_2 máx. médio de 51.7 (H) e 45.6 $mL \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (M)	T 42 °C e 20% UR	Cafeína 6 mg/kg (4 mg 1h antes e 2 mg antes do teste)	Redução de percepção de esforço e fadiga em homens	Aumento de frequência cardíaca e lactato; sem efeito na temperatura corporal ou tempo de exaustão
Hunt e colaboradores (2021)	Austrália	28 (18 / 10)	Hb: 27 ± 5 Nhb: 23 ± 3	Saudáveis, consumo de cafeína <35 mg/dia (não habituados) ou >100 mg/dia (habituados)	T 30,6 ± 0,9°C e 31 ± 1% UR	5 mg/kg de cafeína ou placebo (maltodextrina), 1h antes	Temperatura esofágica, fluxo sanguíneo da pele, taxa de suor local, pressão arterial média, frequência cardíaca	Aumento maior na temperatura esofágica e redução do fluxo sanguíneo na pele nos habituados; sem alterações significativas no suor total ou na taxa local de suor
Pitchford e colaboradores (2014)	Austrália	9 (9 / 0)	32 ± 10	Ciclistas experientes, consumo habitual de cafeína: 100–300 mg/dia	T 35 °C e 25% UR	3 mg/kg de cafeína ou placebo ingerido 90 min antes do exercício	Tempo de conclusão da prova, frequência cardíaca, temperatura corporal, VO2 e RPE	Melhora do tempo de conclusão com cafeína (3806 ± 359 s) comparado ao placebo (4079 ± 333 s). Pequeno aumento na frequência cardíaca, temperatura corporal e VO2 com cafeína.

Autor/Ano	Local	N (H/M)	Idade (anos)	Dados Demográficos	Condições Ambientais	Protocolo de Suplementação	Parâmetros de Desempenho	Efeitos Fisiológicos
Hanson e colaboradores (2018)	EUA	10 (6 / 4)	26 ± 9 anos	Corredores de longa distância treinados, saudáveis, com experiência em treinos em condições quentes e úmidas.	T 30,6 °C e 50% UR	Ingestão de 3 mg/kg ou 6 mg/kg de cafeína ou placebo, 60 minutos antes do exercício.	Tempo de conclusão (10 km), frequência cardíaca (HR), temperatura corporal (CT), RPE, concentração de lactato.	Aumento significativo na taxa de armazenamento de calor no grupo 6 mg/kg de cafeína; sem melhora de desempenho em nenhuma condição de suplementação.

*Legenda: H= homem; M= mulher; T= temperatura ambiental; UR= Umidade Relativa ; TTE= tempo até exaustão; EAA= Aminoácidos Essenciais ; CAR= recrutamento voluntário central; EMG= eletromiografia; Hb= habituados; Nhb= não habituados; RPE= percepção subjetiva de esforço

Entre os parâmetros de desempenho ou fisiológicos mais frequentes estavam o tempo até a exaustão (TTE), trabalho total realizado (medido em kiloJoules), temperatura corporal, frequência cardíaca, taxa de suor e ventilação. Outros aspectos analisados incluíram fluxo sanguíneo cerebral e da pele, pressão arterial média, percepção de esforço (RPE), concentração de lactato e indicadores metabólicos como o consumo de oxigênio (VO_2). Esses parâmetros fornecem um panorama abrangente das respostas fisiológicas e do impacto da suplementação de cafeína, especialmente em condições ambientais controladas e esforços variados. Esses estudos demonstraram que a suplementação de cafeína exerce diversos efeitos fisiológicos relevantes, como aumento da produção de calor, da taxa de suor e da frequência cardíaca, além de redução do fluxo sanguíneo na pele e no cérebro em condições de hipertermia.

Observou-se melhora no desempenho físico em 44% (n=4) dos estudos analisados, melhora nos sprints intermitentes (Nakamura et al., 2020), melhora na capacidade em sprints repetidos (Eaton e colaboradores, 2016), redução na percepção de esforço (Silva Suvi e colaboradores, 2016) e redução no tempo para completar a prova de ciclismo no calor (Pitchford e colaboradores, 2014) mesmo com pequeno aumento na frequência cardíaca, temperatura corporal, RPE, VO2 e taxa de suor. Em 75% dos estudos que foram encontrados efeitos positivos, a suplementação da cafeína foi feita com doses menores (3 mg/kg) e em exercícios de curta duração.

Quatro estudos (44%) mostraram efeitos negativos para suplementação de cafeína em climas quentes, sendo que (Kevin John e colaboradores, 2024) que verificaram maior desconforto térmico e aumento da temperatura central, (Beaumont e James, 2017) houve um aumento no trabalho realizado em comparação ao uso de placebo, maior taxa de suor e aumento na temperatura central nos suplementados, (Fuji e colaboradores, 2021) observaram um aumento na ventilação, redução do fluxo cerebral com aumento de 1,5°C na temperatura central e aumento da frequência cardíaca e estresse cardiovascular com a cafeína, enquanto (Hanson e colaboradores, 2018) encontraram aumento da taxa de armazenamento de calor após uso de cafeína. Evidenciando que o aumento de temperatura central e dificuldade de controle do calor produzido no exercício físico foi o principal efeito negativo entre os suplementados.

Apenas um estudo (Lindsey e colaboradores, 2021) relatou outro efeito adverso relacionado à suplementação de cafeína, no caso associado a leves sintomas de

abstinência, como fadiga e dores de cabeça, em indivíduos habituados que receberam placebo.

DISCUSSÃO

Dentre os estudos selecionados foram investigados parâmetros fisiológicos e de desempenho em atletas de diferentes modalidades, submetidos a condições de temperaturas elevadas. A partir disso, foi possível verificar que a cafeína pode influenciar a percepção de esforço, a capacidade de resistência e a termorregulação, com efeitos variáveis dependendo da dose e das condições ambientais. Nem sempre essas respostas metabólicas se mostraram positivas para a condição de exercício físico praticada, demonstrando um papel ambíguo para o desempenho físico nessas condições.

Na literatura em geral, em que a maioria dos estudos são realizados em climas temperados e ambientes controlados (Guest e colaboradores, 2021), a cafeína é reconhecida por seu potencial ergogênico, especialmente em exercícios de resistência, sendo sua atuação majoritariamente atribuída à estimulação do sistema nervoso central e ao bloqueio dos receptores de adenosina. Esse mecanismo central contribui diretamente para a redução da fadiga e da percepção subjetiva de esforço (RPE), promovendo melhor desempenho físico, mesmo em doses moderadas como 3 mg/kg, sem alterações significativas em variáveis fisiológicas periféricas (Polito, Grandolfi e Souza, 2019).

Esse efeito ergogênico central é reforçado por achados neuroquímicos que demonstram que a cafeína, ao antagonizar os receptores de adenosina, aumenta a atividade de neurotransmissores como dopamina, noradrenalina e serotonina, elevando o estado de alerta, a motivação e a tolerância ao esforço (Meeusen e colaboradores 2013). Além disso, fatores psicofisiológicos, como expectativa e conhecimento prévio de desempenho, podem atuar em sinergia com os efeitos da cafeína, embora os benefícios observados pareçam ocorrer independentemente da percepção consciente de ingestão da substância, sugerindo que sua ação supera o efeito placebo (Polito, Grandolfi e Souza, 2019).

No Reino Unido, ao verificar o efeito da ingestão de cafeína no desempenho, (Davenport e colaboradores, 2020) demonstraram que 200 mg da substância associada a outros nutrientes e não nutrientes cerca de 35 minutos antes do exercício resultou em redução significativa da percepção de esforço durante atividade constante e em melhoria de 5% no desempenho subsequente em contrarrelógio. Considerando que naquela região os climas são mais amenos ou frios, é importante observar que os

resultados encontrados podem não ser totalmente aplicáveis a ambientes quentes, onde a carga térmica imposta ao organismo é significativamente maior.

Embora esses efeitos sejam amplamente documentados em condições ambientais amenas, é necessário considerar que a resposta à cafeína pode se modificar significativamente em contextos de maior estresse térmico. Em condições de calor, há um aumento da fadiga central e do estresse térmico, o que pode comprometer a efetividade da cafeína na modulação da percepção de esforço e do desempenho. Portanto, embora os achados de (Davenport e colaboradores, 2020) sejam relevantes, é necessário cautela ao extrapolar seus resultados para contextos de altas temperaturas, como os investigados nesta pesquisa, nos quais o ambiente exerce influência direta sobre a resposta fisiológica e perceptiva ao exercício.

Esse possível comprometimento dos efeitos ergogênicos da cafeína em altas temperaturas está intimamente relacionado às limitações impostas pelo próprio processo de termorregulação durante o exercício. A termorregulação é o mecanismo pelo qual o corpo controla sua temperatura interna, mesmo diante de variações ambientais ou do esforço físico. Durante o exercício, os músculos geram grande quantidade de calor, e para evitar o superaquecimento, o organismo ativa respostas como a vasodilatação cutânea (aumento do fluxo sanguíneo para a pele) e a sudorese (produção de suor). Esses mecanismos ajudam a dissipar o calor, principalmente por evaporação. No entanto, em ambientes quentes ou úmidos, a dissipação se torna menos eficiente, o que pode levar ao aumento da temperatura corporal, causando fadiga**,** queda no desempenho e, em casos extremos, hipertermia (Lenasi e Šijanec, 2023).

Em ambientes quentes, a suplementação com cafeína pode comprometer a termorregulação, mesmo sem promover melhora no desempenho físico. De acordo com (John e colaboradores, 2024), a ingestão de 5 mg/kg de cafeína resultou em aumento de 7,9% na produção metabólica de calor e em elevação significativa da temperatura corporal central (0,6%) em comparação ao placebo. Apesar de ter promovido um aumento na taxa de sudorese (21%) e na transferência de calor por evaporação (16,5%), a cafeína também reduziu em 14,1% o fluxo sanguíneo cutâneo, dificultando a dissipação de calor. Além disso, os participantes relataram um desconforto térmico 18,3% maior com cafeína, embora não houvesse diferença na percepção de esforço. Esses resultados sugerem que, em condições de estresse térmico, a cafeína pode gerar um acúmulo de calor corporal que sobrecarrega os

mecanismos termorregulatórios, anulando seus efeitos ergogênicos e aumentando o risco de distúrbios relacionados ao calor (John e colaboradores, 2024).

Tal resposta pode estar associada ao conhecido efeito termogênico da cafeína, amplamente explorado no contexto da redução de gordura corporal por atletas e praticantes de exercício. Esse efeito ocorre de forma indireta sobre o tecido adiposo, promovendo maior mobilização de triglicerídeos e ácidos graxos livres, que são utilizados como fonte de energia. Além disso, a cafeína atua inibindo a enzima fosfodiesterase, o que eleva os níveis de adenosina monofosfato cíclico (AMPc), um mensageiro celular que ativa lipases — enzimas responsáveis pela quebra dos triglicerídeos. Esse processo, conhecido como lipólise, estimula a oxidação de ácidos graxos nas mitocôndrias, aumentando o gasto energético e, consequentemente, a produção de calor (Andrade e colaboradores, 2023).

Sendo assim, a prática de exercício físico em ambientes quentes pode levar à hipertermia, caracterizada pela elevação da temperatura corporal central, o que traz consequências negativas tanto para o desempenho quanto para a saúde. Dentre os principais efeitos fisiológicos, destaca-se o aumento da frequência cardíaca e a redução do volume sistólico, o que compromete o débito cardíaco e a oferta de oxigênio aos músculos ativos. Além disso, a hipertermia pode prejudicar a função neuromuscular, dificultando o recrutamento de unidades motoras e reduzindo a produção de força. Também há impacto negativo sobre funções cognitivas, como a tomada de decisão e o controle motor, fatores essenciais em diversas modalidades esportivas. A desidratação, que tende a ser intensificada nesses ambientes, agrava ainda mais o quadro, já que a perda de líquidos pelo suor se torna maior e a sensação de sede pode ser reduzida, dificultando a reposição adequada. Em casos mais extremos, temperaturas corporais acima de 40 °C podem causar exaustão pelo calor ou até intermação, condições que representam risco à vida (Oliveira e colaboradores, 2014).

A importância desses achados para a prática clínica está diretamente relacionada à segurança e à individualização da suplementação com cafeína. Reconhecida como uma das substâncias ergogênicas mais eficazes e amplamente utilizadas no esporte, a cafeína apresenta efeitos positivos sobre o desempenho físico, incluindo melhorias na resistência muscular, força, velocidade de movimento, desempenho em sprints e habilidades específicas em diferentes modalidades esportivas. No entanto, conforme ressalta a *International Society of Sports Nutrition* (ISSN, 2021), é essencial considerar

que as respostas fisiológicas à cafeína podem variar entre os indivíduos, o que exige uma abordagem personalizada em sua prescrição.

Essa necessidade de individualização torna-se ainda mais crítica quando se trata de atletas ou praticantes de atividade física expostos a ambientes quentes. Nesses contextos, variáveis como frequência cardíaca, pressão arterial e estado de hidratação já se encontram naturalmente comprometidas pelas condições térmicas (Keong, Singh e Singh, 2004), podendo ser ainda mais afetadas pela ingestão de cafeína. Dessa forma, conhecer os efeitos da substância em situações de estresse térmico permite que profissionais da saúde e do esporte façam ajustes seguros na dosagem, minimizando riscos e potencializando os benefícios ergogênicos, sempre respeitando os limites fisiológicos de cada indivíduo.

É preciso considerar também que, apesar do amplo reconhecimento da cafeína como recurso ergogênico, seus efeitos durante o exercício em ambientes com altas temperaturas ainda são pouco compreendidos. A maior parte dos estudos existentes foi conduzida em condições climáticas neutras ou frias (Guest e colaboradores, 2021), o que limita significativamente a aplicabilidade prática desses achados a regiões tropicais ou cenários de calor extremo, como os enfrentados por muitos atletas brasileiros. De acordo com análise bibliométrica recente, apenas 35 estudos publicados entre 1994 e 2024 investigaram especificamente a relação entre cafeína e exercício físico em ambientes quentes, evidenciando a escassez de pesquisas na área (Li e colaboradores, 2024).

Além da baixa quantidade de estudos, os resultados disponíveis apresentam grande variabilidade, o que dificulta a formulação de recomendações clínicas seguras e padronizadas (John e colaboradores, 2024). Essa falta de consistência reforça a necessidade de novas investigações que explorem não apenas os efeitos da cafeína sobre o desempenho físico, mas também os riscos fisiológicos associados à sua utilização sob estresse térmico como a termorregulação prejudicada, a desidratação e a redução da tolerância ao calor. Avançar nesse campo de pesquisa é essencial para orientar condutas baseadas em evidência, promovendo o uso responsável da cafeína no contexto esportivo.

Esse conhecimento é fundamental para orientar o atleta quanto ao momento mais adequado para a ingestão da cafeína, bem como aos sinais clínicos que devem ser monitorados como desconforto térmico, agitação, taquicardia ou sudorese excessiva e às situações em que o uso deve ser evitado, como em casos de sensibilidade

aumentada ou histórico de ansiedade. Assim, a prescrição da cafeína deve considerar não apenas o desempenho esportivo, mas também a preservação da saúde e do bem-estar geral do praticante (ISSN, 2021).

Considerando as evidências ainda limitadas e, por vezes, contraditórias sobre os efeitos da cafeína em ambientes de altas temperaturas, recomenda-se que estudos futuros adotem maior padronização nas doses utilizadas, a fim de permitir comparações mais consistentes entre investigações. Seria relevante que novas pesquisas comparassem diferentes dosagens de cafeína dentro da mesma amostra, utilizando um delineamento cruzado (crossover), o que possibilitaria o controle das variabilidades individuais e fortaleceria a validade interna dos achados. Além disso, destaca-se a importância de conduzir estudos com amostras maiores e mais representativas, ampliando o poder estatístico e a generalização dos resultados.

CONCLUSÃO

A suplementação de cafeína pode proporcionar benefícios ao desempenho esportivo mesmo em climas quentes, especialmente em exercícios de curta duração e alta intensidade, quando administrada até doses moderadas (3 mg/kg de peso corporal). Entre os principais efeitos positivos observados, destacam-se a melhora no desempenho em sprints intermitentes e repetidos, a redução na percepção de esforço e a diminuição do tempo para completar provas no calor.

No entanto, o uso da cafeína em condições de alta temperatura também apresentou efeitos adversos significativos, como aumento da frequência cardíaca, maior desconforto térmico, elevação da temperatura central e estresse cardiovascular, especialmente em doses mais altas (6 mg/kg). Esses fatores podem prejudicar a manutenção de altas intensidades devido à dificuldade na termorregulação, com isso comprometer a segurança e o bem-estar do atleta.

Portanto, a suplementação de cafeína deve ser avaliada com cautela, considerando não apenas o benefício potencial no desempenho, mas também os riscos fisiológicos envolvidos, principalmente em condições ambientais desafiadoras.

REFERÊNCIAS

Altimari, L.R.; Tirapegui, J.; Okano, A.H.; Franchini, E.; Takito, M.Y.; Avelar, A.; Altimari, J.M.; Cyrino, E.S. Efeitos da suplementação prolongada de creatina mono-hidratada sobre o desempenho anaeróbio de adultos jovens treinados. Revista Brasileira de Medicina do Esporte. Londrina. Vol. 16. Num. 3. 2010. p. 186–190.

Andrade, J.S.; Pereira, W.C.S.; Souza, J.M.T.; Zama, J.H.; Vieira, R.J.; Thomé, G.Z.; Rigone, P.D.G.; Silva, I.C.P.; Vieira, S.L.V. Efeitos da cafeína no organismo humano. Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR. Umuarama. v. 27. n. 7. 2023. p. 3931–3946.

Chen, C.K.; Singh, R.; Singh, H.J. High ambient temperature impairs endurance performance in heat-adapted recreational athletes. Asian Journal of Exercise & Sports Science (AJESS). Kelantan. 2004. p. 54–61.

Davenport, A.D.; Jameson, T.S.O.; Kilroe, S.P.; Monteyne, A.J.; Pavis, G.F.; Wall, B.T.; Dirks, M.L.; Alamdari, N.; Mikus, C.R.; Stephens, F.B. A randomised, placebo-controlled, crossover study investigating the optimal timing of a caffeine-containing supplement for exercise performance. Sports Medicine – Open. Exeter. Vol. 6. 2020. p. 1–12.

Eaton, T.R.; Potter, A.; Billaut, F.; Panchuk, D.; Pyne, D.B.; Gore, C.J.; Chen, T.T.; McQuade, L.; Stepto, N.K. A Combination of Amino Acids and Caffeine Enhances Sprint Running Capacity in a Hot, Hypoxic Environment. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. Melbourne. Vol. 26. 2016. p. 33–45.

Fujii, N.; Fujimoto, T.; Yinhang, C.; Dobashi, K.; Matsutake, R.; Amano, T.; Watanabe, K.; Nishiyasu, T. Caffeine Exacerbates Hyperventilation and Reductions in Cerebral Blood Flow in Physically Fit Men Exercising in the Heat. Medicine & Science in Sports & Exercise. Tsukuba. Vol. 53. Num. 4. 2021. p. 845–852.

Graham, T.E. Caffeine and Exercise: Metabolism, Endurance and Performance. Sports Medicine. Guelph. Vol. 31. Num. 11. 2001. p. 785–807.

Guest, N.S.; VanDusseldorp, T.A.; Nelson, M.T.; Grgic, J.; Schoenfeld, B.J.; Jenkins,

N.D.M.; Arent, S.M.; Antonio, J.; Stout, J.R.; Trexler, E.T.; Smith-Ryan, A.E.; Goldstein, E.R.; Kalman, D.S.; Campbell, B.I. International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2021. Vol. 18. Num. 1. p. 1.

Hanson, N.J.; Martinez, S.C.; Byl, E.N.; Maceri, R.M.; Miller, M.G. Increased Rate of Heat Storage, and No Performance Benefits, With Caffeine Ingestion Before a 10-km Run in Hot, Humid Conditions. International Journal of Sports Physiology and Performance. Kalamazoo. Vol. 14. Num. 2. 2019. p. 196–202.

Hunt, L.A.; Hospers, L.; Smallcombe, J.W.; Mavros, Y.; Jay, O. Caffeine Alters Thermoregulatory Responses to Exercise in the Heat Only in Caffeine-Habituated Individuals: A Double-Blind Placebo-Controlled Trial. Journal of Applied Physiology. Sydney. Vol. 131. Num. 5. 2021. p. 1300–1310.

Jo, E.; Lewis, K.L.; Higuera, D.; Hernandez, J.; Osmond, A.D.; Directo, D.J.; Wong, M. Dietary Caffeine and Polyphenol Supplementation Enhances Overall Metabolic Rate and Lipid Oxidation at Rest and After a Bout of Sprint Interval Exercise. Journal of Strength and Conditioning Research. Pomona. Vol. 30. Num. 7. 2016. p. 1871–1879.

John, K.; Kathuria, S.; Peel, J.; Page, J.; Aitkenhead, R.; Felstead, A.; Heffernan, S.M.; Jeffries, O.; Tallent, J.; Waldron, M. Caffeine Ingestion Compromises Thermoregulation and Does Not Improve Cycling Time to Exhaustion in the Heat Amongst Males. European Journal of Applied Physiology. Canberra. Vol. 124. Num. 11. 2024. p. 2489–2502.

Lenasi, H.; Šijanec, J. The physiology of thermoregulation in exercise: a brief review. Southeastern European Medical Journal. Ljubljana. Vol. 7. Num. 1. 2023. p. 13–27.

Li, H.; Yang, Y.; Liu, Q.; Liu, L.; Zhang, G.; Zhang, X.; Yin, M.; Cao, Y. The Effects of Caffeine on Exercise in Hot Environments: A Bibliometric Study. Nutrients. Ya'an. Vol. 16. Num. 3692. 2024.

Malfatti, C.R.M.; de Laat, E.F.; Soler, L.; Bronkhorst, I. O uso de recursos ergogênicos e seus efeitos na saúde e performance física de atletas. Cinergis. Guarapuava. Vol. 9. Num. 1. 2008. p. 7–14.

Nakamura, D.; Tanabe, Y.; Arimitsu, T.; Hasegawa, H.; Takahashi, H. Low Caffeine Dose Improves Intermittent Sprint Performance in Hot and Humid Environments. Journal of Thermal Biology. Tokyo. Vol. 93. 2020. p. 102698.

Pereira, L.P. Utilização de recursos ergogênicos nutricionais e/ou farmacológicos em uma academia da cidade de Barra do Piraí, RJ. Revista Brasileira de Nutrição Esportiva. São Paulo. Vol. 8. 2014. Núm. 43. p. 58–64.

Pitchford, N.W.; Fell, J.W.; Leveritt, M.D.; Desbrow, B.; Shing, C.M. Effect of Caffeine on Cycling Time-Trial Performance in the Heat. Journal of Science and Medicine in Sport. Tasmania. Vol. 17. Num. 4. 2014. p. 445–449.

Polito, M.D.; Grandolfi, K.; Souza, D.B. Caffeine and resistance exercise: the effects of two caffeine doses and the influence of individual perception of caffeine. European Journal of Sport Science. Londrina. Vol. 19. Num. 10. 2019. p. 1342–1348.

Silva Suvi, S.; Timpmann, S.; Tamm, M.; Aedma, M.; Kreegipuu, K.; Ööpik, V. Effects of Caffeine on Endurance Capacity and Psychological State in Young Females and Males Exercising in the Heat. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism. Tartu. Vol. 41. Num. 6. 2016. p. 636–643.