

SUPLEMENTAÇÃO DE CAFEÍNA EM ATLETAS DE ESPORTES COLETIVOS: REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE

Vitor Xavier Crivelin¹ Alexandre Moreira² Mayara de Faria Ramos³ Caroline Dário Capitani¹ Marcelo Saldanha Aoki³

RESUMO

A cafeína (CAF) é uma substância com propriedades estimulantes, amplamente, utilizada pelos atletas. Contudo, a eficácia dessa substância em ambientes competitivos, em esportes coletivos, ainda carece de elucidação, visto que a maioria dos estudos nessa temática têm utilizado testes laboratoriais. Portanto, o objetivo do presente estudo foi analisar os efeitos da suplementação de CAF sobre o desempenho de jogo (partidas simuladas e oficiais) e salto vertical em esportes coletivos. A revisão sistemática, seguida de meta-análise foi realizada entre maio e junho de 2019 na base de dados *Pubmed/MEDLINE*, *EMBASE*, *Web of Science* e *SPORTDiscuss*. Foram identificados 6485 registros que atendiam as palavras-chave utilizadas. Vinte e um estudos foram incluídos na revisão sistemática e 19 incluídos na meta-análise. Efeito significativo foi observado em favor da CAF para: 1) a distância total percorrida durante simulações de jogos (Glass's $\Delta = 0,44$; 95%IC = 0,17 – 0,70; $p < 0,01$), 2) o número de sprints realizados durante partidas simuladas (Glass's $\Delta = 0,33$; 95%IC = 0,06 – 0,59; $p = 0,02$) e a altura do salto vertical (Glass's $\Delta = 0,25$; 95%IC = 0,09 – 0,41; $p = 0,02$). A média de altura dos saltos verticais consecutivos, após o consumo de CAF, apresentou aumento, com tamanho do efeito pequeno (Glass's $\Delta = 0,27$; 95%IC = -0,04 – 0,57; $p = 0,08$). O efeito combinado dos saltos verticais com os saltos verticais consecutivos demonstrou melhora após CAF (Glass's $\Delta = 0,25$; 95%IC = 0,11 – 0,39; $p = 0,0004$). Os resultados sugerem que a suplementação de CAF é uma estratégia nutricional eficaz para melhorar o desempenho atlético em algumas tarefas específicas, relacionadas aos esportes coletivos. Futuros estudos, bem controlados com amostras maiores, explorando diferentes esportes coletivos, com distintos níveis de desempenho dos atletas e outras medidas de desempenho em jogo e atributos relacionados ao desempenho no esporte coletivo, são necessários para o avanço do conhecimento na temática.

Palavras-chave: desempenho atlético; revisão sistemática; meta-análise; cafeína.

Afiliação: 1 – Faculdade de Ciências Aplicadas, UNICAMP, BRASIL; 2 Escola de Educação Física e Esporte, USP, Brasil; 3 – Escola de Artes, Ciências e Humanidade, USP, Brasil.

* Autor correspondente. aoki.ms@usp.br; Universidade de São Paulo, Avenida Arlindo Bettio, 1000, 03828-000, São Paulo, SP, Brasil.

CAFFEINE SUPPLEMENTATION IN TEAM SPORTS ATHLETES: SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

ABSTRACT

Caffeine (CAF) is a substance with stimulating properties, widely used by athletes. However, its effectiveness in competitive environments, particularly in team sports, remains unclear, as most studies in this area have employed laboratory tests. Therefore, the aim of the present study was to analyze the effects of CAF supplementation on game performance (in simulated and official matches) and vertical jump in team sports. A systematic review followed by a meta-analysis was conducted between May and June 2019 using the databases PubMed/MEDLINE, EMBASE, Web of Science, and SPORTDiscus. A total of 6,485 records were identified based on the keywords used. Twenty-one studies were included in the systematic review, and 19 were included in the meta-analysis. A significant effect was observed in favor of CAF for: 1) the total distance covered during game simulations (Glass's $\Delta = 0.44$; 95% CI = 0.17–0.70; $p < 0.01$), 2) the number of sprints performed during simulated matches (Glass's $\Delta = 0.33$; 95% CI = 0.06–0.59; $p = 0.02$), and vertical jump height (Glass's $\Delta = 0.25$; 95% CI = 0.09–0.41; $p = 0.02$). The mean height of consecutive vertical jumps after CAF consumption showed an increase, with a small effect size (Glass's $\Delta = 0.27$; 95% CI = -0.04–0.57; $p = 0.08$). The combined effect of vertical jumps and consecutive vertical jumps demonstrated improvement following CAF (Glass's $\Delta = 0.25$; 95% CI = 0.11–0.39; $p = 0.0004$). The results suggest that CAF supplementation is an effective nutritional strategy to enhance athletic performance in specific tasks related to team sports. Well-controlled future studies with larger samples, exploring different team sports, varying levels of athlete performance, and other measures of game performance and attributes related to team sport performance, are necessary to advance knowledge in this area.

Key words: athletic performance; systematic review; meta-analysis; caffeine.

Introdução

A cafeína (CAF; 1,3,7 trimetilxantina) é um estimulante, que está presente em diversos alimentos como café, chocolates, chás, cacau e alguns refrigerantes, sendo a substância psicoativa mais consumida no mundo^{1,2}. O consumo global é justificado pelo potencial estimulante da substância, devido à ação antagonista aos receptores de adenosina^{2,3}; assim como, a estimulação de vias dopaminérgicas que aumentam o estado de excitação e motivação^{4,5}.

Além dos efeitos estimulantes, principalmente sob condições de fadiga^{3,6}, a CAF possui baixo risco à saúde⁷. Em virtude dessas propriedades, em 2004, a WADA retirou a CAF de sua lista de substâncias proibidas, considerando aceitável qualquer concentração de CAF na corrente sanguínea⁸. Após essa decisão, estima-se que 3 entre 4 atletas de nível competitivo nacional e internacional passaram a fazer uso dessa substância⁹. Apesar de proporcionar efeito positivo moderado, e em algumas ocasiões específicas, possuir a mesma magnitude do efeito placebo (PLA)^{10,11}, a CAF é considerada substância ergogênica em diversos esportes, incluindo os de *endurance*^{12,13}, esportes coletivos^{14,15} e atividades de força^{16,17}. Recentemente, a CAF foi indicada pelo COI como um dos poucos suplementos eficazes¹⁸.

A competição impõe sobre os atletas não apenas elevadas demandas físicas específicas^{19,20}, mas também afeta componentes psicológicos e cognitivos^{21,22}. Mais especificamente em relação à demanda física dos esportes coletivos, o desempenho nas tarefas de potência de membros inferiores tem sido considerado como importante atributo^{23,24}. A realização proficiente de inúmeras ações que ocorrem durante as partidas como, por exemplo, as acelerações, desacelerações, mudanças de direção e corridas de alta intensidade parece estar associada à capacidade de produção de potência em curtos intervalos de tempo^{25,26}. Assim, a utilização de recursos ergogênicos que possam aumentar o desempenho atlético durante a competição e influenciar o desempenho em ações relacionadas a produção de potência, notadamente a capacidade de salto vertical, desperta interesse de pesquisadores, atletas e profissionais envolvidos com o esporte coletivo. Entretanto, apesar dos dados indicando os benefícios da suplementação da CAF em atletas de esportes coletivos^{14,15}, observados na maioria das vezes em testes realizados em laboratórios, não é possível afirmar que esses benefícios irão se manifestar em ambiente esportivo real, ou seja, situações práticas, de caráter competitivo, como por exemplo, maior desempenho no salto vertical nas partidas. Além disso, no esporte coletivo, é possível que efeitos positivos não sejam observados em todos os indivíduos da equipe, considerando a responsividade à CAF, que parece ser relacionada ao genótipo¹⁸. Portanto, o objetivo da presente revisão foi investigar os efeitos da suplementação de CAF sobre parâmetros de desempenho aferidos em partidas simuladas (distância percorrida e quantidade de *sprints*) e oficiais e no salto vertical em atletas de esportes coletivos.

Metodologia

A revisão foi realizada entre os dias 26 de maio e 9 de junho de 2019, nas bases de dados *PubMed/MEDLINE*, *Web of Science*, *EMBASE* e *SPORTDiscuss*. As palavras-chave utilizadas foram baseadas na temática de suplementação de CAF em esportes coletivos. No intuito de contemplar toda a produção científica, não houve restrição para a data de publicação dos estudos e foram incluídas as publicações em todas as línguas. Durante a pesquisa dos artigos, os termos utilizados foram: *caffeine AND (sports OR team sports OR exercise performance OR Volleyball OR Futsal OR Rugby OR Handball OR Soccer OR Basketball OR Hockey OR Football OR simulation OR match)*. Os títulos e resumos obtidos pela busca nas bases de dados foram baixados e incluídos no Mendeley Desktop 1.19.4 (Elsevier, Holanda) e após a inclusão desses resultados, os estudos duplicados foram automaticamente removidos por meio da opção do *software* utilizado, seguidos da remoção manual dos estudos remanescentes²⁷. Após a aplicação desse processo, os títulos e resumos foram lidos para selecionar quais seriam os estudos elegíveis para leitura completa. Os artigos selecionados seguiram processo de leitura completa independente entre dois autores (VC e CC) e qualquer discordância em relação à classificação dos estudos foi posteriormente discutida. Após essa etapa, os estudos selecionados foram incluídos na análise dessa revisão. Por fim, foi realizada busca nas referências dos artigos selecionados para encontrar outros possíveis estudos. A figura 1 sintetiza o processo de inclusão dos estudos na presente revisão.

Os critérios de inclusão para a presente revisão foram: (a) estudos realizados com seres humanos, que continham pelo menos o grupo experimental para a suplementação de CAF, na forma anidra, e outro grupo para a suplementação do PLA, (b) a amostra estudada deveria ser composta por atletas de esportes coletivos, independentemente do nível (universitário/amador/profissional), (c) o desempenho desses atletas deveria ser avaliado em situações de simulações de partidas ou partidas oficiais ou (d) que tivessem avaliado o desempenho de salto vertical.

Os critérios de exclusão foram: (i) a forma de entrega da CAF, desconsiderando estudos que utilizaram café ou goma de mascar, e (ii) estudos que utilizavam a CAF em conjunto com outra substância, sem a presença de outro grupo apenas com CAF. Esses critérios foram utilizados para garantir concentração ótima de CAF por kg de peso, visto que a concentração de CAF do café varia por diversos motivos ambientais do cultivo²⁸ e as gomas de mascar possuem concentração fechada, diferenciando na quantidade de CAF consumida pelos atletas de diferentes pesos.

A qualidade dos estudos incluídos foi avaliada a partir da escala PEDro⁷⁴. Essa escala possui 11 itens, que se referem aos diversos critérios empregados na metodologia dos artigos, como: critério de elegibilidade, aleatoriedade, ocultação da alocação, participação, aplicação e análise de forma cega e a qualidade dos dados reportados. Cada item recebe uma pontuação de “1” caso o critério seja atendido, ou

não recebe pontuação caso esse critério não seja atendido. Apesar de possuir 11 itens, o primeiro item não entra no somatório. Portanto, a pontuação máxima é de “10”. Os estudos são classificados com metodologia de qualidade “excelente” (10-9 pontos); “boa” (8-6 pontos); “razoável” (5-4 pontos) e “baixa” (≤ 3 pontos).

Baseado nos testes utilizados entre os estudos, foram definidas categorias para a extração dos dados que investigaram o efeito da CAF sobre o desempenho em partidas ou no salto vertical. Desse modo, os estudos foram divididos em análises sobre: 1) o desempenho durante simulações ou jogos oficiais (distância percorrida e quantidade de *sprints*) 2) o desempenho de salto vertical (*Counter Movement Jump* – CMJ; *Squat Jumps* – SJ; *Block Jump* – BJ; *Spike Jump* – SPJ; *Abalakov Jump*) ou saltos verticais consecutivos (15 *Rebound Jumps* – 15RJ). Os estudos que incluíram testes específicos para os esportes analisados não foram incluídos.

Os valores das médias, desvios-padrão e número de participantes dos estudos incluídos foram organizados em uma planilha (*Microsoft Excel* 2016, EUA) e incluídos em um *software* para realização da meta-análise (*Review Manager* 5.3, EUA). Foi calculado a diferença média agrupada (Glass's Δ^{29}) em conjunto com intervalo de confiança (IC) de 95%. As diferenças entre as intervenções foram consideradas estatisticamente significantes, utilizando $p < 0,05$ e o tamanho do efeito (TE) sobre a diferença média padronizada entre os estudos, utilizando a classificação de Hopkins³⁰, a qual classifica o tamanho de efeito trivial= $\leq 0,2$; pequeno= $0,2-0,6$; moderado= $>0,6-1,2$ e grande= $>1,2$. Para verificar o nível de heterogeneidade entre as amostras (I^2), foram considerados valores entre 25% e 50% como pouca inconsistência entre a amostra; $>50\%$ até 75% inconsistência média e $>75\%$ alta heterogeneidade entre as amostras utilizadas. Após verificar os valores de I^2 , análises subsequentes de sensibilidade foram aplicadas quando necessário.

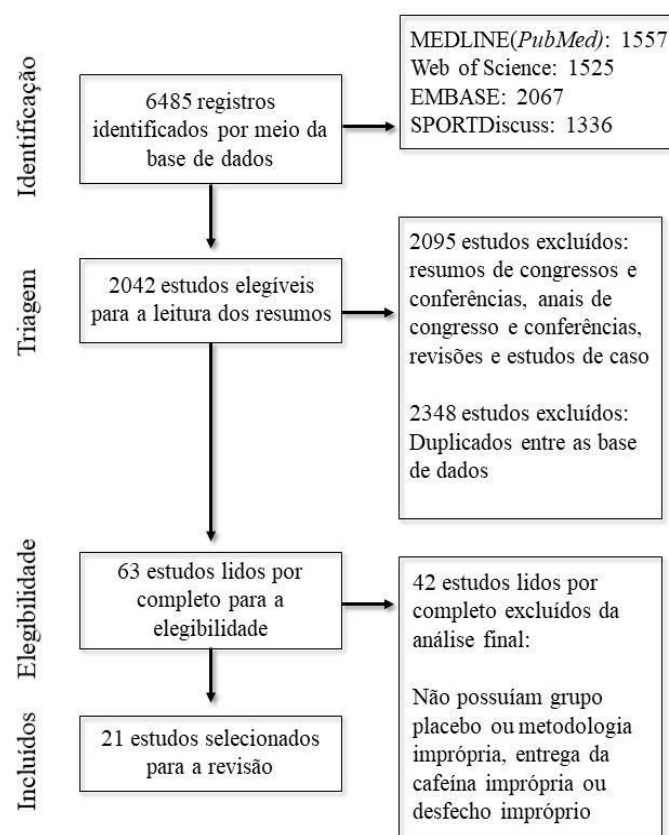


Figura 1 – Fluxograma do processo de análise dos estudos encontrados.

Resultados

A pesquisa utilizando os termos específicos resultou em 63 estudos pré-selecionados. Após essa etapa, 42 estudos foram excluídos por não estarem de acordo com os critérios de inclusão e exclusão, restando 21 artigos para a presente revisão. A tabela 1 apresenta a qualidade metodológica dos artigos selecionados. A tabela 2 resume os principais detalhes de cada um desses artigos. Os estudos totalizaram 335 indivíduos (universitários, $n = 40$; amadores, $n = 102$; profissionais, $n = 153$; indivíduos sem informação sobre o nível de treinamento, $n = 40$), em diferentes esportes coletivos. Todos os estudos utilizaram nível de significância $p < 0,05$ e/ou tamanho do efeito (TE).

Os estudos empregam diferentes estratégias de administração da CAF, na sua forma anidra. Dentro os 21 estudos incluídos na presente revisão, a CAF foi administrada através de cápsulas em 11 deles, enquanto foi administrada por meio de bebidas energéticas em 10, totalizando a média de concentração de CAF entre todos os estudos de 3,5 mg/kg. A amostra total de 335 indivíduos foi composta por 205 homens e 130 mulheres (*Rugby*= 58; *Basquetebol*= 70; *Voleibol*= 57; *Futebol*= 102; *Hockey*= 13; indivíduos que foram classificados como atletas de esportes coletivos sem especificação= 35). Dentre todos os estudos, apenas 3 não demonstraram resultados superiores da CAF em relação ao grupo placebo, enquanto os outros 18 estudos demonstraram que a CAF pode ser utilizada como recurso ergogênico para atletas de esportes coletivos.

As figuras 2 e 3 apresentam os efeitos da CAF nos estudos analisados. O consumo de CAF aumentou 1) a distância total percorrida durante as partidas simuladas ou jogos oficiais (*Glass's* $\Delta = 0,44$; 95% IC= 0,17 – 0,70; TE pequeno; $p = 0,001$), 2) o número de *sprints* realizados (*Glass's* $\Delta = 0,33$; 95% IC= 0,06 – 0,59; TE pequeno; $p = 0,02$) e 3) a altura do salto vertical (*Glass's* $\Delta = 0,25$; 95% IC= 0,09 – 0,41; TE pequeno; $p = 0,002$). A média das alturas para saltos verticais consecutivos não apresentou alteração significativa após o consumo da CAF (*Glass's* $\Delta = 0,27$; 95% IC= 0,04 – 0,41; TE pequeno; $p = 0,08$), contudo, quando combinados os saltos verticais e saltos verticais consecutivos, a alteração demonstrou aumento significativo após o consumo da CAF (*Glass's* $\Delta = 0,25$; 95% IC= 0,11 – 0,39; TE pequeno; $p = 0,0004$). Dentre os estudos da presente revisão, 2 estudos não foram incluídos na meta-análise, pois, os dados necessários não estavam presentes nos respectivos artigos e os autores não retornaram os e-mails reportando esses valores^{31,32}, contudo, esses estudos foram utilizados na discussão.

Tabela 1 – Resultados da escala PEDro* para os estudos selecionado.

Estudo	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6	Item 7	Item 8	Item 9	Item 10	Item 11	Total
Abian-Vicen et al. ⁴³	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	9
Ali et al. ⁴⁴	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	8
Apostolidis et al. ⁴⁸	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	8
Bloms et al. ⁴²	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	7
Del Coso et al. ³³	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	9
Del Coso et al. ³⁴	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	10
Del Coso et al. ³⁵	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	8
Del Coso et al. ³⁶	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	9
Del Coso et al. ⁴¹	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	9
Ellis et al. ⁴⁹	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	7
Fernández-Campos et al. ⁵¹	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	8
Foskett et al. ⁴⁵	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	8
Lara et al. ³⁷	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	8
Pérez-López et al. ³⁸	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	9
Pettersen et al. ³⁹	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	7
Portillo et al. ³²	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	9
Puente et al. ⁴⁰	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	9
Puente et al. ⁴⁷	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	8
Stojanovic et al. ⁵⁰	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	9
Tucker et al. ³¹	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	6
Zbinden-Foncea et al. ⁴⁶	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	9

*Os estudos são classificados com metodologia de qualidade “excelente” (10-9 pontos); “boa” (8-6 pontos); “razoável” (5-4 pontos) e “baixa” (≤ 3 pontos).

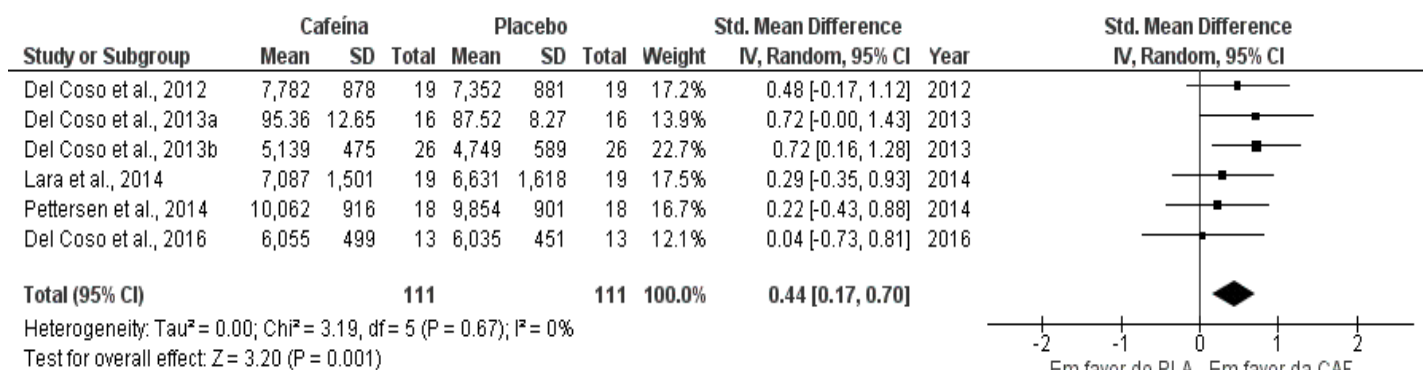
Tabela 2 – Resumo dos artigos selecionados para a presente revisão.

Referência	CAF (mg)/kg	Veículo de Entrega	Tempo de administração (minutos)	Sujeitos (n)	Esporte/ Nível de Treinamento	Medidas	Efeito (✓; ✕)
Del Coso et al. ³³	3	Bebida Energética	60	19H	Futebol Amador	Distância percorrida (m), Número de <i>sprints</i> , SV consecutiv os (cm)	✓
Del Coso et al. ³⁴	3	Bebida Energética	60	16M	<i>Rugby</i> Profissional	Distância percorrida (m), Número de <i>sprints</i> , SV consecutiv os	✓
Del Coso et al. ³⁵	3	Bebida Energética	60	13H	<i>Hockey</i> Profissional	Distância percorrida (m), Número de <i>sprints</i>	✓
Del Coso et al. ³⁶	3	Bebida Energética	60	26H	<i>Rugby</i> Profissional	Distância percorrida (m), Número de <i>sprints</i>	✓
Lara et al. ³⁷	3	Bebida Energética	60	18M	Futebol	Distância percorrida (m), Número de <i>sprints</i> , SV	✓
Pérez- López et al. ³⁸	3	Bebida Energética	60	13M	Voleibol Amador Juvenil	SV	✓
Pettersen et al. ³⁹	6	Cápsulas	65	19H	Futebol Juvenil Profissional	Distância percorrida (m), Número de <i>sprints</i>	✕
Portillo et al. ³²	3	Bebida Energética	60	16M	<i>Rugby</i> Profissional	SV	✓
Puente et al. ⁴⁰	3	Cápsulas	60	10H; 10M	Basquetebol H: Amador F: Profissional	SV	✓

Del Coso et al. ⁴¹	3	Bebida Energética	60	15H	Voleibol Universitário	SV, SV consecutivos	✓
Bloms et al. ⁴²	5	Cápsulas	60	16H; 9M	Esportes Coletivos Universitários	SV	✓
Abian-Vicen et al. ⁴³	3	Bebida Energética	60	16H	Basquetebol Juvenil	SV, SV consecutivos	✓
Ali et al. ⁴⁴	6	Cápsulas	60	10M	Esportes coletivos mistos	SV	✓
Tucker et al. ³¹	3	Cápsulas	60	5H	Basquetebol Profissional	SV	×
Foskett et al. ⁴⁵	6	Cápsulas	60	12H	Futebol	SV	✓
Zbinden-Foncea et al. ⁴⁶	5	Cápsulas	60	10H	Voleibol Profissional	SV	✓
Puente et al. ⁴⁷	3	Cápsulas	60	10H; 9M	Basquetebol H: Amador M: Profissional	SV consecutivos	✓
Apostolidis et al. ⁴⁸	6	Cápsulas	60	19H	Futebol Amador	SV	✓
Ellis et al. ⁴⁹	1, 2, 3	Cápsulas	60	15H	Futebol Juvenil Amador	SV	✓
Stojanovic et al. ⁵⁰	3	Cápsulas	60	10M	Basquetebol Profissional	SV	✓
Fernández-Campos et al. ⁵¹	~1,5	Bebida Energética	60	19M	Voleibol Profissional	SV	×

Abreviações: SV= Salto vertical; SV consecutivo= Salto Vertical consecutivo; H= Homem; M= Mulher.

2A)



2B)

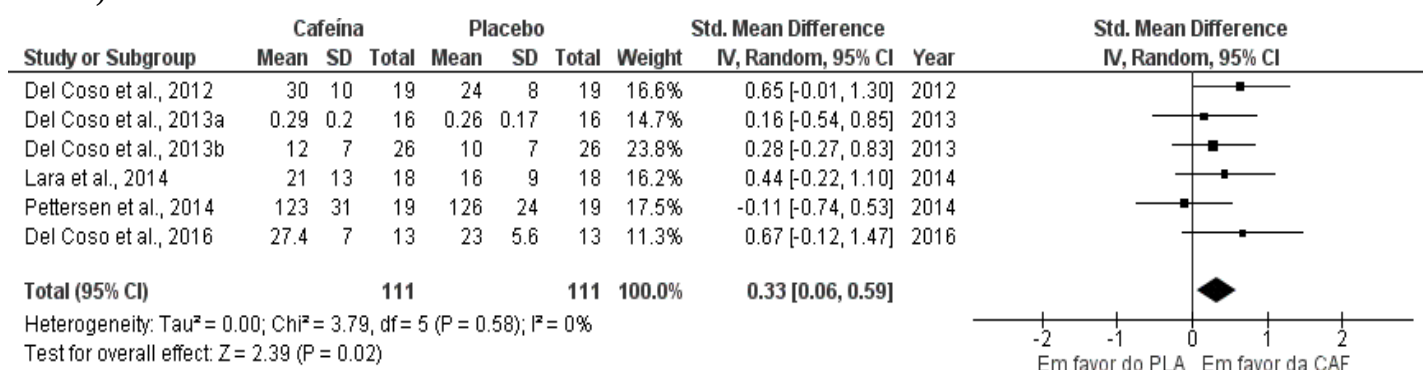


Figura 2 – Efeitos da cafeína em comparação ao placebo sobre: 2A) distância total percorrida (m) e 2B) número de sprints realizados durante as simulações ou jogos oficiais

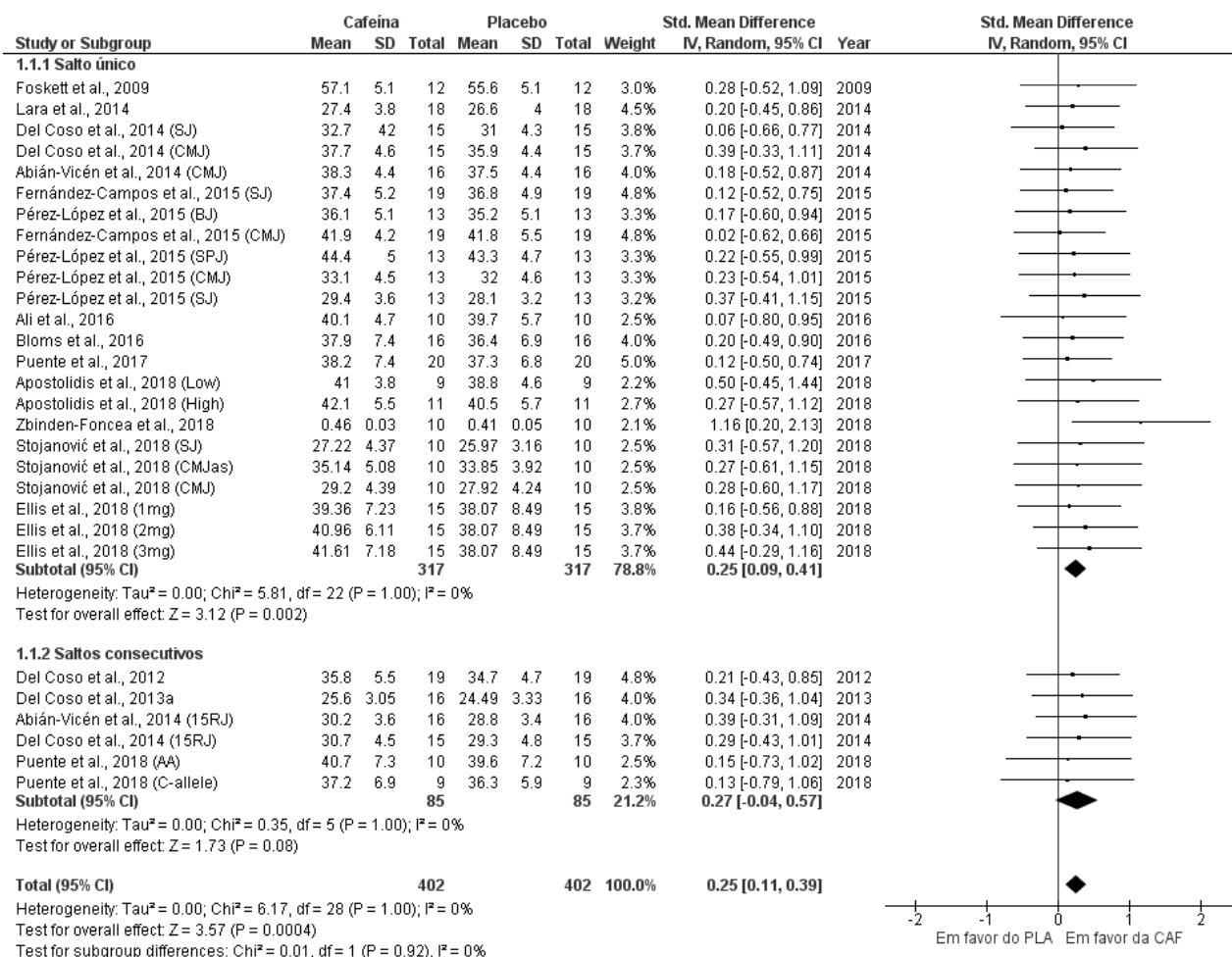


Figura 3 – Efeitos da cafeína em comparação ao placebo durante o desempenho de salto vertical em atletas de esportes coletivos.

Discussão

O objetivo da presente revisão foi analisar os efeitos da suplementação de CAF sobre o desempenho de jogo (em partidas simuladas e oficiais) e no salto vertical em atletas de esportes coletivos. Os resultados sugerem que o consumo de CAF pode aumentar 1) a distância total percorrida e 2) o número de sprints realizados durante simulações de jogos ou jogos oficiais. Além disso, a CAF parece exercer 3) efeito positivo na altura do salto vertical.

Efeito da CAF sobre o desempenho físico em partidas simuladas

Concernente ao efeito da CAF no desempenho em partidas simuladas e oficiais, os dados dos estudos analisados permitem inferir efeito positivo no aumento do desempenho físico em condições competitivas no esporte coletivo. O tamanho do efeito pequeno, por sua vez, sugere que as restrições do próprio jogo, tais como tempo de duração, número de jogadores envolvidos, entre outras, delimitam a configuração e a manifestação de padrões de desempenho, o que em última instância, sugere também que pequenas alterações no desempenho, podem ser consideradas relevantes. Portanto, tanto pesquisadores quanto profissionais, que trabalham com a análise de desempenho de jogo no esporte coletivo, devem estar atentos para pequenas alterações induzidas pela utilização de recursos ergogênicos ou outras estratégias utilizadas no processo de treinamento e competição. Em geral, parece que a CAF, pode influenciar de forma positiva o desempenho físico no esporte coletivo. Por exemplo, no estudo de Del Coso et al.³³ foram realizadas duas partidas simuladas de Futebol com 19 jogadores amadores, após a oferta de bebida energética, contendo 3 mg/kg de CAF. Os dados de desempenho físico foram registrados com a utilização de GPS (GPS, SPI PRO X, GPSports, Australia)³³. A distância percorrida em diferentes zonas de velocidade foi examinada a partir da determinação da classificação proposta por Castagna et al.⁵², a qual indica 6 zonas de velocidade: “Zona 1” (0-0,4 km/h); “Zona 2” (0,5-3,0 km/h); “Zona 3” (3,1-8,0 km/h); “Zona 4” (8,1-13,0 km/h); “Zona 5” (13,1-18,0 km/h) e “Zona 6” (>18,1 km/h). Qualquer deslocamento com velocidades > 18 km/h foi considerado como *sprint*. Os pesquisadores reportaram aumento da distância total percorrida após o consumo da CAF (PLA: 7352 ± 881 metros vs. CAF: 7782 ± 878 metros; $p < 0,05$; TE= 0,45).³³ Foi reportado também aumento nas distâncias percorridas na Zona 4 ($p < 0,05$; TE= 0,35), 5 ($p < 0,05$; TE= 0,42) e 6 ($p < 0,05$; TE= 0,51) e diminuição nas Zona 2 ($p < 0,05$; TE= -0,54)³³. Ainda, o número de *sprints* foi maior no grupo que consumiu a CAF (PLA: 24 ± 8 vs. CAF: 30 ± 10, $p < 0,05$; TE= 0,75)³³. Em outro estudo do mesmo grupo, mas com 18

jogadores de Futebol do sexo feminino, observou-se resultados similares para a mesmo protocolo de oferta de CAF³⁷. Houve aumento na distância total percorrida (PLA: 6631 ± 1618 metros vs. CAF: 7087 ± 1501 metros, $p < 0,05$; TE= 0,29) e distâncias percorridas nas Zonas 1, 3, 4 e 6 ($p < 0,05$), assim como aumento do número de *sprints* durante a simulação de partida (PLA: 16 ± 9 vs. CAF: 21 ± 13; $p < 0,05$; TE= 0,45)³⁷. Apesar desses resultados, a velocidade máxima atingida pelas atletas não demonstrou diferença entre as bebidas (PLA: 23,8 ± 2,5 km/h vs. CAF: 24,2 ± 2,4 km/h; $p = 0,25$; TE= 0,16)³⁷. Esses resultados sugerem efeito ergogênico da CAF^{33, 37} pois, os atletas percorreram maiores distâncias em intensidades mais altas, fato que pode contribuir para o sucesso em partidas de Futebol⁵³.

No entanto, resultados divergentes foram reportados por Pettersen et al.³⁹. Os autores avaliaram o desempenho de 19 jogadores amadores de Futebol, após a suplementação de 6 mg/kg de CAF e não relataram diferença no desempenho físico durante as simulações de partidas, tanto para a distância total percorrida (PLA: 9854 ± 901 metros vs. CAF: 10062 ± 916 metros; $p = 0,13$; TE= 0,23)³⁹, quanto para a distância percorrida em alta velocidade ($>19,8$ km/h) (PLA: 642 ± 240 metros vs. CAF: 557 ± 178 metros; $p = 0,14$; TE= 0,40)³⁹, a distância percorrida por *sprints* ($>25,2$ km/h) (PLA: 112 ± 69 metros vs. CAF: 109 ± 58 metros, $p = 0,83$; TE= 0,05)³⁹ e o número de acelerações (PLA: 126 ± 24 vs. CAF: 123 ± 31; $p = 0,67$; TE= 0,15)³⁹, utilizando cinta com sensor eletrônico acoplado (ZXY Sports Tracking System, ChyronHego, USA). Os autores sugerem que a ausência de diferença entre os grupos possivelmente poderia ser explicada pela variação de desempenho entre os jogos³⁹. Essa grande variação de desempenho de jogo para jogo (variabilidade) já foi reportada anteriormente⁵⁴, reforçando a hipótese levantada pelos autores³⁹. No estudo de Pettersen et al.³⁹, todos os procedimentos pré-jogo e durante o jogo foram adotados para simular uma partida real. Contudo, as habilidades técnicas não foram mensuradas nesse estudo, sendo a justificativa da variabilidade elevada de desempenho como possível fator de explicação para a ausência de diferença entre as condições, bastante especulativa. Ainda, os atletas voluntários desse estudo eram jovens (~ 17 anos)³⁹, o que poderia influenciar a magnitude de resposta à CAF, visto que essa população possui aptidão anaeróbica diferente de adultos⁵⁵, o que limitaria a resposta desses indivíduos à CAF.

Puente et al.⁴⁷, suplementou 19 atletas de Basquetebol com 3 mg/kg de CAF. O objetivo foi investigar se o polimorfismo da enzima CYP1A2, principal enzima na metabolização da CAF, influenciava o desempenho de jogadores de Basquetebol⁴⁷. Para mensurar o desempenho desses indivíduos, foi realizado a simulação de partida, com duração

total de 20 minutos, dividida em 2 tempos de 10 minutos cada, com intervalo de 2 minutos⁴⁷. O número de impactos por minuto, verificados através do acelerômetro acoplado ao frequencímetro, foi maior após o consumo da CAF, independente do alelo (AA- PLA: 385 ± 48 vs. CAF: 401 ± 36 ; $p = 0,02$; TE= 0,30; CC- PLA: 401 ± 36 vs. CAF: 415 ± 35 ; $p = 0,01$; TE= 0,40)⁴⁷. O número de impactos por minuto durante a partida sugere maior atividade em quadra, o que poderia sugerir maior envolvimento dos jogadores com ações específicas ao longo do jogo, favorecendo o desempenho geral dos atletas.

A CAF parece melhorar as ações de jogo independente do esporte em questão. Del Coso et al.³³ verificaram o efeito da CAF (bebida energética – 3 mg/kg), em 16 atletas femininas da seleção espanhola de *Rugby*. Foi organizado torneio amistoso com a seleção holandesa durante 2 encontros³³. Apenas a seleção espanhola foi selecionada para análise. Cada encontro teve 3 partidas de 2 tempos de 7 minutos cada³³. As jogadoras utilizaram dispositivo de rastreamento por GPS (GPS, SPI PRO X, GPSports, Australia) e para identificar as zonas de intensidade durante as simulações baseou-se em recomendações prévias⁵⁶: “Zona 1” (0-6 km/h); “Zona 2” (6-12 km/h); “Zona 3” (12-14 km/h); “Zona 4” (14-18 km/h); “Zona 5” (18- 20 km/h) e “Zona 6” (>20 km/h). Observou-se que após o consumo da CAF, a velocidade média das jogadoras foi maior em comparação ao PLA (PLA: $24,30 \pm 2,3$ km/h vs. CAF: $26,5 \pm 3,5$ km/h; $p < 0,05$; TE= 0,74)³³. Esse dado evidencia o envolvimento das atletas com o protocolo³³, pois, a velocidade atingida durante as simulações de partidas é compatível com as velocidades durante partidas oficiais⁵⁷. Também foram observadas maiores distâncias percorridas nas Zonas 3, 4, 5 e 6 ($p < 0,05$) com a CAF³³. Seguindo os mesmos padrões de avaliação para as zonas de intensidades.

Del Coso et al.³⁶, trabalhando com 26 atletas profissionais de *Rugby* da primeira divisão do campeonato espanhol, avaliaram a movimentação dos jogadores através da mensuração do deslocamento por GPS (GPS, SPI PRO X, GPSports, Australia) após a oferta de 3 mg/kg por meio de bebida energética durante duas simulações de partidas, contendo 2 tempos de 30 minutos cada³⁶. Os pesquisadores identificaram aumento na distância total percorrida após o consumo da CAF em comparação com o PLA (PLA: 4749 ± 589 m vs. CAF: 5139 ± 475 m; $p < 0,01$; TE= 0,74)³⁶. Quando as análises foram divididas entre o primeiro e o segundo tempo, observou-se maiores distâncias percorridas durante o segundo tempo (PLA: 2416 ± 443 metros vs. CAF: 2772 ± 308 metros; $p < 0,01$; TE= 0,94)³⁶. Observou-se também maiores distâncias percorridas nas “Zona 2” (6-12 km/hora) ($p = 0,03$; TE= 0,41), “Zona 3” (12-14 km/h) ($p = 0,04$; TE= 0,31), “Zona 4” (14-18 km/h) ($p = 0,01$; TE= 0,52), “Zona 5” (18-20

km/h) ($p = 0,01$; $TE = 0,47$) e também na “Zona 6” (>20 km/h) ($p = 0,01$; $TE = 0,62$)³⁶. Por fim, o número de *sprints* realizados também foi maior após o consumo da CAF (PLA: 10 ± 7 vs. CAF: 12 ± 7 , $p < 0,05$; $TE = 0,44$)³⁶.

Assim como no relatado para os estudos anteriores, Del Coso et al.³⁵ ofereceram a bebida energética CAF (3 mg/kg) para 13 atletas profissionais de *Hockey* e avaliaram o desempenho dos jogadores através da simulação de duas partidas, contendo 2 tempos de 25 minutos cada, com o intervalo de 10 minutos entre os tempos. Os jogadores utilizavam dispositivo de GPS (GPS, SPI PRO X, GPSports, Australia). Os pesquisadores observaram que o consumo da bebida energética contendo CAF não alterou a distância total percorrida entre os grupos (PLA: 6035 ± 451 metros vs. CAF: 6055 ± 499 metros; $p = 0,87$; $TE = 0,04$)³⁵, contudo, as distâncias percorridas na “Zona 4” (15-18,9 km/h) foram 10,1% menores após a bebida energética ($p = 0,03$; $TE = 0,59$)³⁵, enquanto que as distâncias na “Zona 5” (19-22,9 km/h) e na “Zona 6” (>23 km/h) foram 18,1% ($p = 0,05$; $TE = 0,81$)³⁵ e 38,1% ($p = 0,02$; $TE = 0,79$)³⁵ maiores após a bebida energética com CAF. As classificações das velocidades de cada Zona foram atribuídas de acordo com parâmetros prévios⁵⁸. Corroborando esses dados, a quantidade de ações realizadas em alta velocidade (> 19 km/h) foi maior após o consumo da bebida energética com CAF (PLA: $23 \pm 5,6$ ações vs. CAF: $27,4 \pm 7$ ações; $p = 0,02$; $TE = 0,78$)³⁵. O mesmo efeito foi encontrado para a quantidade de *sprints* (> 23 km/h) durante todo o jogo (PLA: $4,5 \pm 1,9$ vs. CAF: $6,3 \pm 2,9$ *sprints*; $p = 0,05$; $TE = 0,90$)³⁵. Novamente, o efeito de aumentar ações de altas intensidades no *Hockey* sugere que a CAF pode ser benéfica para esse esporte³⁵, visto que essas ações são decisivas para o sucesso das partidas⁵⁹.

Portillo et al.³² analisaram o desempenho físico de 16 atletas de *Rugby Sevens* que utilizavam dispositivos de GPS com acelerômetro acoplado (GPS, SPI PRO X, GPSports, Australia), durante torneio amistoso entre a seleção feminina espanhola e holandesa. O número de impactos foi mensurado, considerando as acelerações e desacelerações das atletas nos planos X, Y e Z por meio de unidades de força “G”³². Após a suplementação de 3 mg/kg na forma de bebida energética para as 16 atletas, observou-se por meio dos resultados dos acelerômetros que houve aumento do número de impactos na Zona 1 ($\leq 5-6$ G) (PLA: $16,1 \pm 4,9$ vs. CAF: $20,8 \pm 9,9$ impactos/minuto; $p < 0,05$; $TE = 1,00$)³², Zona 2 ($6,01-6,50$ G) (PLA: $12,2 \pm 10,6$ vs. CAF: $16,2 \pm 15,2$ impactos/minuto; $p < 0,05$; $TE = 0,40$)³², Zona 3 ($6,51-7$ G) (PLA: $3,8 \pm 1,5$ vs. CAF: $4,7 \pm 2,6$ impactos/minuto; $p < 0,05$; $TE = 0,60$)³² e Zona 5 ($8,01-10$ G) (PLA: $0,8 \pm 0,4$ vs. CAF: $1,1 \pm 0,6$ impactos/minuto; $p < 0,05$; $TE = 0,75$)³². Apesar dos impactos não serem parâmetros específicos para as ações de jogo do *Rugby Sevens*, esses dados servem para

monitorar a carga externa imposta às atletas⁵⁷. Desse modo, a suplementação de CAF promove maior envolvimento na partida³², visto que os impactos são importantes em esportes de contato como o *Rugby*⁶⁰. Esses dados demonstram que a CAF pode aumentar as ações realizadas em alta intensidade³², tendo essas, por sua vez, papel fundamental para o desempenho no esporte⁶¹. No entanto, é importante destacar que a análise do desempenho individual, apresentada por Portillo et al.³², demonstrou que algumas atletas obtiveram resultados positivos com a suplementação de CAF, enquanto outras não mudaram ou até pioraram o desempenho, reforçando que a responsividade para a suplementação da CAF varia entre os sujeitos e que, portanto, na prática do esporte coletivo, deveria ser individualizada. No entanto, até o momento, não existe consenso na literatura acerca da explicação sobre essa diferença de resposta dos indivíduos. Contudo, algumas evidências apontam para variações genéticas e polimorfismos no gene da CYP1A2, responsável por regular a expressão do citocromo p450 que é o complexo enzimático responsável por metabolizar a CAF⁷⁵. Ainda, é possível que o nível individual de tolerância à substância possa potencializar alguns efeitos colaterais, como nervosismo, ansiedade, tremores e prejuízos na coordenação motora^{76,77}. Poder-se-ia hipotetizar que os indivíduos que não estavam acostumados à dose utilizada no estudo de Portillo et al. (3mg/kg)³² talvez possam ter manifestado esses efeitos colaterais, o que em última instância, poderia ter influenciado a ocorrência de um efeito trivial ou até mesmo ergológico da CAF. Entretanto, o estudo não analisou a ocorrência ou não de efeitos colaterais decorrentes da CAF, não sendo possível determinar se, de fato, essa foi a causa dos resultados encontrados.

Em outro estudo realizado com 20 jogadores profissionais de Basquetebol, Puente et al.⁴⁰ suplementaram os jogadores com 3 mg/kg de CAF, os quais participaram de 2 dias distintos de testes, que consistiam em testes específicos do Basquetebol, seguidos da simulação de partida, composta por 2 tempos de 10 minutos cada, com intervalo de 2 minutos⁴⁰. Os jogos foram gravados para posterior análise de vídeo (AV) para as ações de jogo, enquanto os voluntários utilizavam o dispositivo de GPS (GPS, SPI PRO X, GPSports, Australia) com acelerômetro acoplado⁴⁰. A suplementação com CAF aumentou o número total de impactos por minuto durante a partida (PLA: 396 ± 43 vs. CAF: 410 ± 41 ; $p < 0,001$; TE= 0,31)⁴⁰, e especificamente aumentou os impactos por minuto na Zona 1 ($\leq 0,99$ G; baixa intensidade) (PLA: 247 ± 26 vs. CAF: 259 ± 28 ; $p < 0,001$; TE= 0,45)⁴⁰. As outras Zonas de impacto não sofreram influência da suplementação⁴⁰. Os dados de distância total percorrida pelos jogadores não foram reportados⁴⁰. Os autores sugerem que a CAF melhorou o envolvimento dos atletas durante os jogos⁴⁰. Por último, Pérez-López et al.³⁸ investigaram a oferta de bebida energética,

contendo CAF (3 mg/kg) em 13 atletas juvenis amadoras de voleibol feminino. Por meio do rastreamento por GPS com acelerômetro acoplado (GPS, SPI PRO X, GPSports, Australia), foi identificado aumento no número total de impactos – resultante das mudanças de direção, aceleração e somatória das acelerações em todas as direções – (PLA: 6970 ± 1807 vs. CAF: 7358 ± 1393 ; $p < 0,001$; $TE = 0,22$)³⁸, indicando maior movimentação dentro de quadra, o que sugere maior envolvimento com a partida. Pérez-López et al.³⁸ propõem que os efeitos da CAF sobre o desempenho durante as simulações são derivados da melhora encontrada em testes físicos aplicados nesses mesmos atletas, durante a realização desses estudos, sugerindo que existe transferência de desempenho desses testes para a partida.

Considerando o conjunto de resultados agrupados, a meta-análise realizada confirma que a CAF é capaz de melhorar parâmetros de desempenho mais especificamente, a distância percorrida e a quantidade de *sprints*, aferidos em partidas simuladas ou oficiais dos esportes coletivos. Além disso, os trabalhos revisados apontam para possível efeito positivo sobre o nível de envolvimento no jogo, acessado, indiretamente, por meio da avaliação dos impactos, acelerações e desacelerações.

Efeito da CAF sobre o desempenho técnico em partidas simuladas

Del Coso et al.⁴¹ investigaram o papel da CAF (bebida energética – 3 mg/kg) durante simulações, em 15 jogadores universitários de Voleibol. As partidas foram gravadas para posterior AV através da quantificação das ações de jogo. A CAF promoveu aumento na porcentagem de ações consideradas como positivas (%POSITIVAS) (PLA: $24 \pm 14\%$ vs. CAF: 34 ± 16 ; $p < 0,05$; $TE = 0,67$)⁴¹ e diminuição da porcentagem de ações consideradas como neutras (%NEUTRAS) (PLA: $51 \pm 12\%$ vs. CAF: $41 \pm 8\%$; $p < 0,05$; $TE = 0,98$)⁴¹ durante as simulações de partidas, contudo, não houve diferença na porcentagem de ações consideradas negativas (%NEGATIVAS) (PLA: 24 ± 13 vs. CAF: 25 ± 12 ; $p > 0,05$; $TE = 0,08$)⁴¹. Ainda, com trabalho do mesmo grupo, Pérez-López et al.³⁸ encontraram resultados semelhantes em 13 atletas juvenis amadoras de Voleibol feminino após a oferta da mesma bebida energética (3 mg/kg). Utilizando os mesmos métodos que o trabalho anterior, observou-se aumento na %POSITIVAS (PLA: 34 ± 9 vs. CAF: $45 \pm 9\%$; $p < 0,001$; $TE = 1,22$)³⁸ e diminuição %NEGATIVAS (PLA: 28 ± 7 vs. CAF: 14 ± 9 ; $p < 0,001$; $TE = 1,79$)³⁸ com a suplementação de CAF em comparação com o PLA. Não houve diferença entre os grupos para %NEUTRAS (PLA: 39 ± 7 vs. CAF: 41 ± 7 , $p = 0,26$; $TE = 0,29$)³⁸.

Portillo et al.³² também utilizaram a AV para quantificar as ações durante partidas de *Rugby*. Foi realizado torneio amistoso entre a seleção feminina espanhola e holandesa de *Rugby Sevens*, contudo, foi adicionado a AV nesse trabalho. Entretanto, não houve mudança nas ações específicas do esporte entre a CAF e o PLA³². Novamente, as atletas demonstraram resposta não-uniforme em relação à suplementação, com algumas atletas demonstrando melhora na maioria das ações, enquanto outras apresentaram efeito ergolítico da substância na maioria das ações³². Como discutido acima, tanto a variabilidade genética individual das atletas, quanto a tolerância aos efeitos colaterais da CAF podem ter influenciado os resultados encontrados.

Por último, como apresentado anteriormente, Puente et al.⁴⁰ suplementaram 3 mg/kg de CAF para 20 jogadores profissionais de Basquetebol. Além dos testes físicos, os atletas participaram de simulações de partidas com posterior AV. Em relação às análises das ações de jogo, a CAF foi capaz de aumentar as tentativas (PLA: $0,9 \pm 1,1$ vs. CAF: $1,5 \pm 1,5$; $p=0,04$; TE=0,57)⁴⁰ e quantidade de lances livres realizados (PLA: $0,6 \pm 0,8$ vs. CAF: $1,1 \pm 1,1$; $p=0,03$; TE=0,67)⁴⁰, assim como o número total de rebotes (PLA: $2,5 \pm 2$ vs. CAF: $3,7 \pm 2,6$; $p=0,02$; TE=0,64)⁴⁰, rebotes ofensivos (PLA: $0,5 \pm 0,6$ vs. CAF: $1,2 \pm 1,6$; $p=0,02$; TE=1,16)⁴⁰ e assistências totais (PLA: $1,1 \pm 0,9$ vs. CAF: $2,1 \pm 1,6$; $p=0,01$; TE=1,10)⁴⁰. Ainda, quando realizado o cálculo de “Índice de Desempenho” proposto pela Federação Internacional de Basquetebol⁶², observou-se maior valor para o grupo suplementado com CAF (PLA: $8,4 \pm 8,3$ vs. CAF: $11,6 \pm 7,3$; $p=0,03$; TE=0,38)⁴⁰. Esses resultados sugerem que a CAF promoveu aumento do envolvimento no jogo e melhoria do índice de desempenho.

O conjunto dos dados sobre suplementação de CAF e a análise do desempenho, por meio de simulações de partidas, indica que a CAF é eficaz, mesmo que de maneira discreta, em contribuir para as ações de jogo. Cabe salientar que, dos 4 estudos apresentados nesse tópico, 3 ofereceram a mesma bebida energética em pó (Fure[®], ProEnergetics, Espanha)^{32,38,41}. Apesar da CAF ser o principal constituinte da bebida, existem outros ingredientes como: taurina (18,7 mg/kg); bicarbonato de sódio (4,7 mg/kg) e L-carnitina (1,9 mg/kg). É possível que a interação dessas substâncias tenha potencializado o efeito da CAF, visto que tanto a taurina quanto o bicarbonato de sódio em combinação com a CAF já demonstraram promover efeito aditivo quando comparados apenas com a suplementação de CAF^{63,64}, contudo, é importante ressaltar que as doses utilizadas nesses estudos (taurina - 50 mg/kg e bicarbonato de sódio - 0,3 g/kg) são maiores do que as encontradas na bebida energética.

Efeito da CAF sobre o desempenho de ações específicas isoladas

Del Coso et al.⁴¹ ofereceram 3 mg/kg de CAF na forma de bebida energética para 15 jogadores universitários de Voleibol, a fim de investigar a velocidade da bola durante o saque (m/s). Foram realizados 3 saques com o jogador parado contra área determinada com 30s de descanso entre cada tentativa e pistola de radar de velocidade foi posicionada a 3 metros de distância da área-alvo para o saque, a fim de determinar a velocidade do saque⁴¹. Foi observado que após o consumo de CAF, a velocidade do saque (m/s) aumentou quando comparado com o grupo PLA (PLA: $20,6 \pm 2,3$ vs. CAF: $21,2 \pm 2,3$; $p < 0,05$; TE= 0,26)⁴¹. O mesmo grupo de pesquisadores encontrou resultados semelhantes em estudo posterior³⁸. O mesmo protocolo para o saque foi adotado, no entanto, a amostra era composta de 13 jogadoras amadoras de Voleibol³⁸. As atletas ingeriram a mesma quantidade de CAF do estudo anterior (3 mg/kg) também na forma de bebida energética, utilizando a mesma abordagem de desenho experimental³⁸. O consumo da CAF promoveu aumento para a velocidade do saque tanto para o saque com impulso seguido do salto (PLA: $17,9 \pm 2,2$ m/s vs. CAF: $18,8 \pm 2,2$ m/s; $p < 0,05$; TE= 0,41)³⁸, quanto para o salto com o jogador parado (PLA: $19,2 \pm 2,1$ m/s vs. CAF: $19,7 \pm 1,9$ m/s; $p < 0,05$; TE= 0,30)³⁸, em relação ao grupo PLA.

O aumento da velocidade do saque, apesar de pequeno, pode ser consequência da melhora de recrutamento de unidades motoras⁶⁵ aliado ao menor tempo para atingir a força pico durante contrações concêntricas (meio-agachamento/supino), como demonstrado após o consumo de 3 mg/kg na forma de bebida energética⁶⁶. Ainda, foi relatada correlação significativa ($r=0,63$) entre a velocidade do saque e a força isocinética do ombro dominante (rotador interno), e, sendo a massa da bola constante, maior velocidade significa maior força dos membros superiores⁶⁷. Apesar de apenas dois estudos terem investigado ações específicas e os dois terem utilizados amostras de atletas do Voleibol, é possível sugerir que a CAF (3 mg/kg) é um suplemento útil para aumentar o desempenho do saque, seja em posições estáticas ou em movimentos dinâmicos que refletem o ambiente da partida. Contudo, mais estudos devem ser realizados, utilizando diferentes esportes coletivos, testando outras ações específicas, para confirmar esses resultados.

Efeito da CAF sobre o desempenho do salto vertical

Uma ação exigida em muitos esportes coletivos é o salto vertical. Estratégias para

aumentar o salto vertical sempre foram objeto de pesquisa na comunidade científica, pois essa ação é necessária em diversas outras ações específicas¹⁹, como o rebote no Basquetebol ou o bloqueio no Voleibol, por exemplo. Portanto, estratégias que possam melhorar essa capacidade são bastante importantes e relevantes. Os tipos de saltos mais comumente utilizados para avaliar essa capacidade são o *Squat Jump* (SJ), o *Counter Movement Jump* (CMJ) e o *15 Rebound Jump* (15RJ), pois estes podem ser bons indicadores da capacidade de se realizar movimentos específicos realizados nas partidas⁶⁸.

A partir desse pressuposto, Bloms et al.⁴² suplementaram 25 atletas universitários com 5 mg/kg ou PLA em desenho uni-cego e crossover, e testaram os atletas para o SJ e o CMJ. Foi observado melhora da altura do SJ com a suplementação de CAF (PLA: $32,8 \pm 6,2$ cm vs. CAF: $34,5 \pm 6,7$ cm; $p=0,001$, TE= 0,26)⁴², assim como, menor tempo para atingir metade da força pico (PLA: $0,084 \pm 0,04$ s vs. CAF: $0,074 \pm 0,03$ s ; $p=0,019$; TE= -0,28)⁴². Já para as análises do CMJ, foi observado maior altura do salto quando os atletas consumiram a CAF (PLA: $36,4 \pm 6,9$ cm vs. CAF: $37,9 \pm 7,4$ cm; $p=0,001$; TE= 0,21)⁴², maior força pico (PLA: 1225 ± 379 N vs. CAF: 1282 ± 391 N; $p= 0,032$; TE= 0,15)⁴² e também maior média das taxas de desenvolvimento de força (PLA: 6371 ± 3435 N·s⁻¹ vs. CAF: 7229 ± 4049 N·s⁻¹; $p=0,037$; TE= 0,23)⁴². Zbinden-Foncea et al.⁴⁶ encontraram resultados similares ao suplementar 10 atletas profissionais de Voleibol com 5 mg/kg de CAF. Os pesquisadores investigaram o CMJ e variáveis da fase concêntrica e excêntrica do salto⁴⁶. Foi encontrado que a altura do salto foi maior após o consumo da CAF em comparação ao PLA (PLA: 41 ± 5 cm vs. CAF: 46 ± 3 cm; $p< 0,01$; TE= 1,21)⁴⁶, assim como o tempo de voo (PLA: $0,53 \pm 0,03$ s vs. CAF: $0,56 \pm 0,03$ s; $p< 0,01$; TE= 1,00)⁴⁶, força concêntrica pico (PLA: $981,25 \pm 134,13$ N vs. CAF: $1049,60 \pm 123,21$ N; $p= 0,01$; TE= 0,53)⁴⁶, aceleração pico (PLA: $11,38 \pm 1,89$ m/s² vs. CAF: $13,11 \pm 1,32$ m/s²; $p< 0,01$; TE= 1,06)⁴⁶, potência pico (PLA: $2014,14 \pm 347,03$ W vs. CAF: $2399,74 \pm 318,02$ W; $p< 0,01$; TE= 1,16)⁴⁶, e velocidade pico (PLA: $2,44 \pm 0,36$ m/s vs. CAF: $2,79 \pm 0,35$ m/s; $p< 0,01$; TE= 0,99)⁴⁶. No entanto, não foi encontrado efeitos da CAF na fase excêntrica do salto. Os autores sugerem que a CAF talvez não tenha o potencial para agir nas propriedades elásticas do músculo.

Utilizando dose maior (6 mg/kg), Apostolidis et al.⁴⁸ investigaram se 20 atletas de Futebol de nível amador/profissional respondiam ao CMJ da mesma maneira à suplementação de CAF, após serem classificados em responsivos ou pouco responsivos. Os indivíduos foram classificados com base na diferença entre os valores de repouso de pressão arterial média, glicerol, ácidos graxos não esterificados e epinefrina e após 60 minutos da suplementação com

CAF ou PLA⁴⁸. Os indivíduos que apresentaram valores maiores do que a média para duas ou mais variáveis eram considerados como responsivos à CAF, enquanto o restante era classificado como pouco responsivo à CAF⁴⁸. Esse método é uma extensão de sugestão prévia⁶⁹ para verificar a responsividade dos indivíduos à CAF. Foi verificado que tanto os atletas altamente responsivos (*High*), quanto os atletas pouco responsivos (*Low*) demonstraram maior valor no CMJ após o consumo da CAF em comparação com o PLA (*High* – PLA: $40,5 \pm 5,7$ cm vs. CAF: $42,1 \pm 5,5$ cm; $p < 0,05$; TE= 0,28/ *Low* – PLA: $38,8 \pm 4,6$ cm vs. CAF: $41,0 \pm 3,8$ cm; $p < 0,05$; TE=0,49)⁴⁸. De forma geral, esses resultados sugerem que a CAF pode maximizar o desempenho de saltos. Ainda, reforça a capacidade da CAF de melhorar a contração muscular^{66,70}, principalmente nos músculos dos membros inferiores^{71,72}.

Diversos estudos encontraram resultados semelhantes aos reportados acima^{46,48}, mesmo em doses menores que 5-6 mg/kg. Del Coso et al.⁴¹ ofereceram bebidas energéticas (3 mg/kg) para 15 atletas universitários de Voleibol e também observaram aumento na altura do salto no CMJ (PLA: $35,9 \pm 4,4$ cm vs. CAF: $37,7 \pm 4,6$ cm; $p < 0,05$; TE= 0,40)⁴¹ e consequente produção de força (PLA: $51,4 \pm 5,0$ W/kg vs. CAF: $52,7 \pm 5,0$ W/kg; $p < 0,05$; TE= 0,26)⁴¹, SJ (PLA: $31,0 \pm 4,3$ cm vs. CAF: $32,7 \pm 4,2$ cm; $p < 0,05$; TE= 0,40)⁴¹ e consequente produção de força (PLA: $51,6 \pm 7,5$ W/kg vs. CAF: $53,4 \pm 5,5$ W/kg; $p < 0,05$; TE= 0,27)⁴¹ em comparação a bebida energética sem a CAF (PLA). Ainda, a altura média no 15RJ também foi maior quando os atletas consumiram a bebida energética com CAF (PLA: $29,3 \pm 4,8$ cm vs. CAF: $30,7 \pm 4,5$ cm; $p < 0,05$; TE= 0,30)⁴¹. O mesmo efeito no 15RJ foi demonstrado em 16 atletas jovens amadores de Basquetebol com o consumo da mesma bebida energética anterior (3 mg/kg) (PLA: $28,8 \pm 3,4$ cm vs. CAF: $30,2 \pm 3,6$ cm; $p < 0,05$; TE= 0,35)⁴³, assim como a altura do CMJ (PLA: $37,5 \pm 4,4$ cm vs. CAF: $38,3 \pm 4,4$ cm; $p < 0,05$; TE= 0,18)⁴³.

Resultados semelhantes para os valores da altura média no 15RJ foram encontrados após a administração de bebida energética (3 mg/kg) em 19 atletas amadores de Futebol (PLA: $34,7 \pm 4,7$ cm vs. CAF: $35,8 \pm 5,5$ cm; $p < 0,05$; TE= 0,22) em comparação com o PLA³³. A mesma bebida energética (3 mg/kg) em 18 atletas amadoras de Futebol também foi efetiva em aumentar a média do CMJ (PLA: $26,6 \pm 4,0$ cm vs. CAF: $27,4 \pm 3,8$ cm; $p = 0,05$; TE= 0,21)³⁷. Utilizando doses ainda menores de CAF, que variavam entre 1, 2 e 3 mg/kg, Ellis et al.⁴⁹ demonstraram, em 15 jogadores juvenis de Futebol, a influência do efeito dose-resposta da CAF sobre o CMJ. Por meio do modelo de regressão multinível com abordagem bayesiana, os pesquisadores demonstraram que todas as doses foram efetivas em aumentar a altura do salto quando comparado com o PLA (PLA: $38,07 \pm 8,5$ cm vs. CAF1: $39,36 \pm 7,23$ cm; $p = 77\%$;

TE= 0,16/ CAF2: $40,96 \pm 6,11$ cm; $p= 84\%$; TE= 0,39 / CAF3: $41,6 \pm 7,2$ cm; $p= 96\%$; TE= 0,45)⁴⁹. O resultado na altura do salto continuou consistente mesmo quando o CMJ foi aplicado após o protocolo de atividade intermitente, com valores ainda maiores do que os anteriores, quando utilizado a dose de 3 mg/kg (PLA: $36,6 \pm 8$ cm vs. CAF1: $36,6 \pm 7,17$ cm; $p= 72\%$; TE= 0,00/ CAF2: $37,47 \pm 8,21$ cm; $p= 58\%$; TE= 0,11 / CAF3: $42,3 \pm 8$ cm; $p= 96\%$; TE= 0,71)⁴⁹.

Simulando condições parecidas com 12 jogadores amadores de Futebol, a suplementação com 6 mg/kg aumentou a altura média do CMJ em relação ao PLA (PLA: $55,6 \pm 5,1$ cm vs. CAF: $57,1 \pm 5,1$ cm; $p<0,01$; TE= 0,29), mesmo quando realizada entre blocos de atividades intermitentes, contrapondo os resultados anteriores⁴⁵. É possível que o nível homogêneo de treinamento da amostra tenha realçado os efeitos da CAF. Suportando essa linha de raciocínio, Del Coso et al.³⁴ suplementaram 16 atletas profissionais da seleção espanhola de *Rugby Sevens* com bebida energética que continha 3 mg/kg de CAF e observaram que, em comparação com o PLA, o grupo que consumiu a CAF apresentou maior potência (kW) durante o 15RJ (PLA: $23,5 \pm 10,1$ vs. CAF: $25,6 \pm 11,8$; $p= 0,05$; TE= 0,19)³⁴, mesmo este teste sendo aplicado após a simulação de partida com duração total de 45 minutos.

Analisando outros padrões de movimento como o *Spike Jump* e o *Block Jump*, nos quais, no primeiro exige abordagem de dois passos precedentes do salto e o segundo permite o auxílio do braço durante a fase de impulsão do salto, as alturas dos saltos aumentaram após o consumo de CAF por meio de bebida energética (3 mg/kg) em 13 atletas juvenis amadoras de Voleibol³⁸. O consumo da bebida energética aumentou a altura do salto tanto para o *Spike Jump* (PLA: $43,3 \pm 4,7$ cm vs. CAF: $44,4 \pm 5,0$ cm; $p< 0,05$; TE= 0,23)³⁸, quanto para o *Block Jump* (PLA: $35,2 \pm 5,1$ cm vs. CAF: $36,1 \pm 5,1$; $p<0,05$; TE= 0,18)³⁸. A CAF também foi capaz de aumentar a altura do salto no CMJ (PLA: $32,0 \pm 4,6$ cm vs. CAF: $33,1 \pm 4,5$ cm; $p< 0,05$; TE= 0,24)³⁸, como também no SJ (PLA: $28,1 \pm 3,2$ cm vs. CAF: $29,4 \pm 3,6$; $p< 0,05$; TE= 0,38)³⁸. Ainda, analisando a performance de 20 atletas profissionais de Basquetebol no *Abalakov Jump*, teste no qual se realizam o protocolo parecido com o CMJ, porém o balanço do braço é permitido, a suplementação de 3 mg/kg ou PLA aumentou a média dos saltos em relação ao PLA (PLA: $37,3 \pm 6,8$ cm vs. CAF: $38,2 \pm 7,4$ cm; $p= 0,012$; TE= 0,13)⁴⁰. Posteriormente, Puente et al.⁴⁷, investigaram a altura atingida durante o *Abalakov Jump* em 19 atletas de Basquetebol após a suplementação de 3 mg/kg, contudo, o objetivo dos pesquisadores era verificar se existia diferença no desempenho para portadores do polimorfismo na enzima CYP1A2. Foi identificado que os portadores do alelo AA aumentaram a altura do salto (PLA:

39,6 ± 7,2 cm vs. CAF: 40,7 ± 7,3 cm; p= 0,03; TE= 0,20)⁴⁷, enquanto não foi encontrado diferença na altura atingida pelos indivíduos portadores do alelo CC após a suplementação com CAF (PLA: 36,3 ± 5,9 cm vs. CAF: 37,2 ± 6,9 cm; p= 0,33; TE= 0,20)⁴⁷. Apesar desses resultados, análises individuais realizada pelos autores revela que, a porcentagem de indivíduos com alelo AA que responderam ao tratamento com CAF (80% - 8/10) é semelhante aos portadores do alelo CC (69% - 6/9). Além disso, o TE (AA: 0,2 / CC: 0,2) e a diferença entre as médias expressa em porcentagem (AA: 2,9 ± 3,6 % / CC: 2,3 ± 6,8 %) são comparáveis entre os grupos, sugerindo que o efeito ergogênico da CAF existe, contudo, as mudanças nos portadores do alelo CC são mais discretas e portanto, não demonstraram diferença estatística⁴⁷. De forma similar, Stojanovic et al.⁵⁰ suplementaram 10 atletas profissionais de Basquetebol com 3 mg/kg de CAF na forma de cápsulas. Os atletas foram submetidos aos testes de CMJ, CMJ com o balanço do braço e o SJ. A CAF foi responsável por produzir aumento classificado como “pequeno” pelo tamanho do efeito, porém, sem diferença estatística entre os grupos para o CMJ (PLA: 27,92 ± 4,24 cm vs. CAF: 29,2 ± 4,39 cm; p> 0,05; TE= 0,30)⁵⁰, para o CMJ com o balanço do braço (PLA: 33,85 ± 3,9 cm vs. CAF: 35,14 ± 5,08 cm; p> 0,05; TE= 0,29)⁵⁰ e para o SJ (PLA: 25,97 ± 3,16 cm vs. CAF: 27,22 ± 4,37 cm; p> 0,05; TE= 0,33)⁵⁰.

Entretanto, esses resultados positivos da influência da CAF sobre a altura do salto nos diversos protocolos não é consenso. Em estudo recente, realizado com 10 atletas de nível misto (recreacional até internacional), utilizou 6 mg/kg de CAF ou PLA e avaliou-se o desempenho no CMJ⁴⁴. Não foi encontrada diferença para as alturas dos saltos entre as intervenções (PLA: 39,7 ± 5,7 cm vs. CAF: 40,1 ± 4,7 cm; p=0,582; TE= 0,08)⁴⁴. A comparação desses resultados⁴⁴ com os anteriores deve ser feita com cautela, pois o CMJ foi aplicado entre blocos de exercícios intermitentes, fadigando previamente as atletas. Além disso, os resultados podem ter sido mascarados pelo nível de treinamento misto entre a amostra, visto que indivíduos treinados tendem a responder de forma diferente à CAF⁷³. De forma similar, Tucker et al.³¹ também não encontraram efeitos da CAF (3 mg/kg) na performance do salto de 5 jogadores de Basquetebol amadores. Os pesquisadores aplicaram o 10 *Reactive Strength Index Jumps* (RSI), no qual é necessário que os atletas executem 10 saltos consecutivos no menor período e com a maior altura possível³¹. Os dados para a altura dos saltos não foram reportados, mas não houve diferença entre os RSI com o PLA e com a CAF³¹. Fernández-Campos et al.⁵¹ suplementaram 19 atletas com bebida energética que continha 0,27 mg de CAF por ml da bebida. As jogadoras consumiram 6 ml/kg cada, totalizando a média de consumo da bebida de 391,4 ± 60,5 ml⁵¹. Foram aplicados o CMJ e o SJ nas atletas⁵¹. Não foi encontrada diferença

estatística para a altura dos saltos entre as intervenções (CMJ – PLA: $41,8 \pm 5,5$ cm vs. CAF: $41,9 \pm 4,2$ cm; $p=0,341$; SJ – PLA: $36,8 \pm 4,9$ cm vs. CAF: $37,4 \pm 5,2$ cm; $p=0,621$)⁵¹. Nesse caso, as atletas consumiram aproximadamente 1,5 mg/kg de CAF⁵¹, o que pode ter sido uma dose insuficiente para promover efeitos ergogênicos no desempenho do salto. Ainda, o estudo não relata o consumo habitual de CAF dessas atletas, o que não permite concluir se a dose ingerida está ou não adequada.

As evidências aqui expostas indicam que a CAF pode ser uma estratégia eficiente para melhorar o desempenho do salto vertical em atletas de esportes coletivos. Não é possível garantir que essa vantagem no salto vertical se traduza em benefício direto em termos de desempenho de jogo. No entanto, considerando os estudos examinados no presente trabalho, é plausível assumir que a CAF pode exercer influência positiva (qualificada como pequena, com base na análise do tamanho do efeito) sobre o desempenho do salto vertical, que, por sua vez, é uma ação fundamental para o desempenho no esporte coletivo. Portanto, é possível assumir que os dados da presente meta-análise evidenciam que a CAF pode promover discreto aumento do desempenho de salto vertical.

Conclusão

A CAF é uma das poucas substâncias que na atualidade apresenta dados sobre sua eficácia¹⁸. O uso e a efetividade dessa substância em atividades de *endurance* é bem estabelecido. Recentemente, foi questionado se essa substância seria capaz de melhorar o desempenho de atletas de esportes coletivos, em cenários reais de competição. Os dados do presente estudo reforçam o papel ergogênico da CAF durante as partidas em atletas de esportes coletivos. É possível que mecanismos relacionados à produção de força/potência possam maximizar o desempenho de ações específicas, como o salto vertical e promover o maior nível de envolvimento, acessado indiretamente por meio da maior distância percorrida maior número de sprints. Entretanto, é importante considerar que a magnitude dos benefícios observados na presente meta-análise, baseada no cálculo do tamanho do efeito, foi pequena. Além disso, outro ponto merece atenção, mas que ultrapassa o escopo do presente trabalho, diz respeito à influência desses benefícios induzidos pelo consumo de CAF para o desfecho competitivo (sucesso na competição). Por fim, vale mencionar que alguns estudos não observam efeito ergogênico da CAF. Essa controvérsia pode ser atribuída à diferença entre os protocolos experimentais (dose, tempo e forma de administração) e ao nível de responsividade, que recentemente tem sido investigado por meio de genotipagem. Portanto, a eficácia da CAF pode

ser modulada por diversos fatores e carece de avaliação criteriosa e individual. Em termos práticos, recomenda-se que a suplementação de CAF seja implementada de forma controlada e individualizada, sob a orientação de nutricionista. A suplementação com CAF deve ser, inicialmente, testada durante as sessões de treinamento e só depois essa estratégia deverá ser utilizada em competições.

Referências

1. Harland BF. Caffeine and nutrition. *Nutrition*. 2000; 16(7-8):522-6.
2. 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.
3. Davis J, Zhao Z, Stock H, Mehl K, Buggy J, Hand G. Central nervous system effects of caffeine and adenosine on fatigue. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2003;284(2):399-404.
4. Solinas M, Ferré S, You ZB, Karcz-Kubicha M, Popoli P, Goldberg SR. Caffeine induces dopamine and glutamate release in the shell of the nucleus accumbens. *J Neurosci*. 2002;22(15):6321-4.
5. Ferré S. An update on the mechanisms of the psychostimulant effects of caffeine. *J Neurochem*. 2008;105(4):1067-79.
6. Azevedo R, Silva-Cavalcante MD, Gualano B, Lima-Silva AE, Bertuzzi R. Effects of caffeine ingestion on endurance performance in mentally fatigued individuals. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116(11-12):2293-303.
7. Poole R, Kennedy OJ, Roderick P, Fallowfield JA, Hayes PC, Parkes J. Coffee consumption and health: umbrella review of meta-analyses of multiple health outcomes. *BMJ*. 2017;359
8. World Anti-Doping Agency. The 2019 Monitoring Program. World Anti-Doping Agency; 2019.
9. 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. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2011;36(4):555-61.
10. Harrell PT, Juliano LM. Caffeine expectancies influence the subjective and behavioral effects of caffeine. *Psychopharmacology (Berl)*. 2009;207(2):335-42.
11. Saunders B, de Oliveira LF, da Silva RP, de Salles Painelli V, Gonçalves LS, Yamaguchi G, et al. Placebo in sports nutrition: a proof-of-principle study involving caffeine supplementation. *Scand J Med Sci Sports*. 2017;27(11):1240-7.
12. Graham TE. Caffeine and Exercise. *Sport Med*. 2001;31(11):785-807.

13. Hogervorst E, Bandelow S, Schmitt J, Jentjens R, Oliveira M, Allgrove J, et al. Caffeine improves physical and cognitive performance during exhaustive exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40(10):1841-51.
14. Stuart GR, Hopkins WG, Cook C, Cairns SP. Multiple effects of caffeine on simulated high-intensity team-sport performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2005;37(11):1998-2005.
15. Schneiker KT, Bishop D, Dawson B, Hackett LP. Effects of Caffeine on Prolonged Intermittent-Sprint Ability in Team-Sport Athletes. *Med Sci Sport Exerc.* 2006;38(3):578-85.
16. Grgic J, Trexler ET, Lazinica B, Pedisic Z. Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15(1):11.
17. Duncan MJ, Stanley M, Parkhouse N, Cook K, Smith M. Acute caffeine ingestion enhances strength performance and reduces perceived exertion and muscle pain perception during resistance exercise. *Eur J Sport Sci.* 2013;13(4):392-9.
18. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med.* 2018 Apr [cited 2019;52(7):439-55.
19. Williams AM, Ford PR. Expertise and expert performance in sport. *Int Rev Sport Exerc Psychol.* 2008;1(1):4-18.
20. Williams C, Rollo I. Carbohydrate Nutrition and Team Sport Performance. *Sport Med.* 2015;45(S1):13-22.
21. Crewther BT, Heke T, Keogh JWL. The Effects of Training Volume and Competition on the Salivary Cortisol Concentrations of Olympic Weightlifters. *J Strength Cond Res.* 2011;25(1):10-5.
22. Moreira A, Crewther BT, Freitas CG, Arruda AFS, Costa EC, Aoki MS. Session RPE and salivary immune-endocrine responses to simulated and official basketball matches in elite young male athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2012;52(6):682-7.
23. Svensson M, Drust B. Testing soccer players. *J Sports Sci.* 2005;23(6):601-18.
24. Gamble P. Periodization of Training for Team Sports Athletes. *Strength Cond J.* 2006;28(5):56-66.
25. Sleivert G, Taingahue M. The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *Eur J Appl Physiol.* 2004;91(1):46-52.
26. Hoff J, Helgerud J. Endurance and Strength Training for Soccer Players: Physiological Considerations. *Sport Med.* 2004;34(3):165-80.

27. Qi X, Yang M, Ren W, Jia J, Wang J, Han G, et al. Find duplicates among the PubMed, EMBASE, and Cochrane Library databases in systematic review. *PLoS One*. 2013;8(8):e71838.
28. Franca AS, Mendonça JCF, Oliveira SD. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. *LWT - Food Sci Technol*. 2005;38(7):709-15.
29. Glass GV, McGaw B, Smith ML. *Meta-analysis in Social Research*. Oaks T, editor. CA: SAGE; 1981.
30. Hopkins WG. How to Interpret Changes in an Athletic Performance Test. *Sportscience*. 2004;8:1-7.
31. Tucker MA, Hargreaves JM, Clarke JC, Dale DL, Blackwell GJ, MA T, et al. The effect of caffeine on maximal oxygen uptake and vertical jump performance in male basketball players. *J Strength Cond Res*. 2013;27(2):382-7.
32. Portillo J, Del Coso J, Abián-Vicén J. Effects of caffeine ingestion on skill performance during an international female rugby sevens competition. *J Strength Cond Res*. 2017;31(12):3351-7.
33. Del Coso J, Munoz-Fernandez VE, Munoz G, Fernandez-Elias VE, Ortega JF, Hamouti N, et al. Effects of a Caffeine-Containing Energy Drink on Simulated Soccer Performance. Lucia A, editor. *PLoS One*. 2012;7(2):e31380.
34. Del Coso J, Portillo J, Muñoz G, Abián-Vicén J, Gonzalez-Millán C, Muñoz-Guerra J. Caffeine-containing energy drink improves sprint performance during an international rugby sevens competition. *Amino Acids*. 2013;44(6):1511-9.
35. Del Coso J, Portillo J, Salinero JJ, Lara B, Abian-Vicen J, Areces F. Caffeinated Energy Drinks Improve High-Speed Running in Elite Field Hockey Players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2016;26(1):26-32.
36. Del Coso J, Ramírez JA, Muñoz G, Portillo J, Gonzalez-Millán C, Muñoz V, et al. Caffeine-containing energy drink improves physical performance of elite rugby players during a simulated match. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013;38(4):368-74.
37. Lara B, Gonzalez-Millán C, Salinero JJ, Abian-Vicen J, Areces F, Barbero-Alvarez JC, et al. Caffeine-containing energy drink improves physical performance in female soccer players. *Amino Acids*. 2014;46(5):1385-92.
38. Perez-Lopez A, Salinero JJ, Abian-Vicen J, Valades D, Lara B, Hernandez C, et al. Caffeinated energy drinks improve volleyball performance in elite female players. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(4):850-6.
39. Pettersen SA, Krstrup P, Bendiksen M, Randers MB, Brito J, Bangsbo J, et al. Caffeine supplementation does not affect match activities and fatigue resistance during match play in young football players. *J Sports Sci*. 2014;32(20):1958-65.
40. Puente C, Abián-Vicén J, Salinero J, Lara B, Areces F, Del Coso J. Caffeine Improves Basketball

Performance in Experienced Basketball Players. *Nutrients*. 2017;9(12):1033.

41. Del Coso J, Perez-Lopez A, Abian-Vicen J, Salinero JJ, Lara B, Valades D, et al. Enhancing physical performance in male volleyball players with a caffeine-containing energy drink. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9(6):1013–8.
42. Bloms LP, Fitzgerald JS, Short MW, Whitehead JR. The Effects of Caffeine on Vertical Jump Height and Execution in Collegiate Athletes. *J Strength Cond Res*. 2016;30(7):1855–61.
43. Abian-Vicen J, Puente C, Salinero JJ, González-Millán C, Areces F, Muñoz G, et al. A caffeinated energy drink improves jump performance in adolescent basketball players. *Amino Acids*. 2014;46(5):1333–41.
44. Ali A, O'Donnell J, Von Hurst P, Foscett A, Holland S, Starck C, et al. Caffeine ingestion enhances perceptual responses during intermittent exercise in female team-game players. *J Sports Sci*. 2016 Feb 16;34(4):330–41.
45. Foscett A, Ali A, Gant N, Ali A, Gant N, et al. Caffeine enhances cognitive function and skill performance during simulated soccer activity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2009;19(4):410–23.
46. Zbinden-Foncea H, Rada I, Gomez J, Kokaly M, Stellingwerff T, Deldicque L, et al. Effects of Caffeine on Countermovement-Jump Performance Variables in Elite Male Volleyball Players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;13(2):145–50.
47. Puente C, Abián-Vicén J, Del Coso J, Lara B, Salinero JJ. The CYP1A2 -163CA polymorphism does not alter the effects of caffeine on basketball performance. *PLoS One*. 2018;13(4):e0195943.
48. Apostolidis A, Mougios V, Smilios I, Rodosthenous J, Hadjicharalambous M. Caffeine Supplementation: Ergogenic in Both High and Low Caffeine Responders. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;13(5):1–25
49. Ellis M, Noon M, Myers T, Clarke N. Low Doses of Caffeine: Enhancement of Physical Performance in Elite Adolescent Male Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019; 14(5):569-575.
50. Stojanovic E, Stojiljkovic N, Scanlan AT, Dalbo VJ, Stankovic R, Antic V, et al. Acute caffeine supplementation promotes small to moderate improvements in performance tests indicative of in-game success in professional female basketball players. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2019;11:1–8.
51. Fernandez-Campos C, Dengo AL, Moncada-Jimenez J. Acute Consumption of an Energy Drink Does Not Improve Physical Performance of Female Volleyball Players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2015;25(3):271–7.
52. Castagna C, D'ottavio S, Abt G. Activity Profile of Young Soccer Players During Actual Match Play. *J Strength Cond Res*. 2003;17(4):775.
53. Mujika I, Santisteban J, Impellizzeri FM, Castagna C. Fitness determinants of success in men's and

women's football. *J Sports Sci.* 2009;27(2):107–14.

54. Gregson W, Drust B, Atkinson G, Salvo V. Match-to-Match Variability of High-Speed Activities in Premier League Soccer. *Int J Sports Med.* 2010;31(04):237–42.
55. Ratel S, Duch P, Williams CA. Muscle Fatigue during High-Intensity Exercise in Children. *Sport Med.* 2006;36(12):1031–65.
56. Cunniffe B, Proctor W, Baker JS, Davies B. An Evaluation of the Physiological Demands of Elite Rugby Union Using Global Positioning System Tracking Software. *J Strength Cond Res.* 2009;23(4):1195–203.
57. McLellan CP, Lovell DI, Gass GC. Performance Analysis of Elite Rugby League Match Play Using Global Positioning Systems. *J Strength Cond Res.* 2011;25(6):1703–10.
58. White AD, MacFarlane N. Time-on-Pitch or Full-Game GPS Analysis Procedures for Elite Field Hockey? *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8(5):549–55.
59. Spencer M, Lawrence S, Rechichi C, Bishop D, Dawson B, Goodman C. Time–motion analysis of elite field hockey, with special reference to repeated-sprint activity. *J Sports Sci.* 2004;22(9):843–50.
60. Gabbett TJ, Jenkins DG, Abernethy B. Physical demands of professional rugby league training and competition using microtechnology. *J Sci Med Sport.* 2012;15(1):80–6.
61. Roberts SP, Trewartha G, Higgitt RJ, El-Abd J, Stokes KA. The physical demands of elite English rugby union. *J Sports Sci.* 2008 Jun;26(8):825–33.
62. Arrieta H, Torres-Unda J, Gil SM, Irazusta J. Relative age effect and performance in the U16, U18 and U20 European Basketball Championships. *J Sports Sci.* 2016;34(16):1530–4.
63. Warnock R, Jeffries O, Patterson S, Waldron M. The Effects of Caffeine, Taurine, or Caffeine-Taurine Coingestion on Repeat-Sprint Cycling Performance and Physiological Responses. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(10):1341–7.
64. Felipe LC, Lopes-Silva JP, Bertuzzi R, McGinley C, Lima-Silva AE. Separate and Combined Effects of Caffeine and Sodium-Bicarbonate Intake on Judo Performance. *Int J Sports Physiol Perform.* 2016;11(2):221–6.
65. Warren GL, Park ND, Maresca RD, McKibans KI, Millard-Stanford ML. Effect of Caffeine Ingestion on Muscular Strength and Endurance. *Med Sci Sport Exerc.* 2010;42(7):1375–87.
66. Del Coso J, Salinero J, González-Millán C, Abián-Vicén J, Pérez-González B. Dose response effects of a caffeine-containing energy drink on muscle performance: a repeated measures design. *J Int Soc Sports Nutr.* 2012;9(1):21.
67. Forthomme B, Croisier J-L, Ciccarone G, Crielaard J-M, Cloes M. Factors Correlated with Volleyball

Spike Velocity. *Am J Sports Med.* 2005;33(10):1513–9.

68. Sheppard JM, Cronin JB, Gabbett TJ, McGuigan MR, Etxebarria N, Newton RU. Relative Importance of Strength, Power, and Anthropometric Measures to Jump Performance of Elite Volleyball Players. *J Strength Cond Res.* 2008;22(3):758–65.
69. Wardle MC, Treadway MT, De Wit H. Caffeine increases psychomotor performance on the effort expenditure for rewards task. *Pharmacol Biochem Behav.* 2012;102(4):526–31.
70. Black CD, Waddell DE, Gonglach AR. Caffeine's Ergogenic Effects on Cycling. *Med Sci Sport Exerc.* 2015;47(6):1145–58.
71. Behrens M, Mau-Moeller A, Heise S, Skripitz R, Bader R, Bruhn S. Alteration in neuromuscular function of the plantar flexors following caffeine ingestion. *Scand J Med Sci Sports.* 2015;25(1):50–8.
72. Behrens M, Mau-Moeller A, Weippert M, Fuhrmann J, Wegner K, Skripitz R, et al. Caffeine-induced increase in voluntary activation and strength of the quadriceps muscle during isometric, concentric and eccentric contractions. *Sci Rep.* 2015;5(1):10209.
73. Skinner TL, Jenkins DG, Leveritt MD, McGorm A, Bolam KA, Coombes JS, et al. Factors influencing serum caffeine concentrations following caffeine ingestion. *J Sci Med Sport.* 2014;17(5):516–20.
74. Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther.* 2003;83(8):713-21.
75. Southward K, Rutherford-Markwick K, Badenhorst C, Ali A. The Role of Genetics in Moderating the Inter-Individual Differences in the Ergogenicity of Caffeine. *Nutrients.* 2018;10(10):1352.
76. Spriet LL. Exercise and Sport performance with low doses of caffeine. *Sports Med.* 2014; 44 S175-84.
77. Cappelletti S, Piacentino D, Sani G, Aromatario M. Caffeine: cognitive and physical performance enhancer or psychoactive drug? *Curr Neuropharmacol.* 2015;13(1):1-88