

Universidade Estadual Paulista

“Júlio de Mesquita Filho”

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Campus de Presidente Prudente

ANA ELISA VON AH MORANO FILITTO

**Efeito agudo da suplementação de capsaicina no desempenho
de corredores em teste contra-relógio de 10 km**

Presidente Prudente

2020

ANA ELISA VON AH MORANO FILITTO

**Efeito agudo da suplementação de capsaicina no desempenho
de corredores em teste contra-relógio de 10 km**

Dissertação de Mestrado
apresentada ao programa de Pós-
Graduação em Ciências da
Motricidade – Interunidades da
Universidade Estadual Paulista
Júlio de Mesquita Filho.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Santos
Lira.

Presidente Prudente

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

F483e Filitto, Ana Elisa von Ah Morano
Efeito agudo da suplementação de capsaicina no desempenho de corredores em teste contra-relógio de 10 km / Ana Elisa von Ah Morano Filitto. -- Presidente Prudente, 2020
57 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente
Orientador: Fábio Santos Lira

1. Educação física Pesquisa. 2. Corridas (Atletismo). 3. Suplementos dietéticos. 4. Pimenta. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

FOLHA DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: EFEITO AGUDO DA SUPLEMENTAÇÃO DE CAPSAICINA NO DESEMPENHO DE CORREDORES EM TESTE CONTRA-RELÓGIO DE 10 KM

AUTORA: ANA ELISA VON AH MORANO FILITTO

ORIENTADOR: FABIO SANTOS DE LIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE, área: Biodinâmica da Motricidade Humana pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. FABIO SANTOS DE LIRA

Departamento de Educação Física / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Profa. Dra. PATRÍCIA CHIMIN PERANDINI (VIDEOCONFERÊNCIA)

Departamento de Fundamentos da Educação Física / Universidade Estadual de Londrina

Profa. Dra. FABIANA ANDRADE MACHADO

Departamento de Educação Física - Centro de Ciências da Saúde / Universidade Estadual de Maringá

Presidente Prudente, 27 de abril de 2020

Este trabalho é dedicado aos meus pais que sempre acreditaram ser a educação o bem mais precioso de nossas vidas e nunca mediram esforços para que eu tivesse a melhor formação possível. Ao meu irmão (in memoriam) que sempre acreditou no meu potencial. E também, ao meu esposo, que sempre está ao meu lado para me ajudar e me apoiar de forma incondicional.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus. Depois aos meus pais, meu esposo, meus amigos e familiares que me apoiaram durante esta jornada. Agradeço ao Professor Dr. Fábio Santos Lira, coordenador do Laboratório de Fisiologia Celular e do Exercício (LaFICE) e meu orientador do mestrado: professor e pesquisador extremamente competente que tive a honra de ter sido aluna. Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Motricidade – Interunidades, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Faculdade de Ciências e Tecnologia - *Campus* de Presidente Prudente-SP) pela oportunidade de fazer o curso de mestrado. Aproveito para agradecer a cada um dos meus professores durante esses dois anos, todos foram fundamentais na minha formação, bem como a todos os funcionários da FCT/UNESP-SP. De forma especial, agradeço a todos os colegas de laboratório (LaFICE) por terem me acolhido no grupo, pelo companheirismo e amizade. Agradeço aos professores parceiros deste projeto: Dra. Camila Padilha; Dr. Fabrício Rossi e Dra. Valéria Leme Gonçalves Panissa. Agradeço aos Laboratórios Parceiros (LABSIM- Professor Dr. Luis Alberto Gobbo pelo empréstimo da bioimpedância elétrica vetorial; GEAFS – Professor Dr. Diego Giulliano Destro Christofaro pelo empréstimo dos frequencímetros; GEFEAH|UEM – Prof^ª. Dra. Fabiana Andrade Machado pelo lactímetro). Meu muito obrigada a cada um dos voluntários que gentilmente aceitaram em fazer parte desta pesquisa. Agradeço também as professoras Dra. Fabiana Andrade Machado (UEM-PR) e Dra. Patricia Chimin Perandini (UEL-PR) que aceitaram o convite de participar da banca examinadora e assim, compartilhar seus ensinamentos para contribuir com a melhora deste trabalho.

Por fim, agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro em forma da minha bolsa de estudos. “O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – (Brasil) CAPES – Código de Financiamento 001”.

*“Há um tempo em que é preciso
abandonar as roupas usadas
Que já tem a forma do nosso corpo
E esquecer os nossos caminhos que
nos levam sempre aos mesmo lugares.*

*É o tempo da travessia
E se não ousarmos fazê-la
Teremos ficado para sempre
À margem de nós mesmos”*

(Fernando Pessoa)

RESUMO

O objetivo deste estudo randomizado duplo-cego controlado por placebo foi investigar o efeito agudo da suplementação análoga de capsaicina (CAP) na corrida, em teste contra-relógio de 10-km, sobre o desempenho fisiológico e variáveis perceptivas de esforço em atletas amadores. Vinte e um participantes (idade = $29,3 \pm 5,4$ anos; peso = $74,2 \pm 11,3$ kg; altura = $176 \pm 0,0$ cm), completaram dois testes de 10-km na condição CAP ou placebo. Foram consumidas duas cápsulas de CAP (12 mg) ou de placebo, 45 minutos antes e imediatamente no início dos testes. Entre as condições CAP e placebo, não houve diferença significativa no desempenho dos participantes em relação às variáveis fisiológicas e perceptivas avaliadas no teste de corrida de 10-km ($p > 0,05$). Portanto, a suplementação de CAP não melhorou o desempenho de atletas amadores na corrida em teste contra-relógio de 10-km.

Palavras-chave: Pimenta. Corrida de rua. Recurso ergogênico

ABSTRACT

The aim of this randomized, double-blind, placebo-controlled study was to investigate the acute effect of analog capsaicin supplementation (CAP), in a 10-km time-trial running test, on the physiological performance and perceptual responses of amateur athletes. Twenty-one participants (age = 29.3 ± 5.4 years; weight = 74.2 ± 11.3 kg; height = 176 ± 0.0 cm), completed two 10-km tests in the CAP or placebo condition. Two capsules of CAP (12 mg) or placebo were consumed 45 minutes before and immediately at the beginning of the trials. Between CAP and placebo conditions, there was no significant difference in the physiological performance or perceptual responses of the participants in the 10-km running test ($p > 0.05$). Therefore, CAP supplementation did not improve the performance of amateur athletes in the 10-km time-trial running test.

Keywords: Pepper. Running races. Ergogenic aid

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ação da CAP via receptor TRPV1 e contração muscular

Figura 2 – Ação da CAP e atividade contrátil

Figura 3 – Músculo esquelético e exercício aeróbio: efeito agudo e crônico

Figura 4 – Diagrama de fluxo do estudo

Figura 5 - Desenho experimental do estudo

Figura 6 – Correlação do tempo dos 10-km e das parciais de 3-km, 5-km e 8-km em relação a MG (%)

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Revisão Bibliográfica	13
1.1.1 Mecanismos de ação da Capsaicina	13
1.1.2 Capsaicina como recurso ergogênico	16
1.1.3 Metabolismo energético durante exercício aeróbio	20
2 JUSTIFICATIVA	22
3 OBJETIVO GERAL	23
3.1 Objetivos específicos.....	23
4 MÉTODOS.....	24
4.1 Participantes.....	24
4.2 Delineamento	25
4.3 Protocolo de suplementação	26
4.4 Caracterização da amostra	26
4.4.1 Antropometria	26
4.4.2 Composição corporal.....	27
4.4.3 Consumo Máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$)	27
4.5 Registro alimentar	27
4.6 Lactato sanguíneo	28
4.7 Frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço.....	28
4.8 Escala de prazer (Paces) e escala de sentimento.....	28
4.9 Análise estatística.....	29
5 RESULTADOS	30
6 DISCUSSÃO	38
7 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

As competições de corrida de longa distância tornaram-se mais populares na última década (HAGAN, 2018). Estas competições impõem uma grande quantidade de carga mecânica, contração muscular repetitiva e alta demanda metabólica, especialmente no sistema oxidativo (GIOVANELLI et al., 2016). Devido ao aumento da tensão durante a carga mecânica, o músculo esquelético é sobrecarregado, induzindo prejuízos funcionais neuromusculares e danos à fibra muscular (PEARCEY et al., 2015). Não raro, o uso de compostos ergogênicos é investigado com o intuito de otimizar o desempenho em competições de média e longa distância (SCHUBERT; ASTORINO, 2013).

A capsaicina (CAP), 8-metil-N-vanilil-trans-6-nonenamida, é um composto fitoquímico natural encontrado prioritariamente em pimentas vermelhas (LUDY; MOORE; MATTES, 2012) e também no análogo de uma espécie de pimenta doce (CH-19 *sweet*) que possui a mesma estrutura molecular da capsaicina, exceto a substituição de NH por O na cadeia alquil que altera o fator de pungência (OHNUKI et al., 2001). Tal fitoquímico tem sido utilizado como estratégia nutricional para melhorar o desempenho em diferentes intensidades de exercício e distâncias (DE FREITAS et al., 2018; FREITAS et al., 2019). Estudos anteriores com a suplementação aguda com análogo de CAP (capsiate) demonstraram que a utilização de 12 mg CAP é eficaz na redução do tempo de teste de exaustão em 1.500 m de corrida para homens fisicamente ativos (DE FREITAS et al., 2018). Corroborando os achados acima, um outro estudo avaliou o efeito da suplementação com CAP (12mg) ou placebo (12mg) no desempenho e na resposta fisiológica ao exercício intermitente de alta intensidade. Os participantes completaram dois testes randomizados, duplo-cego (15'': 15'' 120% $VO_{2\text{pico}}$), sendo que a CAP aumentou o tempo até a exaustão, demonstrando eficácia como estratégia nutricional para melhorar o desempenho no treinamento aeróbio (FREITAS et al., 2019).

No músculo esquelético, a CAP fosforila o receptor transiente potencial vanilóide-1 (TRPV1), que resulta na liberação de cálcio disponível no retículo sarcoplasmático, otimizando a interação miosina-actina muscular e conseqüentemente melhorando os processos de geração de força (LOTTEAU et al., 2013).

Assim, com base nos achados da literatura podemos inferir que a administração oral aguda de CAP apresenta-se como estratégia nutricional que quando associada ao treinamento aeróbio pode contribuir com a melhora da resistência muscular e do metabolismo energético (LUO et al., 2011).

Assim, com base nos achados da literatura sobre o mecanismo de ação da CAP e como ela afeta o metabolismo energético e a resistência muscular, foi estabelecida a hipótese de que a suplementação aguda de CAP (24 mg) poderia ser uma estratégia nutricional pré-exercício para melhorar o desempenho em teste de corrida contra-relógio de 10-km. A presente investigação é o primeiro estudo a avaliar os efeitos ergogênicos da suplementação aguda de CAP em teste de corrida contra-relógio de 10-km.

1.1 Revisão Bibliográfica

1.1.1 Mecanismos de ação da Capsaicina

A capsaicina (CAP), é derivado de uma planta originária das Américas (JAQUELINE; DAVE; GUTIE, 2017). Trata-se de um composto fitoquímico com propriedades biotivas que derivam das pimentas vermelhas (BAENAS et al., 2018). A CAP (cujá estrutura molecular é: trans-8-metil-N-faril-6- nonenamida), é obtida por meio da planta do gênero *Capsicum* pertencente à família dos capsainóides, bem como com a capsiate, dihidrocapsaicina, nordi-hidrocapsaicina, homocapsaicina e homodi-hidrocapsaicina (REYES-ESCOGIDO; GONZALEZ-MONDRAGON; VAZQUEZ-TZOMPANTZI, 2011).

O capsiate (estrutura molecular: 4-hydroxy-3-methoxybenzyl (E)-8-methyl-6-nonenoate) é extraído de pimentas “CH-19 *Sweet*” (*Capsicum annuum* L.), consiste em um análogo da capsaicina com estrutura molecular similar, porém, não apresenta a pungência característica da capsaicina (IWAI; YAZAWA; WATANABE, 2003). Portanto, é importante ressaltar que será utilizado o termo capsaicina (CAP) em referência a esta grande família de análogos, entre eles o capsiate.

As pimentas são mundialmente conhecidas como tempero presente em diversas receitas culinárias. Porém, também é crescente as investigações sobre a CAP e suas aplicações medicinais (HSU et al., 2016). Entre as características bioativas da CAP, destacam-se as propriedades de analgesia, antioxidante, anti-inflamatória, anticancerígena, anti-obesogênica e mais recentemente sua aplicação como suplemento ergogênico na área de *performance* esportiva (CHEN et al., 2015; CLARK; LEE, 2016; DERRY et al., 2019; HUDSON et al., 2016; JANSSENS et al., 2013; KANG et al., 2010; LOTTEAU et al., 2013; LUO et al., 2011).

A CAP, um ligante exógeno conhecido também como vanilóides (TOMINAGA et al., 1998), possui ação agonista sobre o receptor transiente potencial vanilóide-1 (TRPV1) com ação na modulação da sensação de dor e nas respostas fisiológicas induzidas pelo exercício físico (Figura 1), (HUDSON et al., 2016). O TRPV1 é um canal não específico de cátions, que ao ser ativado, promove o influxo de íons de cálcio (SHARMA; VIJ; SHARMA, 2013). A ativação do TRPV1 induz a sensação de aquecimento e sinaliza uma cascata química que ativa o sistema nervoso simpático (ROLLYSON et al., 2014) e potencialmente aumenta o gasto energético, a lipólise e a oxidação de ácidos graxos (CHEN et al., 2015; CLARK; LEE, 2016). O receptor também é ativado por outros fatores como os lipídeos endógenos e piperina, por estímulos físicos, baixo pH e temperaturas elevadas, acima de 43°C (CATERINA et al., 1997). A expressão do receptor TRPV1 já foi identificada em diversos tecidos, entre eles neurônios sensoriais periféricos e em diversas células: adiposas, musculares lisas e esqueléticas, endoteliais, cardíacas, entre outras (LOTTEAU et al., 2013; PANCHAL, 2018). Entre as funções do receptor da CAP, torna-se importante citar a indução da biogênese mitocondrial e do trifosfato de adenosina (ATP), que resulta em maior produção de energia e pode assim afetar a resposta fisiológica ao exercício e, portanto, influenciar o desempenho físico (HUDSON et al., 2016).

Assim, o exercício físico mais extenuante, como aeróbio de duração prolongada, diminui a taxa de liberação de cálcio nas vesículas do retículo sarcoplasmático, o que já foi demonstrado na literatura que pode contribuir para redução na geração de força das miofibrilas (CATERINA; JULIUS, 2001; SCHUBERT; ASTORINO, 2013). Frente a esse cenário, a ativação do receptor TRPV1 pela CAP no músculo esquelético aumenta a liberação de cálcio pelo retículo sarcoplasmático (LEPPIK et al., 2019), resultando em

interação entre filamentos de actina-miosina, o que resulta em maior produção de força (LOTTEAU et al., 2013).

Figura 1. Ação da CAP via receptor TRPV1 e contração muscular



Fonte: desenho feito pela autora

Uma vez que a CAP pode influenciar na melhora do metabolismo energético em função da atividade mitocondrial aumentada, pode haver também aprimoramento do metabolismo energético e na resistência ao exercício físico (BLOOMER et al., 2010; LOTTEAU et al., 2013). Associado aos benefícios da CAP ao desempenho aeróbio, é importante ainda ressaltar que a suplementação com CAP pode agir também na fadiga induzida pelo exercício físico. Isso acontece em função da eficiência bioenergética aumentada na contração do músculo esquelético ativada pelo receptor TRPV1 e na melhora da capacidade de resistência e metabolismo energético. Assim como, também há aumento na captação de glicose por meio da ativação da proteína quinase ativada por AMP (AMPK) (KIM et al., 2013), que pode incidir, inclusive, no metabolismo de lactato em função da estimulação de seus receptores vanilóides e modulação das concentrações séricas de ácido láctico e do Ph, prolongando o tempo de exaustão do exercício físico (HSU et al., 2016; ROCHE et al., 2016).

1.1.2 Capsaicina como recurso ergogênico

Os suplementos alimentares têm potencial para impactar as respostas adaptativas ao exercício aeróbio (MAUGHAN et al., 2018; SLATER; SYGO, 2019). As variáveis de volume e intensidade do exercício, incluem as vias de metabolismo do substrato e função contrátil (SPENCER; GASTIN, 2001). Neste contexto, em função dos mecanismos de ação da CAP e o metabolismo energético da atividade aeróbia, torna-se relevante a compreensão do impacto em potencial da CAP no estímulo da ação contrátil, na sinalização celular e expressão gênica que possam induzir adaptações ao desempenho (LUO et al., 2011).

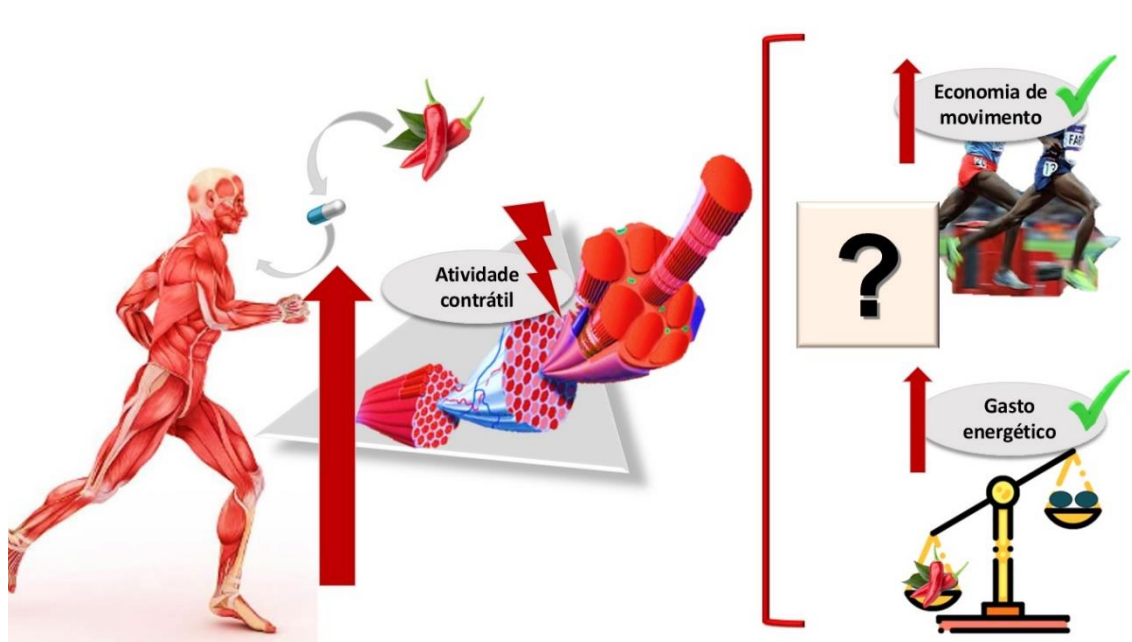
O uso da CAP com ação agonista no canal TRPV1 contribui com o desempenho físico e modulação de várias respostas fisiológicas indispensáveis ao metabolismo energético do exercício aeróbio (HUDSON et al., 2016) (Figura 2). O uso da suplementação de CAP tem se mostrado uma boa estratégia de regulação metabólica associada ao exercício aeróbio, aumentando a ventilação por minuto em ratos idosos (KANG et al., 2010; RECENO et al., 2019). A CAP estimula os receptores β -adrenérgicos, levando ao aumento da oxidação lipídica (YONESHIRO; SAITO, 2013), induzindo maior gasto energético por hidrólise de nutrientes e aumento da temperatura corporal (BASKARAN et al., 2018).

A CAP tem ação sinérgica com os efeitos crônicos induzidos pelo treinamento físico que pode contribuir com o melhor desempenho de corredores em provas de corrida (DE FREITAS et al., 2018). Entre os achados já citados na literatura, pode-se destacar o equilíbrio de água e eletrólitos, além de respostas metabólicas que de forma indireta se relacionam com possíveis efeitos que postergam a exaustão e esgotamento das fontes de energia, contribuindo também para um possível efeito anti-fadiga associado com a suplementação de CAP (HSU et al., 2016; LOTTEAU et al., 2013).

Como auxílio ergogênico, a suplementação com CAP pode ter impacto nas respostas perceptivas ao exercício em função do aumento da atividade do sistema nervoso central e secreção de epinefrina via ativação do receptor de CAP, o TRPV1 (MICHLIG et al., 2016; SHIN; MORITANI, 2007). Em estudo recente (DE FREITAS et al., 2019), em que foi investigado os efeitos agudos da suplementação de CAP na percepção subjetiva de esforço (escala 0-10), os autores mostraram que a suplementação aguda de

CAP induziu uma menor percepção subjetiva de esforço durante 5 km de exercício intermitente de alta intensidade (taxa de esforço e recuperação 1 : 1). Sendo que, após os 5 km, os participantes ainda fizeram um teste de resistência ($4 \times 70\%$ de 1 Repetição Máxima (RM) até falha muscular no exercício de agachamento). Assim, os autores encontraram uma menor percepção subjetiva de esforço no exercício anterior realizado pelos participantes (5 km de corrida), o que pode ter contribuído para melhorar o desempenho subsequente do exercício resistido, com um maior número de repetições máximas (peso levantado X peso) na condição CAP em relação ao placebo (DE FREITAS et al., 2019).

Figura 2. A suplementação com CAP pode potencializar a atividade contrátil e gerar economia de movimento e/ou aumento do gasto energético



Fonte: desenho feito pela autora

A eficiência da suplementação aguda com análogo de CAP (capsiate) já foi reportada em estudos anteriores. A utilização de 12 mg de CAP melhorou a *performance* de homens fisicamente ativos em teste contra-relógio de 1.500 m de corrida (DE FREITAS et al., 2018). Em estudo que avaliou a suplementação de CAP no exercício intermitente de alta intensidade ($15'' : 15'' 120\% \dot{V}O_{2\text{pico}}$) houve aumento no número de repetições com as mesmas 12 mg (FREITAS et al., 2019). A mesma dosagem foi utilizada para avaliar a CAP no exercício resistido em que homens treinados em exercícios de força

realizaram duas sessões de exercício, sendo uma na condição CAP e outra, placebo. No estudo, os participantes realizaram quatro séries de agachamento até a falha do movimento (4 X 70% 1RM com intervalo de 90 segundos entre as séries). O peso total levantado (repetições totais X peso levantado) foi maior na condição CAP do que na condição placebo e a percepção subjetiva de esforço (escala de 1-10), foi menor na CAP (CONRADO DE FREITAS et al., 2018).

Um outro estudo duplo-cego randomizado que avaliou a ingestão de CAP (150 mg) em homens jovens e saudáveis durante exercício aeróbico de baixa intensidade (50% do limiar ventilatório), mostrou que a suplementação aguda de CAP induziu redução na taxa do quociente respiratório e aumento da taxa de oxidação de gorduras durante o exercício sem alterar a atividade nervosa autonômica. Assim, em função do aumento da lipólise, tal estudo sugere o uso da suplementação de CAP associado ao exercício para pessoas com hiperlipidimia e obesidade (SHIN; MORITANI, 2007).

Com o objetivo de avaliar como a ingestão de capsinóides afetam o gasto energético, a oxidação de lipídios e os metabólitos do sangue em repouso e durante exercício contínuo de intensidade moderada, um estudo avaliou homens jovens após a ingestão de 10 mg de placebo ou 10 mg de capsinóides em repouso, após pedalar 90 min (55% $\dot{V}O_{2\text{pico}}$) e nos 30 minutos seguintes de recuperação. No repouso, após a ingestão de CAP, foi encontrado aumento do $\dot{V}O_2$ e nas concentrações de noradrenalina no plasma e diminuição das concentrações de ácidos graxos livres no soro e do glicerol plasmático. Não foram encontradas outras diferenças significativas entre as condições CAP e placebo, durante ou após o exercício. Como conclusão, tal estudo traz que os 10 mg de capsinóides foram eficientes em aumentar a atividade adrenérgica, o gasto energético e propiciou uma mudança na utilização do substrato em relação aos lipídios, em repouso. Porém, a suplementação teve pouco efeito durante o exercício físico ou a recuperação. Ou seja, segundo os autores tal estudo corrobora com os efeitos termogênicos e metabólicos dos capsinóides quando utilizados em repouso. Assim, a suplementação com capsinóides seria uma estratégia nutricional que associada ao exercício físico e dieta contribuiria para programas de redução de gordura corporal (JOSSE et al., 2010).

Outros estudos da literatura que reportam o efeito ergogênico da CAP para o desempenho físico foram feitos com animais (KIM; PARK; LIM, 2016). Em um experimento que avaliou a suplementação com CAP por via oral em camundongos encontrou que a força de preensão do membro anterior e o tempo de natação até a exaustão

foi maior no grupo que recebeu a maior dose de CAP (1025 mg/ kg / dia). Além disso, foi relatado aumento do conteúdo de glicogênio hepático, sendo este considerado um mecanismo importante para a homeostase energética e modulação dos aspectos fisiológicos da suplementação com CAP mediante exercício, sugerindo que a suplementação aguda com CAP pode contribuir com a melhora do desempenho bem como ter ação de postergar a fadiga em exercícios de endurance (HSU et al., 2016).

Já, camundongos que foram suplementados com uma única dose de CAP (10 ou 100 mg / kg de peso corporal), para avaliação do efeito da CAP no músculo esquelético por meio de exercício induzido por eletroestimulação, tiveram melhora no desempenho mecânico e da eficiência bioenergética durante contração muscular com a dose mais alta de CAP. Tal estudo sugere o potencial ergogênico da suplementação com CAP para melhorar o desempenho muscular durante o exercício (KAZUYA et al., 2014).

Em um estudo de revisão sobre suplementos nutricionais que estimulam lipólise e a relação com o desempenho de exercício de *endurance*, a CAP é citada pelos autores como um potencial auxílio ergogênico para *performance* no exercício de *endurance* (KIM; PARK; LIM, 2016). Dos sete estudos citados na revisão (HYE JUNG HWANG , HEA JUNG SUH, 2010; KIM et al., 1997; LUO et al., 2011; MATSUO; YOSHIOKA; SUZUKI, 1996; OH; OHTA, 2003a, 2003b; SHIN; MORITANI, 2007), todos investigaram a suplementação de CAP em relação ao desempenho do exercício de *endurance* e cinco deles foram realizados com animais (ratos ou camundongos). Apenas um (ratos foram submetidos à dieta com capsaicina por uma semana e então, fizeram teste de 60 minutos de corrida em esteira. No experimento, os autores não encontraram diferença no glicogênio muscular e hepático entre o grupo de animais suplementado com capsaicina em relação ao grupo controle que não recebeu a substância (MATSUO; YOSHIOKA; SUZUKI, 1996)), dos sete estudos apresentados na revisão, não relatou melhora na *performance*. Os autores da revisão argumentam que já é bem estabelecido na literatura que a secreção de catecolaminas (no caso da CAP, via TRPV1) estimulam a lipólise do tecido adiposo e a quebra dos triglicerídeos intramusculares, sendo este um mecanismo que promove a oxidação de gorduras e previne a depleção de glicogênio muscular, aumentando assim a o tempo de exaustão do exercício. No entanto, os autores ressaltam que a maioria dos estudos que investigam o desempenho do exercício *endurance* e a suplementação com CAP foi realizada em animais, sendo a investigação com humanos mais direcionada para os efeitos termogênicos da CAP. Por fim, os autores

sugerem a necessidade de se investigar a suplementação aguda com CAP e os efeitos na *performance* dos exercícios de *endurance* em atletas (KIM; PARK; LIM, 2016).

1.1.3 Metabolismo energético durante exercício aeróbio

Atletas de resistência, como corredores de 10 km, tem como objetivo principal aumentar a capacidade de manter a velocidade o quanto mais alta possível por uma determinada distância (HAWLEY et al., 2018). Exercícios aeróbios impõe alto dispêndio energético, a interação entre os fatores fisiológicos que determinam a capacidade de desempenho e tolerância à fadiga são indispensáveis para determinar o sucesso da atividade a ser executada (VON AH MORANO et al., 2020). Sessões repetitivas, constantes de exercícios físicos, podem induzir adaptações pelo treinamento físico, por exemplo, maior capacidade de produção de energia a partir da via aeróbia e aumento da resistência à fadiga (DEL COSO et al., 2017; MUJIKÁ; SHARMA; STELLINGWERFF, 2019; VORUP et al., 2016) (Figura 3). Acerca disto, um conceito que já é bem documentado na fisiologia do exercício aplicado ao treinamento físico relaciona o desempenho dos atletas de *endurance* com a melhora do metabolismo aeróbio (BASSET; BOULAY, 2000; JONES, 1998; LUCÍA et al., 2002; LUNDBY; MONTERO; JOYNER, 2017). Assim, a capacidade de captação, transporte e utilização de oxigênio ($\dot{V}O_2\text{max}$) de um atleta de *endurance* chega a ser até três vezes superior à de um indivíduo não treinado (LARSEN, 2003). Por exemplo, a média de $\dot{V}O_2\text{max}$ de corredores de maratona é acima de 70 mL · Kg⁻¹ · min⁻¹ (VUORIMAA et al., 1996).

Em situação de exercício físico, mediante a contração muscular, há aumento da demanda metabólica que desencadeia respostas fisiológicas para atender às necessidades energéticas naquele momento (VIOLLET, 2017). Para garantir que as respostas sejam adequadas, os sinais enviados ao cérebro devem conter informações sensoriais sobre o *status* fisiológico dos tecidos e órgãos periféricos, com a finalidade da manutenção das condições de homeostase que são indispensáveis à sobrevivência (WIDMANN; NIESS; MUNZ, 2019). Tais alterações, incluem regulação da temperatura corporal, condições de osmolaridade, mudanças no pH, homeostase glicêmica, entre outras (HAWLEY et al., 2014).

Para suprir a demanda metabólica decorrente da contração muscular, há um aumento da demanda por oxigênio (MACINNIS; GIBALA, 2017). O metabolismo aeróbio é elevado para suprir as necessidades energéticas da atividade a ser desempenhada (BISHOP; GRANATA; EYNON, 2013). Isto acontece porque é necessário que os substratos energéticos (glicose circulante na corrente sanguínea e ácidos graxos livres, por exemplo) sejam oxidados, engrenando a conversão de energia química em energia mecânica para a ação que está sendo executada pelos músculos em contração (HUGHES; ELLEFSEN; BAAR, 2017).

Figura 3. Músculo esquelético e exercício aeróbio: efeito agudo e crônico



Fonte: desenho feito pela autora

Porém, quanto mais prolongada e intensa a atividade, maior será a necessidade de captação, transporte e distribuição de oxigênio pela célula e também maior a metabolização dos substratos energéticos (BROOKS; PHYSIOL, 2012). Variáveis de treinamento físico, como volume e intensidade promovem adaptações no metabolismo aeróbio que tornam o processo de geração de energia (metabolismo energético) mais eficiente, o que também resulta em melhor *performance* (JOYNER; COYLE, 2008). O aumento da biogênese mitocondrial melhora a capacidade do corpo em transportar oxigênio e gerar energia, prolongando o início da fadiga muscular durante a *performance* do exercício aeróbio prolongado (GRANATA et al., 2015).

2 JUSTIFICATIVA

Corredores de 10 km, são atletas de resistência que visam aumentar a capacidade de manter a velocidade do exercício a mais alta possível durante longo período de tempo da corrida. Esse tipo de exercício aeróbio exige muito do metabolismo e demanda adaptações fisiológicas que são induzidas pelo treinamento físico como aumento do metabolismo energético e maior resistência à fadiga.

O uso de suplementos alimentares associado ao exercício aeróbio é amplamente investigado pela literatura com o intuito de promover melhora do desempenho. Frente ao potencial evidenciado nos estudos prévios realizados por nosso grupo, e outros também já citados anteriormente, é promissor a adoção da suplementação com CAP em provas de longa duração com o objetivo de melhorar o desempenho físico.

O monitoramento de parâmetros fisiológicos deve ser realizado para se compreender as possíveis adaptações fisiológicas em resposta ao exercício com a suplementação aguda com CAP. Parâmetros de composição corporal e condicionamento físico também precisam ser considerados na avaliação, uma vez que a suplementação com CAP impacta no metabolismo energético e na resistência muscular.

Portanto, o presente estudo buscou investigar o uso da suplementação de CAP no desempenho dos corredores de 10 km, nas variáveis fisiológicas e perceptivas de esforço, além de verificar a influência da composição corporal e condicionamento cardiorrespiratório dos participantes sob as variáveis de desempenho.

3 OBJETIVO GERAL

Avaliar a *performance* dos corredores no teste de 10 km contra-relógio após terem ingerido 24 mg de CAP.

3.1 Objetivos específicos

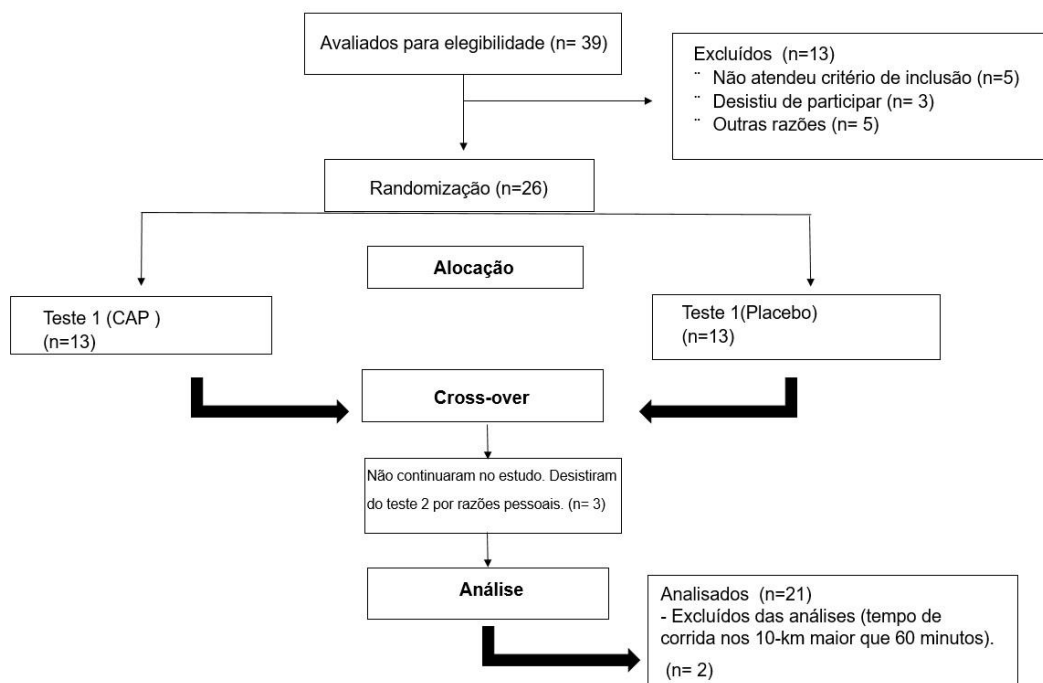
- Analisar o desempenho dos participantes no teste contra-relógio de 10 km após suplementação com CAP.
- Analisar as respostas fisiológicas (frequência cardíaca e concentração de lactato), após teste contra-relógio de 10 km com suplementação de CAP.
- Analisar as respostas perceptivas (BORG; *Feeling Scale* e PACES) após teste contra-relógio de 10 km com suplementação de CAP.
- Analisar a influência do condicionamento cardiorrespiratório ($\dot{V}O_2\text{max}$) e composição corporal (Massa gorda %) no desempenho dos participantes do teste contra-relógio de 10 km com suplementação de CAP.

4 MÉTODOS

4.1 Participantes

Homens habituados a correr a distância de 10 km abaixo de 60 minutos há pelo menos um ano, foram convidados a participar do estudo por meio de divulgação do projeto em redes sociais, cartazes impressos, lista de e-mails de alunos e funcionários da Universidade Estadual Paulista - campus de Presidente Prudente (Figura 4). Para fazer parte do estudo, os participantes não poderiam estar em uso de medicamentos ou suplementos nutricionais ergogênicos. Antes do teste, todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e foram informados sobre a finalidade do estudo e os possíveis riscos.

Figura 4. Diagrama de fluxo

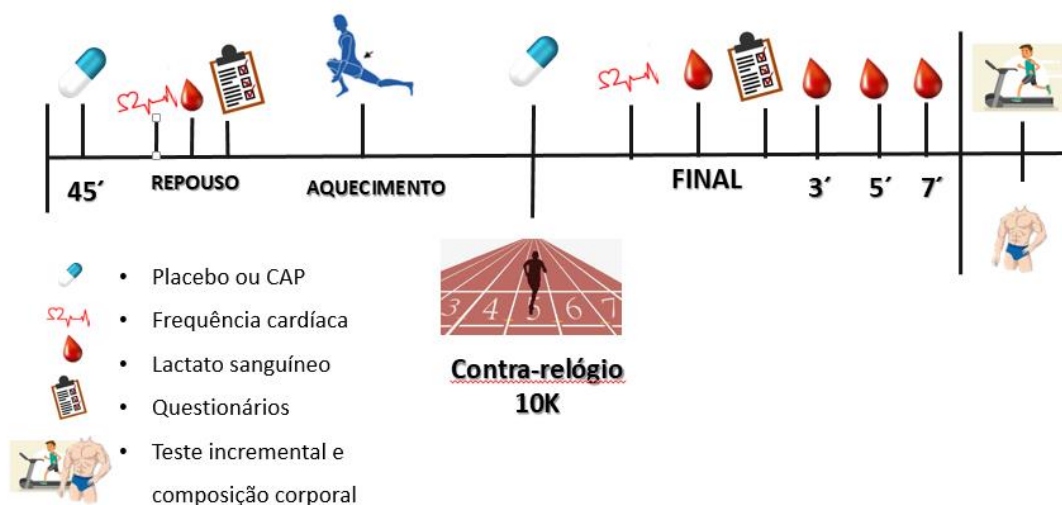


4.2 Delineamento

Os participantes visitaram a pista de atletismo da FCT-UNESP/SP para duas performances de 10 km, separadas por no mínimo 72 horas. Este é um estudo randomizado, duplo-cego e placebo controlado. Os testes de corrida de 10 km tiveram início após o consumo de duas doses de 12 mg de cápsula de CAP ou placebo (a primeira cápsula foi ingerida com água 45 minutos antes do exercício e a segunda cápsula imediatamente antes do início do teste) (Figura 5). As cápsulas eram idênticas e sem sabor.

Todos os testes foram realizados em uma pista externa oficial de 400 m na mesma hora do dia (entre 6:00 e 9:00) sob condições climáticas semelhantes (umidade relativa: 72%; vento: 12 km / h; temperatura: 22 ° C; nível do mar: 475 metros) para minimizar a variação cronobiológica. A água mineral foi fornecida *ad libitum* durante os testes.

Figura 5. Desenho experimental do estudo



Os participantes realizaram a corrida de 10 km sem a presença de oponentes ou outro competidor na pista para evitar que houvesse qualquer outro tipo de estímulo que pudesse comprometer o resultado. O aquecimento de 10 minutos antes do teste foi livre. Todos os participantes foram encorajados a dar o melhor desempenho. Os participantes escolheram livremente sua estratégia de ritmo ($\text{min}\cdot\text{km}^{-1}$) durante o teste (gráfico 1) e o tempo foi registrado a cada 400 m. A velocidade média ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) de cada teste foi calculada

dividindo a distância total percorrida pelo tempo total da duração do teste. O tempo das parciais de 3 km, 5 km e 8 km também foi registrado para posterior análise.

Os participantes foram aconselhados a abster-se de pimentas ou outros alimentos condimentados, com cafeína, suplemento ou substância ergogênica, bebidas energéticas ou alcoólicas e exercícios físicos extenuantes nas 24 horas antes dos testes. Também foram orientados a consumir a mesma dieta e manter a mesma rotina de exercícios físicos nas 48 horas antes do teste. Além disso, foram instruídos a consumir o café da manhã em casa, como de costume, antes de cada teste. Esta pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus “Ministro Petrônio Portella” (protocolo número 3.654.560/2019).

4.3 Protocolo de suplementação

Foi relatado (ARPAD SZALLASI AND PETER M. BLUMBERG, 1999) que dosagens abaixo de 33 mg de suplementação com capsaicina não geram desconforto gástrico e prévios estudos do nosso grupo que utilizaram 12 mg do suplemento e encontraram melhora no desempenho do exercício aeróbio com esta dosagem (CONRADO DE FREITAS et al., 2018; DE FREITAS et al., 2018, 2019; FREITAS et al., 2019). De acordo com a randomização, os participantes ingeriram as cápsulas (12 mg de CAP ou placebo) 45 minutos antes da sessão de teste e outra cápsula imediatamente antes de iniciar os 10 km contra-relógio, uma vez que o pico de concentração do suplemento ocorre por volta dos 45 minutos após a ingestão e a meia vida é de aproximadamente 25 minutos, de modo que se encontra no plasma até 105 minutos (CHAIYASIT; KHOVIDHUNKIT; WITTAYALERTPANYA, 2009; ROLLYSON et al., 2014).

4.4 Caracterização da amostra

4.4.1 Antropometria

A massa corporal foi determinada em balança eletrônica (Filizzola PL 150, Filizzola® Ltda, Brasil). A estatura corporal foi mensurada com o estadiômetro de parede (Sanny®, São Paulo, Brasil). O resultado obtido para massa corporal (em kg) dividido pelo valor da estatura ao quadrado (peso/altura²), foi utilizado para o cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC).

4.4.2 Composição corporal

A massa livre de gordura e a massa gorda foram estimadas por impedância bioelétrica (Bia Analyzer TM[®] (The Nutritional Solutions Corporation, Harrisville, MI, EUA). Todas as medidas de BIA foram realizadas no laboratório da FCT-UNESP/SP em uma sala de temperatura controlada.

4.4.3 Consumo Máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$)

Para determinar a aptidão aeróbia e caracterizar a amostra, após a realização dos dois testes de 10 km na pista de atletismo, os participantes realizaram um teste incremental na esteira (Inbramed-ATL[®]) até a exaustão voluntária máxima, para a determinação do consumo máximo de oxigênio (modelo Quark PFT Ergo[®] - Cosmed - Roma). Os voluntários fizeram três minutos de aquecimento a 8 km/h. Cada estágio do teste teve duração de um minuto; a primeira etapa foi realizada a 9 km/h, e teve um incremento de 1 km/h a cada um minuto. A média dos últimos 30 segundos do estágio em que o voluntário parou em função da exaustão voluntária, foi definida como consumo máximo de oxigênio ($\dot{V}O_{2max}$), (ALVES PASQUA et al., 2018).

4.5 Registro alimentar

Os voluntários foram orientados a realizar o registro alimentar em um formulário específico fornecido previamente pela equipe da pesquisa no dia anterior aos testes de 10

km, com o objetivo de manter o padrão alimentar e consequentemente, a ingestão de calorias totais (kcal) e percentual de macro nutrientes durante as refeições que antecederam as avaliações (CAMIC et al., 2014).

4.6 Lactato sanguíneo

Amostras de sangue do lóbulo da orelha (25 μ l) foram coletadas em um tubo capilar antes, imediatamente no final dos testes, e no terceiro, quinto e sétimo minutos de recuperação passiva. Essas amostras foram armazenadas em freezer a -20° em tubo Eppendorf® com fluoreto (50 μ l), para posterior análise. Em seguida, a concentração de lactato foi determinada por métodos eletroenzimáticos utilizando um analisador automatizado (YSI 2300 STAT®, Yellow Springs, Ohio, EUA). O pico de concentração de lactato ([La⁻] pico) foi definido para cada participante como o maior valor entre as quatro amostras coletadas pós-exercício (PESERICO et al., 2018).

4.7 Frequência cardíaca e percepção subjetiva de esforço

A percepção subjetiva de esforço (PSE) foi avaliada pela escala de Borg de 6-20 pontos e a frequência cardíaca por meio de relógio com monitor cardíaco (Polar Vantage NV®, Electro Oy, Finlândia). Ambas variáveis foram aferidas em repouso e imediatamente após a conclusão dos 10 km.

4.8 Escala de prazer (Paces) e escala de sentimento

Para medir o prazer (PACES) e o sentimento (*Feeling Scale* (FS)), os participantes responderam os questionários nos dois testes de 10 km. O FS foi respondido no início e no fim da corrida. Os participantes deveriam assinalar a alternativa que representasse o sentimento deles naquele momento. O questionário FS traz a pergunta: “Como você está se sentindo agora? ”; a resposta tem uma escala numérica que vai do cinco negativo (-5) até o cinco positivo (+5), sendo o número zero (0), neutro. Já, ao final do exercício, eles

também responderam o PACES, uma escala bipolar que tem em um extremo de uma mesma linha a expressão: “eu adorei isso” e no outro extremo, separados por uma escala numérica de um até sete, consta “eu odiei isso”, por exemplo. O participante teve que preencher o número que mais se aproximou do que ele sentiu ao realizar a sessão de exercício, sendo o quatro (4), o número neutro e o número mais próximo do extremo da frase que o participante escolheu, o de maior intensidade. Por exemplo, do lado de um dos extremos o um, dois ou três (1, 2, 3) e no outro extremo, o cinco, seis ou o sete (5, 6, 7), sendo neste exemplo o um e sete os números de maior intensidade (DOMINGUES et al., 2018).

4.9 Análise estatística

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. Os dados foram relatados como média e desvio padrão (DP). O teste t pareado foi usado para comparar condições (placebo e CAP). Para estratificação da amostra, foi utilizado o percentil 50 dos valores de massa gorda (<11,20%; >= 11,20%) e $\dot{V}O_2\text{max}$ (<64,75 mL.kg⁻¹.min⁻¹; >= 64,75 mL.kg⁻¹.min⁻¹). A partir da estratificação desses valores, foi feito o teste t independente para comparação dos resultados estratificados com o Δ do tempo (tempo dos 10-km da condição CAP – tempo 10-km da condição placebo) do desempenho nos 10 km e das parciais de 3, 5 e 8km. Também, foi realizada a correlação de Pearson para os valores de Δ do tempo dos resultados nos 10 km e das parciais de 3, 5 e 8km *versus* os valores de massa gorda (%) e $\dot{V}O_2\text{max}$ (mL.kg⁻¹.min⁻¹). A significância estatística foi estabelecida em $p < 0,05$. Os dados foram analisados usando o SPSS 22.

O cálculo do poder da amostra foi calculado *a posteriori* no programa GPower 3.1 e conferiu um poder de $\beta-1 = 0,85$.

5 RESULTADOS

Neste estudo, a **tabela 1** mostra a média e o DP das características gerais dos participantes que fizeram o teste de corrida de 10-km contra-relógio.

Tabela 1. Caracterização geral dos participantes. N=21

Variáveis	Média ± DP
Idade (anos)	29,33 ± 5,48
IMC (kg/m ²)	23,93 ± 3,11
Massa Total (kg)	74,23 ± 11,36
Estatura (cm)	176 ± 0,07
Massa gorda (%)	12,76 ± 3,84
Massa livre de gordura (%)	64,38 ± 7,22
$\dot{V}O_2\text{max}$ (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	62,78 ± 8,44
$\dot{V}O_2\text{max}$ (L·min ⁻¹)	4,66 ± 0,09

Nota: Dados são apresentados em média e DP; IMC = índice de massa corporal; $\dot{V}O_2\text{max}$ = consumo máximo de oxigênio

No registro alimentar, **tabela 2**, foi quantificado a ingestão total de kcal no dia anterior ao teste de corrida, bem como o total calórico da refeição anterior ao teste. Também foi quantificado a quantidade de carboidratos, gorduras e proteínas ingeridas durante as refeições dos participantes. Não houve diferença estatisticamente significativa em nenhuma das condições ($p > 0,005$).

Tabela 2. Resultado do registro alimentar de 24 horas antes dos testes

Ingestão	Placebo	CAP	p-valor
Total (Kcal)	1791,51 ± 661,28	1853,41± 476,355	0,322
Proteínas (Kcal)	97,25 ± 41,71	107,29 ± 47,76	0,221
Carboidratos (Kcal)	213,62 ± 97,48	206,61 ± 69,33	0,900
Lipídios (Kcal)	61,06 ± 28,49	66,91 ± 26,05	0,112

Nota: Dados são apresentados em média ± DP. CAP= análogo capsaicina. Significância estatística= $p < 0,05$. Ingestão calculada no Software Dietpro versão 5.8 de acordo com a tabela de composição de alimentos Brasileiros (TACO).

Na **tabela 3** constam a média e o DP com o desempenho dos participantes nas condições Placebo e CAP avaliadas durante o teste contra-relógio de 10 km, bem como os resultados encontrados para as parciais de 3, 5 e 8km. Não houve diferença estatisticamente significativa em nenhuma das condições ($p > 0,005$)

Tabela 3. Resultados do teste de 10 km contra-relógio e das distâncias parciais que também foram registradas. O tempo é mostrado em segundos. N=21

Média ± DP			
Distância	Placebo	CAP	p-valor
3-km	782,80 ± 111,51	791,23 ± 107,76	0,4215
5-km	1328,57 ± 193,89	1336,47 ± 188,56	0,5176
8-km	2163,33 ± 317,35	2164,23 ± 301,08	0,9518
10- km	2706,14 ± 395,87	2706,38 ± 373,35	0,9887

Nota: Dados são apresentados em média ± DP. CAP= análogo capsaicina. Significância estatística = $p < 0,05$.

Na **tabela 4** estão a média e o DP das respostas de desempenho, fisiológicas e perceptivas avaliadas durante o teste nas condições Placebo e CAP. Não houve diferença estatisticamente significativa em nenhuma das condições ($p > 0,005$).

Tabela 4. Respostas de desempenho, fisiológicas, e perceptivas avaliadas no teste contra-relógio de 10 km. N= 21

Média ± DP			
Distância	Placebo	CAP	p-valor
Velocidade média (km·h⁻¹)	13,59 ± 1,95	13,55 ± 1,85	0,707
Ritmo (min·km⁻¹)	4,31 ± 0,68	4,34 ± 0,66	0,354
FC (bpm)	181,75 ± 11,23	180,85 ± 13,52	0,897
PSE (pontos)	17,47 ± 2,30	17,66 ± 2,03	0,5176
[La⁻] pico (mmol·L⁻¹)	5,27 ± 1,81	5,25 ± 1,82	0,950
[La⁻] (mmol·L⁻¹)	0,924 ± 0,41	0,838 ± 0,45	0,866
FS (pontos)	1,23 ± 2,72	0,71 ± 2,86	0,110
PACES (pontos)	101,80 ± 18,63	98,61 ± 18,21	0,239

Nota: Dados são apresentados em média ± DP. CAP= análogo capsaicina. Significância estatística = $p < 0,05$. FC = frequência cardíaca; PSE= percepção subjetiva de esforço (BORG 6-20); FS= escala de sentimento; PACES = questionário de prazer

A estratégia de ritmo (min·km⁻¹) durante o teste (**gráfico 1**), não mostra diferenças na velocidade média (km·h⁻¹) dos registros parciais (3 km; 5 km; 8 km) quando comparada com o ritmo final do tempo de corrida do teste de 10 km, $p > 0,05$. No entanto, houve uma diferença na velocidade média entre 3 km e 5 km; 3 km vs. 8 km e 5 km vs. 8 km, $p > 0,05$, mas a estratégia foi a mesma em ambos os testes tanto da condição placebo quanto da CAP.

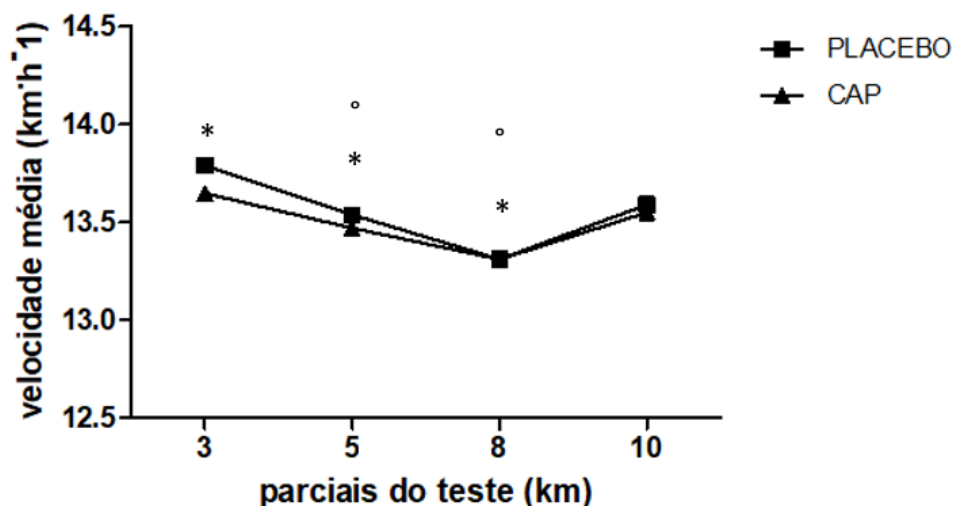


Gráfico 1. Desempenho de acordo com a velocidade média na condição placebo e CAP

Na **tabela 5** constam a média e o DP com o desempenho dos participantes nas condições Placebo e CAP divididos em dois grupos de acordo com o tempo final do teste de 10-km. Foi estabelecida uma linha de corte em 45 minutos. Um grupo foi formado pelos participantes com tempo final no teste contra-relógio nos 10-km de até 45 minutos ($n=12$) e o outro grupo ($n=9$), pelos participantes com tempo final entre 45 e 60 minutos no teste de 10-km. Não houve significância estatística em nenhuma das condições ($p > 0,005$).

Tabela 5. Estratificação dos participantes pelo tempo de corrida no teste contra-relógio de 10-km

Tempo 10-km	Placebo	CAP	p -valor
> 45 minutos ($n= 12$)	2417,91 \pm 182,04	2426,25 \pm 165,08	0,705
45 > 60 minutos ($n=9$)	3090,44 \pm 251,05	3079,88 \pm 211,61	0,712

Nota: Dados são apresentados em média \pm DP. CAP= análogo capsaicina. Significância estatística = $p < 0,05$.

Na **tabela 6** estão os resultados do desempenho dos participantes de acordo com o Δ do tempo do teste de 10-km e das parciais de 3, 5 e 8-km estratificados pelo $\dot{V}O_2\text{max}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Não houve significância estatística em nenhuma das condições ($p > 0,005$).

Tabela 6. Desempenho de acordo com o Δ do tempo das distâncias registradas no teste de 10-km estratificada pelo percentil 50 do $\dot{V}O_2\text{max}$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)

	Δ do tempo (segundos) < 64,75 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	Δ do tempo (segundos) \geq 64,75 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$	p -valor
3-km	10,80 \pm 60,30	6,27 \pm 33,85	0,832
5-km	3,80 \pm 65,30	11,63 \pm 46,69	0,753
8-km	-15,00 \pm 69,56	15,36 \pm 66,02	0,318
10-km	-23,60 \pm 77,04	21,90 \pm 73,17	0,181

Nota: Dados são apresentados em média \pm DP. CAP= análogo capsaicina. Significância estatística = $p < 0,05$; Δ do tempo = tempo em segundos da condição CAP – tempo em segundos da condição Placebo

Na **tabela 7** estão os resultados do desempenho dos participantes com o Δ do tempo do teste de 10 km e das parciais de 3, 5 e 8km estratificados pela massa gorda (%). Houve diferença estatística significativa no Δ do tempo na parcial de 8 km ($0,90 \pm 66,18$; p -valor= 0,032) e no Δ do tempo de 10 km ($0,23 \pm 74,90$; p -valor= 0,032).

Na **tabela 8** são apresentados o tempo individual em segundos de cada participante ($n=21$), no teste contra-relógio de 10-km nas condições placebo e CAP, bem como o Δ do tempo (CAP – placebo). A tabela está organizada de acordo com a porcentagem de MG (%) de cada participante. Dez participantes foram mais rápidos na condição CAP do que na condição placebo, sendo que oito deles fazem parte do grupo com maior massa de gordura **MG \geq 11.20%**.

Tabela 7. Desempenho de acordo com o Δ do tempo das distâncias registradas no teste de 10km contra-relógio estratificada pelo percentil 50 da massa gorda (%). N=21

	Δ do tempo (segundos) < 11,20 %MG	Δ do tempo (segundos) \geq 11,20 %MG	<i>p</i> -valor
3 km	18,3 \pm 18,8	-0,54 \pm 59,4	0,373
5 km	25,8 \pm 27,5	-8,36 \pm 65,2	0,060
8 km	33,5 \pm 41,7	-28,72 \pm 70,2	0,032*
10 km	37 \pm 58,7	-33,18 \pm 72,2	0,032*

Nota: Dados apresentados em média \pm DP; Δ do tempo = tempo em segundos da condição CAP – tempo em segundos da condição Placebo; MG = massa gorda; * = diferença estaticamente significante

Tabela 8. Desempenho individual dos participantes no teste de 10 km e relação com a massa gorda. Tempo em segundos. N=21

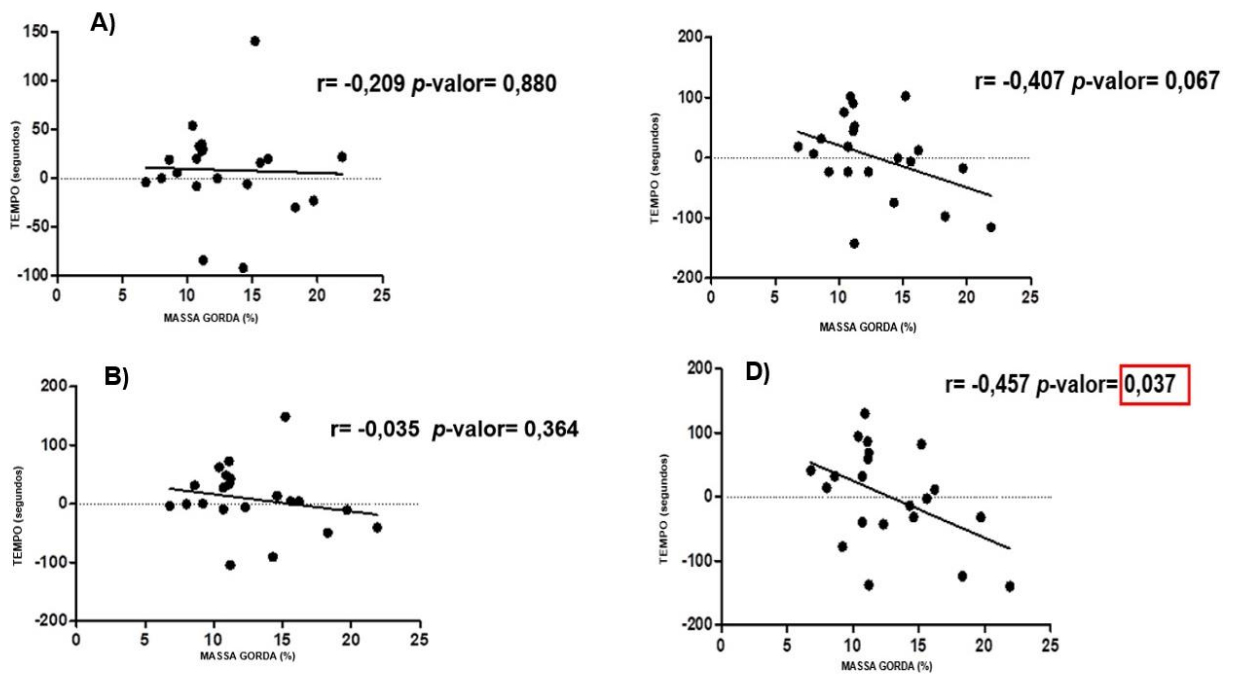
Participante	Placebo	CAP	Δ do tempo	MG (%)
1	2.319	2.360	41	6,8
2	2.077	2.091	14	8
3	2.362	2.394	32	8,6
4	2.615	2.537	-78	9,2
5	2.555	2.649	94	10,4
6	2.503	2.463	-40	10,7
7	2.537	2.569	32	10,7
8	2.382	2.512	130	10,9

9	2.958	3.044	86	11,1
10	2.075	2.134	59	11,12
11	2.629	2.491	-138	11,2
12	2.681	2.749	68	11,2
13	2.385	2.342	-43	12,3
14	3.208	3.194	-14	14,3
15	3.117	3.085	-32	14,6
16	3.150	3.232	82	15,2
17	2.576	2.573	-3	15,6
18	2.716	2.727	11	16,2
19	3.146	3.022	-124	18,3
20	3.370	3.338	-32	19,7
21	3.468	3.328	-140	21,9

Nota: Placebo e CAP = tempo dos 10-km em segundos; Δ tempo= CAP – placebo; MG (%)= porcentagem de massa gorda; MG < 11.20%; **MG >= 11.20%**

De acordo com a correlação de Pearson, houve significância entre o Δ do tempo de 10 km vs. massa gorda (%) ($r = -0,457$; p -valor= 0,037). Na figura 6 constam os gráficos (A-D) com as correlações do tempo do teste de 10-km e das parciais de 3, 5 e 8-km em relação a massa gorda.

Figura 6. Correlação do tempo dos 10-km (D) e das parciais de 3-km (A), 5-km (B) e 8-km (C) em relação a MG (%)



6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste refutam a hipótese inicial de que a suplementação com CAP teria efeito ergogênico, propiciando uma melhora no tempo do teste contra-relógio de 10km e/ou nas distâncias parciais registradas (3, 5 e 8 km).

Porém, a suplementação com CAP foi eficiente em melhorar o desempenho no teste de corrida contra-relógio na parcial de 8 km e na distância dos 10 km quando a amostra foi estratificada pela massa gorda (%). Assim, os resultados encontrados neste estudo sugerem a hipótese de que a suplementação com CAP poder ter efeito ergogênico e contribuir para a melhora do desempenho do teste de 10 km em corrida em indivíduos com maior percentual de gordura (> 11,20 %).

Também, é necessário ressaltar que foi encontrado correlação negativa entre o Δ do tempo nos 10 km vs. massa gorda (%) ($r = -0.457$; valor de $p: 0,037$). Esses resultados confirmam a importância de considerar a massa gorda para a eficácia da CAP na corrida de longa distância. Isso pode ser explicado pelo aumento da eficiência da oxidação de gordura induzida pela suplementação de CAP (LEJEUNE; KOVACS; WESTERTERPLANTENGA, 2003; LUDY; MOORE; MATTES, 2012).

Atualmente, são poucos os estudos que investigam os efeitos da suplementação de CAP e a relação entre exercício físico e desempenho em humanos. Na literatura, corroborando com nossos achados, tem um estudo que avaliou o desempenho de homens jovens em corrida intermitente (15 x 30 tiros de 30 m com intervalo de 35") após suplementação crônica com CAP por sete dias (25,8 mg/dia), também não reportou melhora na *performance* dos participantes (OPHEIM; RANKIN, 2012). No entanto, o protocolo de suplementação (agudo x crônico) e a forma de administração do suplemento (capsinóide x pimenta caiena), foram totalmente distintas do protocolo empregado neste estudo. Assim, contrariando nossos resultados, porém, com o mesmo protocolo de suplementação (agudo) e a mesma forma de administração do suplemento (capsinóide), a CAP foi eficiente em melhorar o desempenho no teste de 1500 mts contra-relógio (DE FREITAS et al., 2018) e aumentar o tempo até a exaustão durante avaliação de homens na execução do exercício intermitente de alta intensidade (FREITAS et al., 2019).

Uma possível justificativa para a diferença de resultados encontrados entre este estudo e as avaliações de performance com suplementação aguda de CAP nos estudos

anteriormente citados (DE FREITAS et al., 2018; FREITAS et al., 2019), seria a diferença do protocolo de exercício (distância longa x distância curta) e (aeróbico contínuo x intermitente de alta intensidade), além da diferença de dosagem (24 mg de CAP em duas doses de 12mg e dose única de 12 mg). Outra diferença que pode afetar os resultados deste estudo é a composição corporal dos sujeitos. O valor médio da massa gorda dos participantes do estudo de 1.500 m com suplementação de CAP foi de $14,6 \pm 3,0\%$, $n = 10$ (DE FREITAS et al., 2018), um achado que corresponde ao valor de estratificação do grupo com valor mais alto de massa gorda ($MG > = 11,20\%$) deste estudo. Parece que a suplementação com CAP pode melhorar o desempenho, mas os efeitos podem depender do protocolo do exercício e das características do participante. Além disso, é importante destacar que neste estudo até os sujeitos do grupo com massa gorda superior a 11,20% permanecem como eutróficos, o que leva à necessidade de mais investigações sobre o efeito da suplementação aguda de CAP em exercícios de endurance com população com sobrepeso e obesidade.

Diversos estudos com animais (KIM et al., 1997; LUO et al., 2011; OH; OHTA, 2003a, 2003b) mostram resultados que corroboram com a hipótese de que a suplementação aguda de CAP é eficiente para melhorar o a capacidade de *endurance* dos exercícios. Em comum, todos eles exploram o conceito de que isto acontece via ativação do TRPV1 decorrente da suplementação com CAP e melhora do metabolismo energético por meio do aumento da lipólise e economia das reservas de glicogênio muscular (KIM; PARK; LIM, 2016).

De acordo com os achados deste estudo em que houve melhora no desempenho no teste contra-relógio de 10 km dos participantes com maior percentual de massa gorda, os efeitos da suplementação aguda de CAP e análogos, em humanos, para exercício de duração prolongada, parece ser dependente da gordura corporal. Ou seja, quando há maiores taxas de lipólise e menor depleção do glicogênio muscular, pode haver melhor desempenho em exercícios de *endurance* (SKOVGAARD et al., 2018). Um estudo com homens com sobrepeso e obesidade ($IMC 30,4 \pm 2,4 \text{ kg} / \text{m}^2$), em que os participantes fizeram uso de CAP por 12 semanas (6 mg / dia) mostra que houve redução da adiposidade abdominal e aumento da oxidação de gordura quando comparado ao grupo controle (SNITKER et al., 2009). Em outro estudo, no qual administraram CAP (135 mg / dia fracionado durante as refeições diárias) para voluntários com sobrepeso e obesos ($IMC 29,3 \pm 2,5 \text{ kg} / \text{m}^2$) e dieta de baixa energia, eles reduziram a massa corporal. O

estudo aponta que a suplementação foi eficiente na manutenção da massa corporal devido à maior efetividade da oxidação de gordura observada pelo menor coeficiente respiratório (LEJEUNE; KOVACS; WESTERTER-PLANTENGA, 2003). Ou seja, a resposta do desempenho relacionada a gordura corporal pode contribuir para o metabolismo da gordura, aumentando a lipólise e manutenção dos estoques de glicogênio muscular (KIM; PARK; LIM, 2016).

É necessário ressaltar que este estudo não mostra uma correlação entre a suplementação aguda de CAP no teste de corrida de 10-km e o condicionamento cardiorrespiratório. Quando os participantes foram estratificados pelos valores de $\dot{V}O_{2max}$ (tabela 6) ou divididos em dois grupos de acordo com o tempo final na corrida de 10-km (linha de corte para o tempo final do teste de 10-km em 45 minutos) (tabela 5) os resultados retornaram $p > 0,05$. Isso ressalta a importância de se investigar a hipótese de que a suplementação de desempenho em indivíduos com diferentes status de treinamento pode ter respostas individuais distintas que podem ser afetadas pela suplementação em função das adaptações musculares e metabólicas que ocorrem com o treinamento físico (DE CASTRO et al., 2019).

O protocolo de suplementação de CAP adotado neste estudo (24 mg em duas doses de 12 mg) foi bem tolerado pelos participantes. Nenhum deles reportou desconforto gastrointestinal, ao contrário do que foi reportado em estudo com humanos que usou pimenta caiena (OPHEIM; RANKIN, 2012).

Apesar de já ter sido relatado na literatura que a CAP impacta as respostas perceptivas ao exercício físico (DE FREITAS et al., 2019), muito em função do aumento da atividade do sistema nervoso central e maior secreção de epinefrina, induzida pela ativação do TRPV1 (MICHLIG et al., 2016; SHIN; MORITANI, 2007), podendo assim contribuir para um melhor desempenho do exercício, neste estudo não foi encontrado nenhuma diferença estaticamente significativa nestas variáveis (percepção subjetiva de esforço, PACES e *feeling scale*).

Por fim, é importante salientar que este estudo além de ser o primeiro a investigar os efeitos da suplementação aguda de CAP em humanos em corrida de 10 km, ele desperta a necessidade de se investigar os efeitos termogênicos da CAP relacionados ao desempenho físico em diferentes populações, como pessoas sedentárias e com sobrepeso e/ou obesidade.

7 CONCLUSÃO

A suplementação aguda de CAP (24 mg em duas doses de 12 mg) não melhorou o desempenho nos 10 km de corrida. No entanto, quando os sujeitos foram divididos de acordo com sua massa gorda (estratificação pelo percentil 50 da massa gorda%), a suplementação de CAP parece ser eficiente para melhorar o desempenho no teste de corrida de 10 km ($\geq 11,20\%$ massa gorda: $-33,18 \pm 72,2$ (segundos); valor de $p = 0,032$). Portanto, é possível que a eficácia da suplementação com CAP para melhorar o desempenho na corrida de longa distância pareça estar correlacionada com a composição corporal e percentual de massa gorda.

REFERÊNCIAS

ALVES PASQUA, L. et al. Determinant factors of peak treadmill speed in physically active men. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 58, n. 3, p. 204–209, mar. 2018.

ARPAD SZALLASI AND PETER M. BLUMBERG. **Vanilloid (Capsaicin) Receptors and Mechanisms** Pharmacological Reviews June 1999, 51 (2), , 1999. Disponível em: <<http://pharmrev.aspetjournals.org/cgi/pmidlookup?view=long&pmid=10353985>>

BAENAS, N. et al. Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: technological benefits and biological advantages. **Food Chemistry**, 2018.

BASKARAN, P. et al. Binding Efficacy and Thermogenic Efficiency of Pungent and Nonpungent Analogs of Capsaicin. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 23, n. 12, p. 1–11, 4 dez. 2018.

BASSET, F. A.; BOULAY, M. R. Specificity of treadmill and cycle ergometer tests in triathletes, runners and cyclists. **European journal of applied physiology**, v. 81, n. 3, p. 214–21, fev. 2000.

BISHOP, D. J.; GRANATA, C.; EYNON, N. Can we optimise the exercise training prescription to maximise improvements in mitochondria function and content? **BBA - General Subjects**, 2013.

BLOOMER, R. J. et al. Effect of oral intake of capsaicinoid beadlets on catecholamine secretion and blood markers of lipolysis in healthy adults: a randomized, placebo controlled, double-blind, cross-over study. **Lipids in health and disease**, v. 9, p. 72, 15 jul. 2010.

BROOKS, G. A.; PHYSIOL, C. Bioenergetics of Exercising Humans. v. 2, n. January, p. 537–562, 2012.

CAMIC, C. L. et al. The effects of polyethylene glycosylated creatine supplementation on anaerobic performance measures and body composition. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 3, p. 825–833, 2014.

CATERINA, M. J. et al. The capsaicin receptor : a heat-activated ion channel in the pain pathway. v. 389, n. October, 1997.

CATERINA, M. J.; JULIUS, D. THE VANILLOID RECEPTOR : A Molecular Gateway to the Pain Pathway. p. 487–517, 2001.

CHAIYASIT, K.; KHOVIDHUNKIT, W.; WITTAYALERTPANYA, S. Pharmacokinetic and the effect of capsaicin in capsicum frutescens on decreasing plasma glucose level. **Journal of the Medical Association of Thailand**, v. 92, n. 1, p. 108–113, 2009.

CHEN, K. et al. Chemico-Biological Interactions Capsaicin protects endothelial cells and macrophage against oxidized low-density lipoprotein-induced injury by direct antioxidant action. **Chemico-Biological Interactions**, v. 228, p. 35–45, 2015.

CLARK, R.; LEE, S. Anticancer Properties of Capsaicin Against Human Cancer. v. 844, p. 837–843, 2016.

CONRADO DE FREITAS, M. et al. Acute Capsaicin Supplementation Improves Resistance Training Performance in Trained Men. **Journal of strength and conditioning research**, v. 32, n. 8, p. 2227–2232, ago. 2018.

DE CASTRO, T. F. et al. Effect of beetroot juice supplementation on 10-km performance in recreational runners. **Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme**, v. 44, n. 1, p. 90–94, jan. 2019.

DE FREITAS, M. C. et al. Acute Capsaicin Supplementation Improves 1,500-m Running Time-Trial Performance and Rate of Perceived Exertion in Physically Active Adults. **Journal of strength and conditioning research**, v. 32, n. 2, p. 572–577, fev. 2018.

DE FREITAS, M. C. et al. Acute Capsaicin Supplementation Improved Resistance Exercise Performance Performed After a High-Intensity Intermittent Running in Resistance-Trained Men. **Journal of strength and conditioning research**, v. 1, p. 1, 28 nov. 2019.

DEL COSO, J. et al. A comparison of the physiological demands imposed by competing in a half-marathon vs. a marathon. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 57, n. 11, p. 1399–1406, nov. 2017.

DERRY, S. et al. Topical capsaicin (high concentration) for chronic neuropathic pain in adults (Review). n. 1, 2019.

DOMINGUES, E. et al. Translation , adaptation , and reproducibility of the Physical Activity Enjoyment Scale (PACES) and Feeling Scale to Brazilian Portuguese. **Sport Sciences for Health**, v. 0, n. 0, p. 0, 2018.

FREITAS, M. C. DE et al. Capsaicin supplementation increases time to exhaustion in high- intensity intermittent exercise without modifying metabolic responses in physically active men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 0, n. 0, p. 0, 2019.

GIOVANELLI, N. et al. Effects of an Uphill Marathon on Running Mechanics and Lower-Limb Muscle Fatigue. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 4, p. 522–529, 2016.

GRANATA, C. et al. Training intensity modulates changes in PGC-1 a and p53 protein content and mitochondrial respiration , but not markers of mitochondrial content in human skeletal muscle. 2015.

HAGAN, J. C. Marathon Running: An Unhealthy Addiction! **Missouri medicine**, v. 115, n. 2, p. 96–97, 2018.

HAWLEY, J. A. et al. Review Integrative Biology of Exercise. **Cell**, v. 159, n. 4, p. 738–749, 2014.

HAWLEY, J. A. et al. Maximizing Cellular Adaptation to Endurance Exercise in Skeletal Muscle. **Cell metabolism**, v. 27, n. 5, p. 962–976, 2018.

HSU, Y. et al. Capsaicin Supplementation Reduces Physical Fatigue and Improves Exercise Performance in Mice. **Nutrients**, v. 8, n. 10, p. 1–15, 20 out. 2016.

HUDSON, A. S. R. et al. Involvement of the TRPV1 channel in the modulation of spontaneous locomotor activity , physical performance and physical exercise-induced physiological responses. v. 49, p. 1–13, 2016.

HUGHES, D. C.; ELLEFSEN, S.; BAAR, K. Adaptations to Endurance and Strength Training. p. 1–18, 2017.

HYE JUNG HWANG , HEA JUNG SUH, K. W. L. **Effect of red-pepper**

ingestion on excess post-exercise oxygen consumption in young womenThe Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry, , 2010. Disponível em: <http://jenb.or.kr/_common/do.php?a=full&b=21>

IWAI, K.; YAZAWA, A.; WATANABE, T. Roles as metabolic regulators of the non-nutrients, capsaicin and capsiate, supplemented to diets. **Proceedings of the Japan Academy, Series B**, v. 79B, n. 7, p. 207–212, 2003.

JANSSENS, P. L. H. R. et al. Acute Effects of Capsaicin on Energy Expenditure and Fat Oxidation in Negative Energy Balance. v. 8, n. 7, p. 1–7, 2013.

JAQUELINE, C.; DAVE, S. M. V. B.; GUTIE, R. ~ o Bioactive compounds and antioxidant activity in scalded Jalapen pepper industrial byproduct (*Capsicum annum*). v. 54, n. June, p. 1999–2010, 2017.

JONES, A. M. A five year physiological case study of an Olympic runner. **British journal of sports medicine**, v. 32, n. 1, p. 39–43, mar. 1998.

JOSSE, A. R. et al. Effects of capsinoid ingestion on energy expenditure and lipid oxidation at rest and during exercise. **Nutrition and Metabolism**, v. 7, p. 1–10, 2010.

JOYNER, M. J.; COYLE, E. F. Endurance exercise performance : the physiology of champions. v. 1, p. 35–44, 2008.

KANG, J. H. et al. Dietary capsaicin reduces obesity-induced insulin resistance and hepatic steatosis in obese mice fed a high-fat diet. **Obesity**, v. 18, n. 4, p. 780–787, 2010.

KAZUYA, Y. et al. A single intake of capsiate improves mechanical performance and bioenergetics efficiency in contracting mouse skeletal muscle. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 306, n. 10, 2014.

KIM, J.; PARK, J.; LIM, K. Nutrition Supplements to Stimulate Lipolysis: A Review in Relation to Endurance Exercise Capacity. **Journal of nutritional science and vitaminology**, v. 62, n. 3, p. 141–61, 2016.

KIM, K. M. et al. Increase in swimming endurance capacity of mice by capsaicin-induced adrenal catecholamine secretion. **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v. 61, n. 10, p. 1718–23, out. 1997.

KIM, S. et al. Biochemical and Biophysical Research Communications Capsaicin stimulates glucose uptake in C2C12 muscle cells via the reactive oxygen species (ROS)/ AMPK / p38 MAPK pathway. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 439, n. 1, p. 66–70, 2013.

LARSEN, H. B. Kenyan dominance in distance running □. v. 136, n. 03, p. 161–170, 2003.

LEJEUNE, M. P. G. M.; KOVACS, E. M. R.; WESTERTERP-PLANTENGA, M. S. Effect of capsaicin on substrate oxidation and weight maintenance after modest body-weight loss in human subjects. **British Journal of Nutrition**, v. 90, n. 3, p. 651–659, 2003.

LEPPIK, J. A. et al. Prolonged exercise to fatigue in humans impairs skeletal muscle Na^+/K^+ -ATPase activity, sarcoplasmic reticulum Ca^{2+} release, and Ca^{2+} uptake. p. 1414–1423, 2019.

LOTTEAU, S. et al. Characterization of Functional TRPV1 Channels in the Sarcoplasmic Reticulum of Mouse Skeletal Muscle. v. 8, n. 3, 2013.

LUCÍA, A. et al. Inverse relationship between VO_2max and economy/efficiency in world-class cyclists. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, n. 12, p. 2079–84, dez. 2002.

LUDY, M.; MOORE, G. E.; MATTES, R. D. The Effects of Capsaicin and Capsiate on Energy Balance : Critical Review and Meta-analyses of Studies in Humans. p. 103–121, 2012.

LUNDBY, C.; MONTERO, D.; JOYNER, M. Biology of VO_2 max: looking under the physiology lamp. **Acta physiologica (Oxford, England)**, v. 220, n. 2, p. 218–228, 2017.

LUO, Z. et al. TRPV1 activation improves exercise endurance and energy metabolism through PGC-1 α upregulation in mice. **Nature Publishing Group**, v. 22, n. 3, p. 551–564, 2011.

MACINNIS, M. J.; GIBALA, M. J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. v. 9, p. 2915–2930, 2017.

MATSUO, T.; YOSHIOKA, M.; SUZUKI, M. Capsaicin in diet does not affect

glycogen contents in the liver and skeletal muscle of rats before and after exercise. **Journal of nutritional science and vitaminology**, v. 42, n. 3, p. 249–56, jun. 1996.

MAUGHAN, R. J. et al. IOC consensus statement : dietary supplements and the high-performance athlete. p. 439–455, 2018.

MICHLIG, S. et al. Effects of TRP channel agonist ingestion on metabolism and autonomic nervous system in a randomized clinical trial of healthy subjects. **Scientific reports**, v. 6, n. September 2015, p. 20795, 17 fev. 2016.

MUJIKA, I.; SHARMA, A. P.; STELLINGWERFF, T. Contemporary Periodization of Altitude Training for Elite Endurance Athletes : A Narrative Review. **Sports Medicine**, n. 0123456789, 2019.

OH, T.-W.; OHTA, F. Dose-dependent effect of capsaicin on endurance capacity in rats. **British Journal of Nutrition**, v. 90, n. 3, p. 515–520, 2003a.

OH, T. W.; OHTA, F. Capsaicin increases endurance capacity and spares tissue glycogen through lipolytic function in swimming rats. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v. 49, n. 2, p. 107–111, 2003b.

OHNUKI, K. et al. Administration of capsiate, a non-pungent capsaicin analog, promotes energy metabolism and suppresses body fat accumulation in mice. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 65, n. 12, p. 2735–2740, 2001.

OPHEIM, M. N.; RANKIN, J. W. Effect of capsaicin supplementation on repeated sprinting performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 26, n. 2, p. 319–26, fev. 2012.

PANCHAL, S. K. Capsaicin in Metabolic Syndrome. p. 14–18, 2018.

PEARCEY, G. E. P. et al. Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. **Journal of Athletic Training**, v. 50, n. 1, p. 5–13, 2015.

PESERICO, C. S. et al. Blood lactate concentrations following maximal incremental test in male runners with different ages. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 32, n. 1, p. 5–16, 2018.

RECENO, C. N. et al. Minute ventilation during hypoxia is augmented with

capsaicin supplementation in aged mice. **Respiratory physiology & neurobiology**, v. 264, n. February, p. 8–11, 2019.

REYES-ESCOGIDO, M. D. L.; GONZALEZ-MONDRAGON, E. G.; VAZQUEZ-TZOMPANTZI, E. Chemical and Pharmacological Aspects of Capsaicin. p. 1253–1270, 2011.

ROCHE, J. DE et al. Lactate is a potent inhibitor of the capsaicin receptor TRPV1. **Nature Publishing Group**, n. November, p. 1–13, 2016.

ROLLYSON, W. D. et al. Bioavailability of capsaicin and its implications for drug delivery. **Journal of controlled release: official journal of the Controlled Release Society**, v. 196, p. 96–105, 28 dez. 2014.

SCHUBERT, M. M.; ASTORINO, T. A. A systematic review of the efficacy of ergogenic aids for improving running performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 27, n. 6, p. 1699–707, jun. 2013.

SHARMA, S. K.; VIJ, A. S.; SHARMA, M. Mechanisms and clinical uses of capsaicin. **European journal of pharmacology**, v. 720, n. 1–3, p. 55–62, 15 nov. 2013.

SHIN, K. O.; MORITANI, T. Alterations of autonomic nervous activity and energy metabolism by capsaicin ingestion during aerobic exercise in healthy men. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v. 53, n. 2, p. 124–132, 2007.

SKOVGAARD, C. et al. Effect of speed endurance training and reduced training volume on running economy and single muscle fiber adaptations in trained runners. **Physiological reports**, v. 6, n. 3, p. 1–12, 2018.

SLATER, G. J.; SYGO, J. SPRINTING . . . Dietary Approaches to Optimize Training Adaptation and Performance. p. 85–94, 2019.

SNITKER, S. et al. Effects of novel capsinoid treatment on fatness and energy metabolism in humans: possible pharmacogenetic implications. **The American journal of clinical nutrition**, v. 89, n. 1, p. 45–50, jan. 2009.

SPENCER, M. R.; GASTIN, P. B. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. n. May 2000, p. 157–162, 2001.

TOMINAGA, M. et al. The Cloned Capsaicin Receptor Integrates Multiple Pain-

Producing Stimuli. v. 21, p. 531–543, 1998.

VIOLLET, B. The Energy Sensor AMPK : Adaptations to Exercise , Nutritional and Hormonal Signals. p. 13–24, 2017.

VON AH MORANO, A. E. et al. The role of glucose homeostasis on immune function in response to exercise: The impact of low or higher energetic conditions. **Journal of Cellular Physiology**, v. 235, n. 4, 2020.

VORUP, J. et al. Effect of speed endurance and strength training on performance , running economy and muscular adaptations in endurance - trained runners. **European Journal of Applied Physiology**, 2016.

VUORIMAA, T. et al. Comparison of three maximal anaerobic running test protocols in marathon runners, middle-distance runners and sprinters. **International journal of sports medicine**, v. 17 Suppl 2, p. S109-13, jul. 1996.

WIDMANN, M.; NIESS, A. M.; MUNZ, B. Physical Exercise and Epigenetic Modifications in Skeletal Muscle. **Sports Medicine**, 2019.

YONESHIRO, T.; SAITO, M. Transient receptor potential activated brown fat thermogenesis as a target of food ingredients for obesity management. **Current opinion in clinical nutrition and metabolic care**, v. 16, n. 6, p. 625–31, nov. 2013.

ALVES PASQUA, L. et al. Determinant factors of peak treadmill speed in physically active men. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 58, n. 3, p. 204–209, mar. 2018.

ARPAD SZALLASI AND PETER M. BLUMBERG. **Vanilloid (Capsaicin) Receptors and Mechanisms** Pharmacological Reviews June 1999, 51 (2), , 1999. Disponível em: <<http://pharmrev.aspetjournals.org/cgi/pmidlookup?view=long&pmid=10353985>>

BAENAS, N. et al. Industrial use of pepper (*Capsicum annum* L.) derived products: technological benefits and biological advantages. **Food Chemistry**, 2018.

BASKARAN, P. et al. Binding Efficacy and Thermogenic Efficiency of Pungent and Nonpungent Analogs of Capsaicin. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 23, n. 12, p. 1–11, 4 dez. 2018.

BASSET, F. A.; BOULAY, M. R. Specificity of treadmill and cycle ergometer tests in triathletes, runners and cyclists. **European journal of applied physiology**, v. 81, n. 3, p. 214–21, fev. 2000.

BISHOP, D. J.; GRANATA, C.; EYNON, N. Can we optimise the exercise training prescription to maximise improvements in mitochondria function and content? **BBA - General Subjects**, 2013.

BLOOMER, R. J. et al. Effect of oral intake of capsaicinoid beadlets on catecholamine secretion and blood markers of lipolysis in healthy adults: a randomized, placebo controlled, double-blind, cross-over study. **Lipids in health and disease**, v. 9, p. 72, 15 jul. 2010.

BROOKS, G. A.; PHYSIOL, C. Bioenergetics of Exercising Humans. v. 2, n. January, p. 537–562, 2012.

CAMIC, C. L. et al. The effects of polyethylene glycosylated creatine supplementation on anaerobic performance measures and body composition. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 3, p. 825–833, 2014.

CATERINA, M. J. et al. The capsaicin receptor : a heat-activated ion channel in the pain pathway. v. 389, n. October, 1997.

CATERINA, M. J.; JULIUS, D. THE VANILLOID RECEPTOR : A Molecular Gateway to the Pain Pathway. p. 487–517, 2001.

CHAIYASIT, K.; KHOVIDHUNKIT, W.; WITTAYALERTPANYA, S. Pharmacokinetic and the effect of capsaicin in capsicum frutescens on decreasing plasma glucose level. **Journal of the Medical Association of Thailand**, v. 92, n. 1, p. 108–113, 2009.

CHEN, K. et al. Chemico-Biological Interactions Capsaicin protects endothelial cells and macrophage against oxidized low-density lipoprotein-induced injury by direct antioxidant action. **Chemico-Biological Interactions**, v. 228, p. 35–45, 2015.

CLARK, R.; LEE, S. Anticancer Properties of Capsaicin Against Human Cancer. v. 844, p. 837–843, 2016.

CONRADO DE FREITAS, M. et al. Acute Capsaicin Supplementation Improves Resistance Training Performance in Trained Men. **Journal of strength and conditioning**

research, v. 32, n. 8, p. 2227–2232, ago. 2018.

DE CASTRO, T. F. et al. Effect of beetroot juice supplementation on 10-km performance in recreational runners. **Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme**, v. 44, n. 1, p. 90–94, jan. 2019.

DE FREITAS, M. C. et al. Acute Capsaicin Supplementation Improves 1,500-m Running Time-Trial Performance and Rate of Perceived Exertion in Physically Active Adults. **Journal of strength and conditioning research**, v. 32, n. 2, p. 572–577, fev. 2018.

DE FREITAS, M. C. et al. Acute Capsaicin Supplementation Improved Resistance Exercise Performance Performed After a High-Intensity Intermittent Running in Resistance-Trained Men. **Journal of strength and conditioning research**, v. 1, p. 1, 28 nov. 2019.

DEL COSO, J. et al. A comparison of the physiological demands imposed by competing in a half-marathon vs. a marathon. **The Journal of sports medicine and physical fitness**, v. 57, n. 11, p. 1399–1406, nov. 2017.

DERRY, S. et al. Topical capsaicin (high concentration) for chronic neuropathic pain in adults (Review). n. 1, 2019.

DOMINGUES, E. et al. Translation , adaptation , and reproducibility of the Physical Activity Enjoyment Scale (PACES) and Feeling Scale to Brazilian Portuguese. **Sport Sciences for Health**, v. 0, n. 0, p. 0, 2018.

FREITAS, M. C. DE et al. Capsaicin supplementation increases time to exhaustion in high- intensity intermittent exercise without modifying metabolic responses in physically active men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 0, n. 0, p. 0, 2019.

GIOVANELLI, N. et al. Effects of an Uphill Marathon on Running Mechanics and Lower-Limb Muscle Fatigue. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 11, n. 4, p. 522–529, 2016.

GRANATA, C. et al. Training intensity modulates changes in PGC-1 a and p53 protein content and mitochondrial respiration , but not markers of mitochondrial content in human skeletal muscle. 2015.

HAGAN, J. C. Marathon Running: An Unhealthy Addiction! **Missouri medicine**, v. 115, n. 2, p. 96–97, 2018.

HAWLEY, J. A. et al. Review Integrative Biology of Exercise. **Cell**, v. 159, n. 4, p. 738–749, 2014.

HAWLEY, J. A. et al. Maximizing Cellular Adaptation to Endurance Exercise in Skeletal Muscle. **Cell metabolism**, v. 27, n. 5, p. 962–976, 2018.

HSU, Y. et al. Capsaicin Supplementation Reduces Physical Fatigue and Improves Exercise Performance in Mice. **Nutrients**, v. 8, n. 10, p. 1–15, 20 out. 2016.

HUDSON, A. S. R. et al. Involvement of the TRPV1 channel in the modulation of spontaneous locomotor activity , physical performance and physical exercise-induced physiological responses. v. 49, p. 1–13, 2016.

HUGHES, D. C.; ELLEFSEN, S.; BAAR, K. Adaptations to Endurance and Strength Training. p. 1–18, 2017.

HYE JUNG HWANG , HEA JUNG SUH, K. W. L. **Effect of red-pepper ingestion on excess post-exercise oxygen consumption in young women**The Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry, , 2010. Disponível em: <http://jenb.or.kr/_common/do.php?a=full&b=21>

IWAI, K.; YAZAWA, A.; WATANABE, T. Roles as metabolic regulators of the non-nutrients, capsaicin and capsiate, supplemented to diets. **Proceedings of the Japan Academy, Series B**, v. 79B, n. 7, p. 207–212, 2003.

JANSSENS, P. L. H. R. et al. Acute Effects of Capsaicin on Energy Expenditure and Fat Oxidation in Negative Energy Balance. v. 8, n. 7, p. 1–7, 2013.

JAQUELINE, C.; DAVE, S. M. V. B.; GUTIE, R. ~ o Bioactive compounds and antioxidant activity in scalded Jalapen pepper industrial byproduct (*Capsicum annum*). v. 54, n. June, p. 1999–2010, 2017.

JONES, A. M. A five year physiological case study of an Olympic runner. **British journal of sports medicine**, v. 32, n. 1, p. 39–43, mar. 1998.

JOSSE, A. R. et al. Effects of capsinoid ingestion on energy expenditure and lipid oxidation at rest and during exercise. **Nutrition and Metabolism**, v. 7, p. 1–10, 2010.

JOYNER, M. J.; COYLE, E. F. Endurance exercise performance : the physiology of champions. v. 1, p. 35–44, 2008.

KANG, J. H. et al. Dietary capsaicin reduces obesity-induced insulin resistance and hepatic steatosis in obese mice fed a high-fat diet. **Obesity**, v. 18, n. 4, p. 780–787, 2010.

KAZUYA, Y. et al. A single intake of capsiate improves mechanical performance and bioenergetics efficiency in contracting mouse skeletal muscle. **American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism**, v. 306, n. 10, 2014.

KIM, J.; PARK, J.; LIM, K. Nutrition Supplements to Stimulate Lipolysis: A Review in Relation to Endurance Exercise Capacity. **Journal of nutritional science and vitaminology**, v. 62, n. 3, p. 141–61, 2016.

KIM, K. M. et al. Increase in swimming endurance capacity of mice by capsaicin-induced adrenal catecholamine secretion. **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v. 61, n. 10, p. 1718–23, out. 1997.

KIM, S. et al. Biochemical and Biophysical Research Communications Capsaicin stimulates glucose uptake in C2C12 muscle cells via the reactive oxygen species (ROS)/ AMPK / p38 MAPK pathway. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 439, n. 1, p. 66–70, 2013.

LARSEN, H. B. Kenyan dominance in distance running □. v. 136, n. 03, p. 161–170, 2003.

LEJEUNE, M. P. G. M.; KOVACS, E. M. R.; WESTERTERP-PLANTENGA, M. S. Effect of capsaicin on substrate oxidation and weight maintenance after modest body-weight loss in human subjects. **British Journal of Nutrition**, v. 90, n. 3, p. 651–659, 2003.

LEPPIK, J. A. et al. Prolonged exercise to fatigue in humans impairs skeletal muscle Na² -K² - ATPase activity , sarcoplasmic reticulum Ca² 2 release , and Ca² 2 uptake. p. 1414–1423, 2019.

LOTTEAU, S. et al. Characterization of Functional TRPV1 Channels in the Sarcoplasmic Reticulum of Mouse Skeletal Muscle. v. 8, n. 3, 2013.

LUCÍA, A. et al. Inverse relationship between VO₂max and economy/efficiency

in world-class cyclists. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 34, n. 12, p. 2079–84, dez. 2002.

LUDY, M.; MOORE, G. E.; MATTES, R. D. The Effects of Capsaicin and Capsiate on Energy Balance : Critical Review and Meta-analyses of Studies in Humans. p. 103–121, 2012.

LUNDBY, C.; MONTERO, D.; JOYNER, M. Biology of VO₂ max: looking under the physiology lamp. **Acta physiologica (Oxford, England)**, v. 220, n. 2, p. 218–228, 2017.

LUO, Z. et al. TRPV1 activation improves exercise endurance and energy metabolism through PGC-1 α upregulation in mice. **Nature Publishing Group**, v. 22, n. 3, p. 551–564, 2011.

MACINNIS, M. J.; GIBALA, M. J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. v. 9, p. 2915–2930, 2017.

MATSUO, T.; YOSHIOKA, M.; SUZUKI, M. Capsaicin in diet does not affect glycogen contents in the liver and skeletal muscle of rats before and after exercise. **Journal of nutritional science and vitaminology**, v. 42, n. 3, p. 249–56, jun. 1996.

MAUGHAN, R. J. et al. IOC consensus statement : dietary supplements and the high-performance athlete. p. 439–455, 2018.

MICHLIG, S. et al. Effects of TRP channel agonist ingestion on metabolism and autonomic nervous system in a randomized clinical trial of healthy subjects. **Scientific reports**, v. 6, n. September 2015, p. 20795, 17 fev. 2016.

MUJIKA, I.; SHARMA, A. P.; STELLINGWERFF, T. Contemporary Periodization of Altitude Training for Elite Endurance Athletes : A Narrative Review. **Sports Medicine**, n. 0123456789, 2019.

OH, T.-W.; OHTA, F. Dose-dependent effect of capsaicin on endurance capacity in rats. **British Journal of Nutrition**, v. 90, n. 3, p. 515–520, 2003a.

OH, T. W.; OHTA, F. Capsaicin increases endurance capacity and spares tissue glycogen through lipolytic function in swimming rats. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v. 49, n. 2, p. 107–111, 2003b.

OHNUKI, K. et al. Administration of capsiate, a non-pungent capsaicin analog, promotes energy metabolism and suppresses body fat accumulation in mice. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, v. 65, n. 12, p. 2735–2740, 2001.

OPHEIM, M. N.; RANKIN, J. W. Effect of capsaicin supplementation on repeated sprinting performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 26, n. 2, p. 319–26, fev. 2012.

PANCHAL, S. K. Capsaicin in Metabolic Syndrome. p. 14–18, 2018.

PEARCEY, G. E. P. et al. Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. **Journal of Athletic Training**, v. 50, n. 1, p. 5–13, 2015.

PESERICO, C. S. et al. Blood lactate concentrations following maximal incremental test in male runners with different ages. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 32, n. 1, p. 5–16, 2018.

RECENO, C. N. et al. Minute ventilation during hypoxia is augmented with capsaicin supplementation in aged mice. **Respiratory physiology & neurobiology**, v. 264, n. February, p. 8–11, 2019.

REYES-ESCOGIDO, M. D. L.; GONZALEZ-MONDRAGON, E. G.; VAZQUEZ-TZOMPANTZI, E. Chemical and Pharmacological Aspects of Capsaicin. p. 1253–1270, 2011.

ROCHE, J. DE et al. Lactate is a potent inhibitor of the capsaicin receptor TRPV1. **Nature Publishing Group**, n. November, p. 1–13, 2016.

ROLLYSON, W. D. et al. Bioavailability of capsaicin and its implications for drug delivery. **Journal of controlled release: official journal of the Controlled Release Society**, v. 196, p. 96–105, 28 dez. 2014.

SCHUBERT, M. M.; ASTORINO, T. A. A systematic review of the efficacy of ergogenic aids for improving running performance. **Journal of strength and conditioning research**, v. 27, n. 6, p. 1699–707, jun. 2013.

SHARMA, S. K.; VIJ, A. S.; SHARMA, M. Mechanisms and clinical uses of capsaicin. **European journal of pharmacology**, v. 720, n. 1–3, p. 55–62, 15 nov. 2013.

SHIN, K. O.; MORITANI, T. Alterations of autonomic nervous activity and energy metabolism by capsaicin ingestion during aerobic exercise in healthy men. **Journal of Nutritional Science and Vitaminology**, v. 53, n. 2, p. 124–132, 2007.

SKOVGAARD, C. et al. Effect of speed endurance training and reduced training volume on running economy and single muscle fiber adaptations in trained runners. **Physiological reports**, v. 6, n. 3, p. 1–12, 2018.

SLATER, G. J.; SYGO, J. SPRINTING . . . Dietary Approaches to Optimize Training Adaptation and Performance. p. 85–94, 2019.

SNITKER, S. et al. Effects of novel capsinoid treatment on fatness and energy metabolism in humans: possible pharmacogenetic implications. **The American journal of clinical nutrition**, v. 89, n. 1, p. 45–50, jan. 2009.

SPENCER, M. R.; GASTIN, P. B. Energy system contribution during 200- to 1500-m running in highly trained athletes. n. May 2000, p. 157–162, 2001.

TOMINAGA, M. et al. The Cloned Capsaicin Receptor Integrates Multiple Pain-Producing Stimuli. v. 21, p. 531–543, 1998.

VIOLLET, B. The Energy Sensor AMPK : Adaptations to Exercise , Nutritional and Hormonal Signals. p. 13–24, 2017.

VON AH MORANO, A. E. et al. The role of glucose homeostasis on immune function in response to exercise: The impact of low or higher energetic conditions. **Journal of Cellular Physiology**, v. 235, n. 4, 2020.

VORUP, J. et al. Effect of speed endurance and strength training on performance , running economy and muscular adaptations in endurance - trained runners. **European Journal of Applied Physiology**, 2016.

VUORIMAA, T. et al. Comparison of three maximal anaerobic running test protocols in marathon runners, middle-distance runners and sprinters. **International journal of sports medicine**, v. 17 Suppl 2, p. S109-13, jul. 1996.

WIDMANN, M.; NIESS, A. M.; MUNZ, B. Physical Exercise and Epigenetic Modifications in Skeletal Muscle. **Sports Medicine**, 2019.

YONESHIRO, T.; SAITO, M. Transient receptor potential activated brown fat

thermogenesis as a target of food ingredients for obesity management. **Current opinion in clinical nutrition and metabolic care**, v. 16, n. 6, p. 625–31, nov. 2013.