

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE NUTRIÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO**

MARIA GABRIELA DE ARRUDA FONTES

**BENEFÍCIOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE NITRATO EM EXERCÍCIOS DE
ENDURANCE - UMA REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA**

**RECIFE
2025**

MARIA GABRIELA DE ARRUDA FONTES

**BENEFÍCIOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE NITRATO EM EXERCÍCIOS DE
ENDURANCE - UMA REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Nutrição da
Universidade Federal de Pernambuco -
campus Recife como requisito para
obtenção de grau de Nutricionista.

Área de concentração: Nutrição
Esportiva

Orientador(a): Prof. Dra. Fabiana Cristina Lima da Silva Pastich Gonçalves

RECIFE

2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Fontes, Maria Gabriela de Arruda.

Benefícios da suplementação de nitrato em exercícios de endurance - uma
revisão narrativa da literatura / Maria Gabriela de Arruda Fontes. - Recife, 2025.
31 p. : il., tab.

Orientador(a): Fabiana Cristina Lima da Silva Pastich Gonçalves
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Nutrição - Bacharelado, 2025.
Inclui referências.

1. Nitrato. 2. Óxido Nítrico. 3. Endurance. 4. Suco de beterraba. I. Silva
Pastich Gonçalves, Fabiana Cristina Lima da . (Orientação). II. Título.

610 CDD (22.ed.)

MARIA GABRIELA DE ARRUDA FONTES

**BENEFÍCIOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE NITRATO EM EXERCÍCIOS DE
ENDURANCE - UMA REVISÃO NARRATIVA DA LITERATURA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Nutrição da Universidade Federal de Pernambuco - campus Recife como requisito para obtenção de grau de Nutricionista.

Área de concentração: Nutrição Esportiva

Aprovado em: 11/04/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Fabiana Cristina Lima da Silva Pastich Gonçalves (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dra. Edigleide Maria Figueiroa Barreto (Examinador 1)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dra. Leopoldina Augusta Souza Sequeira De Andrade. (Examinador 2)
Universidade Federal de Pernambuco

“A trajetória somos nós mesmos.

Em matéria de viver, nunca se pode chegar antes”

Clarice Lispector. A paixão segundo G.H

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, pois aprendi que devo dar graças por tudo. Hoje, ao concluir mais uma etapa da minha vida, vejo que os planos d'Ele sempre são melhores que os meus. Como está escrito em 1 João 5:14: *“A confiança que depositamos nele é esta: em tudo quanto lhe pedirmos, se for conforme à sua vontade, Ele nos atenderá.”*

Expresso também minha gratidão a todo o corpo docente da Universidade Federal de Pernambuco, por todos os conhecimentos compartilhados ao longo da minha formação. Em especial, agradeço à minha orientadora, Fabiana Pastich, que, além de me guiar nesta jornada da monografia, foi uma grande inspiração e reforçou minha paixão pela nutrição esportiva durante o 4º e 5º período.

Aos meus pais, sou imensamente grato pelo apoio incondicional e pelos esforços para me proporcionar uma educação de qualidade, permitindo que eu chegasse à tão sonhada Universidade Federal. Quero mencionar, com carinho, minha prima e quase irmã, Sabrina Fontes, futura pedagoga pela UFPE, que sempre esteve ao meu lado, compartilhando tanto as dores quanto as alegrias dessa caminhada.

Não poderia deixar de agradecer à família que ganhei em 2024, no EJC. Sou profundamente grata pela torcida e pelo apoio de cada um dos irmãos e amigos que fiz ao longo dessa jornada.

Agradeço, também, às minhas preceptoras dos estágios obrigatórios, em especial Beatriz Rocha e Taciana Silva, que, durante o estágio de nutrição clínica no HMR, me acolheram tão bem e se tornaram grandes amigas.

Além disso, reconheço o papel fundamental da minha psicóloga, Anna Guerra, que em apenas sete meses, fez um trabalho excepcional, ajudando-me a enfrentar essa fase com mais serenidade.

Por fim, como sempre digo que quero ser mãe de uma menina, deixo um agradecimento especial a você, minha futura filha, Clarice. Você é uma das razões pelas quais me esforço para construir um futuro sólido e uma carreira da qual me orgulharei.

RESUMO

Introdução: Os suplementos alimentares para fins esportivos têm o objetivo de auxiliar os atletas na melhoria do desempenho físico. O uso de nitrato para esse fim, tem demonstrado alguns resultados benéficos para o desempenho esportivo, no entanto, a indicação de seu uso pode ser condicionada a algumas situações.

Objetivo: Sintetizar as evidências científicas sobre os mecanismos fisiológicos, doses administradas e resultados da suplementação de nitrato na performance em exercícios de *Endurance*. **Metodologia:** Trata-se de uma revisão narrativa, em que foram utilizados estudos com abordagens em nitrato e *Endurance*, sendo incluídos artigos de revisão, ensaios clínicos e estudos randomizados, outrossim, foram excluídos artigos com animais e que tratassem de exercícios de força. Esses artigos foram selecionados nas bases de dados: PubMed e SciELO Brasil e publicados entre 2000-2025, originalmente escritos em inglês e português. **Resultados:** O nitrato, aumenta a vasodilatação e o fluxo sanguíneo, assim, melhora a perfusão de sangue e, conseqüentemente, a captação de oxigênio e os processos oxidativos nos músculos. Além disso, podem ser observados efeitos benéficos da ingestão diária de 420 mL de suco de beterraba com a concentração de 8,4 mmol de nitrato por dia, durante três dias, com a última dose sendo consumida duas horas antes do exercício. O principal benefício encontrado nos exercícios de *Endurance* foi a diminuição no tempo das provas contrarrelógio após a suplementação crônica de nitrato. **Conclusão:** o principal mecanismo de ação, está relacionado ao aumento da biodisponibilidade do óxido nítrico, favorecendo a vasodilatação, melhorando a oxigenação muscular e a utilização de oxigênio durante exercícios de *Endurance*.

Palavras Chave: Nitrato, Óxido Nítrico, Endurance e Suco de Beterraba.

ABSTRACT

Introduction: Food supplements for sports purposes aim to help athletes improve their physical performance. The use of nitrate for this purpose has shown some beneficial results for sports performance, however, the indication of its use may be conditioned to some situations. **Objective:** To summarize the scientific evidence on the physiological mechanisms, doses administered and results of nitrate supplementation on endurance exercise performance. **Methodology:** This is a narrative review, in which studies with approaches to nitrate and Endurance were used, including review articles, clinical trials and randomized studies, while articles with animals and dealing with strength exercises were excluded. These articles were selected from the PubMed and SciELO Brazil databases and published between 2000-2025, originally written in English and Portuguese. **Results:** Nitrate increases vasodilation and blood flow, thus improving blood perfusion and, consequently, oxygen uptake and oxidative processes in the muscles. In addition, beneficial effects can be observed from the daily ingestion of 420 mL of beet juice with a concentration of 8.4 mmol of nitrate per day for three days, with the last dose being consumed two hours before exercise. The main benefit found in endurance exercise was a reduction in time in time trials after chronic nitrate supplementation. **Conclusion:** The main mechanism of action is related to increased bioavailability of nitric oxide, favoring vasodilation, improving muscle oxygenation and oxygen utilization during endurance exercise.

Key words: Nitrate, Nitric Oxide, Endurance and Beetroot Juice.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de produção do Óxido Nítrico	1
Figura 2 – Metabolismo do Nitrato	5

LISTA DE ABREVIACÖES

NO ₃ ⁻	Nitrato
NO ₂ ⁻	Nitrito
NO	Óxido Nítrico
NOS	Óxido Nítrico - sintase
O ₂	Gás Oxigênio
VO ₂ máx	Volume Máximo de Oxigênio
COI	Comitê Olímpico Internacional

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos alimentos quanto ao conteúdo de nitrato	4
Tabela 2: Elementos dos exercícios de <i>endurance</i> e suplementação de Nitrato	7

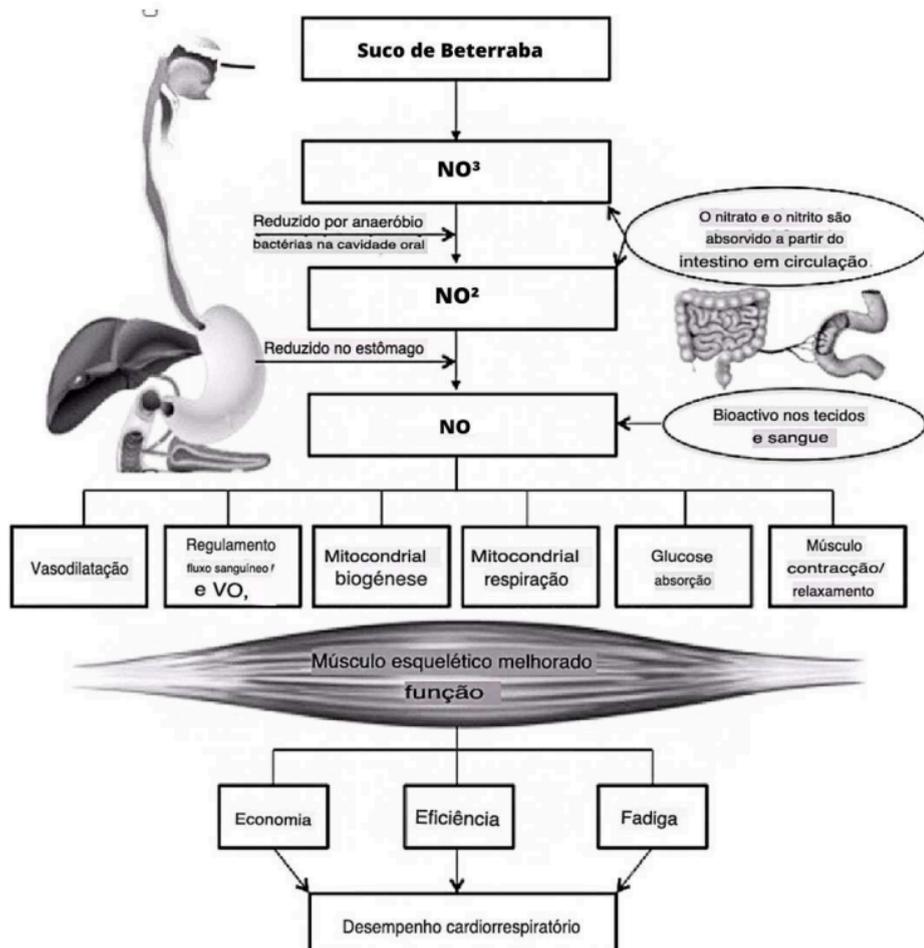
SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	03
2.1 Nitrato: Composição, impactos fisiológicos e fontes alimentares.....	03
2.2 Nitrato como precursor do óxido nítrico: aspectos gerais e metabólicos.....	04
2.3 Efeito do óxido nítrico na resposta inflamatória ao exercício.....	05
2.4 Exercícios de <i>endurance</i> e suplementação.....	06
3 OBJETIVOS	08
3.1 Objetivo Geral	08
3.2 Objetivo Específico	08
4 METODOLOGIA	09
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
5.1 Benefícios fisiológicos da suplementação de nitrato, precursor do óxido nítrico.....	10
5.2 Público beneficiado com a suplementação de óxido nítrico.....	12
5.3 Principais estratégias para a suplementação de óxido nítrico.....	14
5.4 Suplementação de nitrato e exercício – aspectos gerais.....	16
6 CONCLUSÃO	19
7 REFERÊNCIAS	20

1. INTRODUÇÃO

Os suplementos alimentares para fins desportivos são utilizados para maximizar o desempenho físico e, portanto, auxiliar os atletas a aumentarem seu desempenho, principalmente, durante competições (Vernece et al., 2013). Pesquisas indicam que os efeitos ergogênicos do suco de beterraba, composto por nitrato (NO_3^-), tem melhorado progressivamente o desempenho de atletas competitivos e recreativos nos esportes de *endurance* (esportes de resistência) (Dominguez et al., 2017; McMahon et al., 2017; Cermak et al., 2012a). Esse mecanismo ocorre, pois, o NO_3^- é precursor do óxido nítrico (NO), que é uma molécula sinalizadora em vários processos fisiológicos que podem impactar no desempenho esportivo, a exemplo, vasodilatação, contratilidade muscular, respiração celular e, por consequência, o favorecimento do metabolismo oxidativo (Jones, 2014; Dejam et al., 2004).

Figura 1: Processo de produção do NO



Fonte: Domínguez, 2017.

Nesse contexto, os esportes de resistência, como a corrida, o ciclismo e a natação apresentam variações em parâmetros fisiológicos como: consumo de oxigênio, os limiares ventilatórios e a eficiência ou economia de energia, que podem ser utilizados para avaliar o desempenho dos atletas quando em uso de nitrato, por exemplo. Desse modo, há busca por fatores que possam melhorar os processos fisiológicos relacionados aos componentes supracitados, favorecendo a adaptação ao treinamento (Domínguez et al., 2017).

Ainda que o NO_3^- tenha sido considerado uma substância fisiologicamente inerte anteriormente, há um tempo ele já é reconhecido no meio esportivo por ser convertido em NO bioativo e outras espécies reativas de nitrogênio em condições de hipóxia, desempenhando um papel importante na sinalização fisiológica nos processos mitocondriais. Ademais, o NO é produzido tanto por vias endógenas quanto exógenas, sendo sua ingestão proveniente de fontes dietéticas de NO_3^- (Lundberg et al., 2008). Desse modo, o consumo de NO_3^- fornece benefícios ao desempenho no exercício físico por meio de uma maior resistência à fadiga durante sprints repetidos, devido à melhoria no trabalho, na potência, e na redução no tempo de sprints (Hlinský et al., 2020).

Levando em consideração o cenário atual sobre a suplementação de nitrato em exercícios de *endurance*, e considerando que ainda há uma lacuna sobre doses e características desse tipo de exercício que podem ser beneficiados pela suplementação de nitrato, essa revisão tem o objetivo de sintetizar as evidências sobre os mecanismos, substâncias, doses e resultados da suplementação de nitrato na performance nos exercícios de *endurance*, visto que, atualmente, o nitrato tem sido discutido e estudado para melhorar o desempenho esportivo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nitrato: Composição, impactos fisiológicos e fontes alimentares

O nitrato é um íon inorgânico, composto por um átomo de nitrogênio central e ligado a três átomos de oxigênio. É encontrado naturalmente em vários alimentos, especialmente em vegetais verdes escuros (Meirelles et al., 2023).

Os efeitos ocasionados pela ingestão de NO_3^- são significativos, pois este é um precursor para a síntese de NO (James et al., 2015). O óxido nítrico por sua vez, é um radical livre gasoso, regulador fisiológico do sistema metabólico, cardiovascular e neurológico, tendo efeitos na vasodilatação, reduzindo a pressão arterial média na hipertensão e na coagulação por meio da sua ação plaquetária (Jones et al., 2021).

Assim, de acordo com o supracitado, a suplementação de NO_3^- inorgânico se apresenta, de maneira geral, em forma de pó ou cápsula pela indústria de suplementos. Apesar disso, os vegetais são excelentes fontes dessa substância e podem ser categorizadas conforme a quantidade de NO_3^- presente na composição bioquímica desses vegetais (Lidder et al., 2012). Nesse contexto, as plantas que se classificam com um alto teor de NO_3^- são aquelas que possuem uma concentração >1000 mg/Kg, destacando-se espinafre, alface, rúcula, cenoura, rabanete e beterraba. Este último tem sido amplamente utilizado na forma de suco para melhorar o desempenho no exercício físico em indivíduos pouco e moderadamente treinados (Tamme et al., 2004).

Dessa forma, embora os suplementos nutricionais industrializados sejam amplamente utilizados, a forma mais simples para utilizar o NO_3^- é através do suco de beterraba, que vem se tornando cada vez mais popular entre os praticantes de esportes aeróbicos de longa duração, devido à sua alta concentração de NO_3^- .

Tabela 1: Classificação dos alimentos quanto ao conteúdo de nitrato.

Conteúdo de nitrato (mg) em 100 g de alimento fresco	Alimentos
Muito baixo < 20 mg	Aspargo, cebola, feijão, cogumelos, ervilha, pimenta, tomate, melancia e alho
Baixo < 50 mg	Brócolis, cenoura, couve-flor, pepino, abóbora e chicória
Moderado < 100 mg	Repolho, endro e nabo
Alto < 250 mg	Avelã, repolho chinês, endívia, funcho, alho-poró, salsinha e couve-rábano
Muito alto > 250 mg	Aipo, agrião, cerefólio, alface, beterraba, espinafre e rúcula

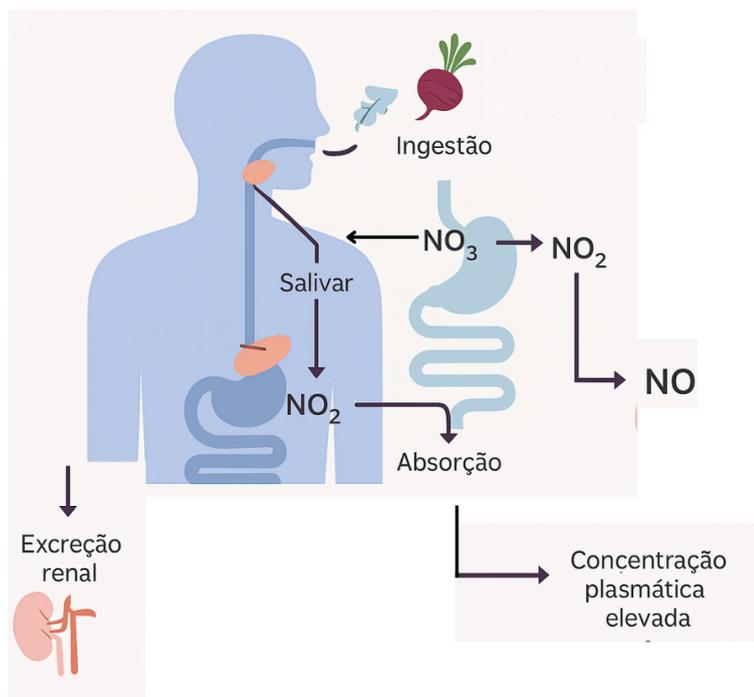
Fonte: Hord, 2009.

Nitrato como precursor do óxido nítrico: aspectos gerais e metabólicos

Embora o NO_3^- seja encontrado em uma grande variedade de alimentos, em especial em alguns vegetais, a suplementação do mesmo é popularmente realizada com suco de beterraba, pois este apresenta uma alta concentração de NO_3^- (cerca de 8,4 mmol) em sua composição (Wickham et al., 2019).

Ao ser ingerido, o NO_3^- é absorvido pelo trato gastrointestinal e alcança o sistema circulatório. A maior parte é excretado pelos rins e cerca de 25% retornam às glândulas salivares por meio do transporte ativo. Na saliva, o NO_3^- é reduzido a nitrito (NO_2^-) por bactérias presentes na boca, depois de deglutido, parte é convertido em NO no estômago, para depois ser absorvido pelo intestino, entrar na circulação sistêmica e elevar sua concentração plasmática (Loureiro, 2017; Santana et al., 2019).

Este processo é independente da via tradicional, na qual a geração de NO ocorre de forma endógena por meio da oxidação da L-arginina em L-citrulina na reação catalisada pelas enzimas da família das NO-sintases (NOS) (Loureiro, 2017).

Figura 2: Metabolismo do NO_3^- 

Adaptado: Santana, 2019.

Elaborado pela autora.

Efeito do óxido nítrico na resposta inflamatória ao exercício

O NO, devido ao seu potencial de sinalização, desencadeia diversos mecanismos fisiológicos que afetam a utilização de oxigênio (O_2) durante a contração do músculo esquelético. Os processos fisiológicos responsáveis pela redução do NO_2^- são favorecidos em condições hipóxicas. Assim, o NO, que tem potencial vasodilatador, é gerado em nossos músculos em atividade que estão consumindo ou necessitando de maior quantidade de O_2 . Esse mecanismo permite que o fluxo sanguíneo no local seja ajustado à demanda necessária de O_2 , garantindo uma distribuição adequada e eficiente dentro do músculo esquelético, obtendo assim, um efeito positivo na função muscular (Larsen et al., 2007).

Outrossim, o NO é uma poderosa molécula de sinalização que influencia a função celular em diversos tecidos do organismo. Sua produção endógena ocorre por meio da síntese de óxido nítrico, a partir da oxidação da L-arginina. O NO desempenha funções hemodinâmicas e metabólicas essenciais (Larsen et al., 2011), destacando-se como um potente vasodilatador, capaz de aumentar o fluxo sanguíneo para os músculos e facilitar a transferência de oxigênio no tecido muscular. Os benefícios fisiológicos adicionais, fazem com que o NO contribua para

a melhoria da eficiência mitocondrial, o aumento da captação de glicose pelos músculos, além de melhorar os processos de contração e relaxamento muscular (Lundberg et al., 2008).

Ademais, as estratégias utilizadas para mitigar os efeitos negativos do dano muscular têm se concentrado no uso de suplementos nutricionais específicos para a modulação da resposta inflamatória, diminuindo, assim, o risco de danos adicionais às fibras musculares. O nitrato, e conseqüentemente o óxido nítrico (NO), pode ter um efeito anti-inflamatório ao inibir a ativação dos leucócitos, liberando substâncias pró-inflamatórias que atacam as células musculares (Jädert et al., 2012). Embora exista uma discussão sobre como a redução da incidência pode afetar o processo de reparo muscular, é observado que a fase fagocítica – quando o corpo tenta remover células danificadas – pode gerar ainda mais lesões. Esse efeito pode atrasar a recuperação da função muscular nos dias seguintes ao exercício, um processo que foi denominado dano secundário (Toumi et al., 2003; Howatson et al., 2008).

A oferta adequada de oxigênio é um fator essencial para a recuperação da fadiga e para a melhora da eficiência das mitocôndrias, que são as estruturas responsáveis pela produção de energia nas células. Estudos mostram que o consumo de nitrato pode potencializar esses efeitos, já que promove um aumento do fluxo sanguíneo e uma melhor adequação da circulação local às demandas do corpo durante e após a atividade física (Larsen et al., 2011). Conseqüentemente, esses efeitos positivos também podem influenciar diretamente na recuperação e na reposição das reservas de energia, como a glicose presente nos músculos e a fosfocreatina (Vidal et al., 2014).

Nesse ínterim, ao mesmo tempo, a disponibilidade de O₂ desempenha um papel essencial na recuperação da fadiga e na melhoria da eficiência mitocondrial. O consumo de nitrato pode potencializar esses processos, visto que favorece o aumento do fluxo sanguíneo e melhora a adaptação da perfusão local à demanda metabólica, tanto durante quanto após o exercício (Larsen et al., 2011). Além disso, esses efeitos positivos podem influenciar diretamente a recuperação muscular, otimizando a programação de reservas energéticas como glicose muscular e fosfocreatina, elementos fundamentais para o desempenho e a resistência do atleta (Vidal et al., 2014).

Exercícios de *endurance* e suplementação

No meio esportivo, o termo *endurance* refere-se às modalidades de baixa e média intensidade com duração entre 1 hora e 2,5 horas. Ademais, existe a classificação de *ultra endurance*, a qual as provas têm duração superior a 2,5 horas. Os eventos esportivos de *endurance* e *ultra-endurance* vem crescendo a cada ano, bem como de praticantes de corrida de rua, natação em águas abertas, ciclismo de estrada, escalada e triathlon (Kashapov, 2019). Esses tipos de exercícios recrutam especialmente as fibras musculares do tipo IIa e IIb (Macinnis et al., 2017) e não demandam tanta atividade da via oxidativa, em contrapartida, o glicogênio e creatina fosfato do músculo são depletados durante o exercício (Domínguez et al., 2017).

O nitrato tem sido investigado para uso esportivo devido ao seu potencial de melhorar o desempenho atlético, especialmente em esportes de *endurance*. Nesse ínterim, o Comitê Olímpico Internacional (COI) classificou cinco suplementos como tendo uma base científica para melhorar o desempenho de exercícios de *endurance*, que incluem cafeína, beta-alanina, bicarbonato de sódio, creatina e o nitrato, este advindo do suco de beterraba na maioria das vezes. Dos suplementos mencionados pelo COI, o NO_3^- dietético é o único suplemento de uma fonte alimentar natural (Hord et al., 2009) essa situação vem intrigando cientistas, pois observou-se uma melhora no desempenho atlético através de uma suplementação derivada de um vegetal (Knapik et al., 2016). Ademais, o NO_3^- foi apontado pelo Instituto Australiano de Esporte em 2021, como um suplemento de alto nível de evidência para a melhora do desempenho atlético.

Tabela 2: Elementos dos exercícios de *endurance* e suplementação de NO_3^-

Definição de Endurance	Modalidades de média e alta intensidade com duração de 1h a 2,5h
Esportes relacionados	Corrida de rua, natação, ciclismo, escalada e triathlon
Fibras musculares recrutadas	Principalmente fibras IIa e IIb
Depleções	Glicogênio e creatina fosfato
Instituto Australiano de Esporte	Evidência na melhora do desempenho.

Adaptado: Kashapov, 2019; Macinnis, 2017; Domínguez, 2017.

Elaborada pela autora.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

Sintetizar as evidências sobre os mecanismos fisiológicos, doses administradas e resultados da suplementação de nitrato na performance em exercícios de *Endurance*.

3.2 Objetivos Específicos:

- Descrever os principais mecanismos fisiológicos da suplementação de nitrato para o desempenho esportivo.
- Apresentar a característica dos exercícios que se beneficia com a suplementação de nitrato para desempenho no esporte.
- Descrever as estratégias (doses e momentos oportunos de uso de nitrato) para fins de desempenho no exercício.

4. METODOLOGIA

Um estudo do tipo revisão narrativa foi realizado na busca de compreender e apresentar os benefícios da suplementação de nitrato nos exercícios de *Endurance*, além da compreensão sobre as respostas fisiológicas no desempenho, dose que demonstra potencial melhoria na performance e principais recomendações de uso. Para tanto, utilizou-se estudos com abordagens em NO_3^- e *endurance*, a partir dos descritores Nitrates, Nitric Oxide and *Endurance*, através das bases de dados PubMed, SciELO Brasil e Google Acadêmico.

Foram selecionados 44 estudos de um total de 87, foi considerado como critérios de inclusão os artigos distribuídos em estudos de revisão, ensaios clínicos e ensaios clínicos randomizados realizados em humanos, publicados entre os anos 2000-2025, além dos estudos escritos em português e inglês. Como critérios de exclusão foram considerados para essa revisão estudos realizados com animais nem aqueles cujo objetivo fosse evidenciar os efeitos da suplementação de nitrato em exercícios de força e exercícios de curta duração.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Benefícios fisiológicos da suplementação de nitrato, precursor do óxido nítrico

O óxido nítrico é um fator relaxante e funciona como um sinalizador celular em processos fisiológicos e patológicos. Além disso, o NO contribui para o controle do fluxo sanguíneo (Chaturapanichi et al., 2012). No sangue, o NO é um dos principais contribuintes para alcançar o desempenho máximo durante o exercício (Jones, 2014; Hambrecht et al., 2003). Em relação aos exercícios de curta duração, pode haver melhora na eficiência de produção de óxido nítrico endotelial, que é rapidamente perdido após a cessação do treinamento (Green et al., 2004). Ademais, essa substância parece desempenhar um papel importante na saúde cardiovascular, protegendo contra a lesão por reperfusão (Bolli, 2001).

Há comprovação dos benefícios dos NO_3^- dietéticos para a saúde humana (Larsen et al., 2011). Seu consumo auxilia na redução da pressão arterial, inibe a formação de coágulos, oferece proteção contra doenças isquêmicas e melhora a função endotelial (Bescos et al., 2012). O NO e os NO_2^- , derivados do NO_3^- , desempenham um papel essencial na vasodilatação, promovendo o aumento do fluxo sanguíneo (Stamler et al., 2001). Como consequência, há uma melhoria no consumo de oxigênio e na eficiência dos processos oxidativos nos músculos em atividade (Larsen et al., 2007). Além disso, os NO_3^- são indicados para o aumento da biodisponibilidade plasmática, fator essencial para a via exógena de nitratos-nitritos-óxido nítrico, atuando como regulador dos sinais de hipóxia e da vasodilatação induzida por NO (Bailey et al., 2009).

Alguns dados sugerem efeitos benéficos na suplementação de NO_3^- , quer seja de forma aguda ou crônica, principalmente em provas do tipo contrarrelógio, que incluíram testes com duração inferior a 30 minutos e com intensidade que variou entre moderada e alta (Peeling et al., 2015; Cermak et al., 2012a; Lansley et al., 2011). Por outro lado, para Cermak, observou-se que em exercícios de longa duração, apenas uma única dose de suco de beterraba não teria a capacidade de melhorar a performance, em relação ao tempo para provas de 10km de corredores treinados (Shannon et al., 2017), nesse sentido, essa ideia se aplicaria para ciclistas bem treinados em provas com duração de 1 hora de contrarrelógio (Cermak et al., 2012b).

O uso de estratégias de suplementação nutricional para melhorar o desempenho esportivo está se tornando cada vez mais popular entre os praticantes de exercícios de *endurance* e triatletas (Potgieter et al., 2014; Casazza et al., 2018). Nesse viés, o suco de beterraba, que é fonte de NO_3^- , precursor do NO, pode melhorar a performance desses atletas, pois auxilia na força neuromuscular e na resistência (Gonzalez et al., 2020; Domínguez et al., 2017). Evidências indicam que o óxido nítrico pode beneficiar pessoas fisicamente ativas ao desempenhar um papel fundamental na regulação da contração muscular, do fluxo sanguíneo, do consumo máximo de oxigênio durante o exercício, das adaptações mitocondriais e da homeostase da glicose e do cálcio (Jones et al., 2018; Domínguez et al., 2017; Gao et al., 2021; Jones et al., 2021). A longo prazo, esses efeitos podem contribuir para a melhoria do desempenho no exercício físico (Hlinský et al., 2020). Além disso, os precursores do NO têm potencial para melhorar o desempenho em testes de força máxima, resistência e potência aeróbica, melhorando a produção de ATP, melhorando a função de controle e redução da concentração de amônia (Trexler et al., 2019).

Nesse sentido, o músculo esquelético tem uma sensibilidade à disponibilidade de NO, que durante a prática esportiva e na recuperação muscular, desempenham um papel fisiológico, que tem sido pouco estudado, entretanto, o músculo esquelético é fundamental para manter o NO no corpo (Jones et al., 2021; Piknova et al., 2022). Efetivamente, foi visto que o músculo esquelético tem capacidade de acumular, transferir e metabolizar NO_3^- e NO_2^- (Nyakayiru et al., 2020). Logo, a suplementação prolongada de NO_3^- , através do suco de beterraba, aumentaria os níveis de NO armazenados, o que iria favorecer a produção de óxido nítrico que é a forma utilizada pelo corpo e, por conseguinte, proporcionaria adaptações a longo prazo (Brownlee et al., 2005).

Além disso, a literatura retrata que a administração aguda ou crônica de NO_3^- por indivíduos fisicamente ativos, melhora as propriedades contráteis do músculo esquelético humano, particularmente a força de contração, a taxa de desenvolvimento de força, a velocidade máxima estimada de encurtamento e a potência máxima do músculo (Coggan et al., 2018). Os mecanismos exatos que são responsáveis pelo aumento da contratilidade do músculo humano induzido pelo NO_3^- , ainda não são completamente compreendidos. Entretanto, evidências sugerem que alterações na sinalização do cálcio (Ca^{2+}), resultantes do aumento da

biodisponibilidade do NO_3^- , podem desempenhar um papel importante (Coggan et al., 2018; Coggan et al., 2021).

Todos esses mecanismos provavelmente funcionam de forma complementar e isso contribui para a melhoria do desempenho no exercício. O efeito benéfico pode ser explicado pelas ações vasodilatadoras, otimização da função muscular e modulação da respiração mitocondrial. Esses fatores desempenham um papel essencial na melhoria de determinadas capacidades físicas e sucessivamente na performance (Bytomski, 2018).

Nesse contexto, observa-se que o suco de beterraba, rico em NO_3^- , contém uma alta capacidade antioxidante total, quando comparado a outros grupos vegetais (Wootton-Beard et al., 2012). Logo, há um potencial de aumentar a sinalização mediada pelo NO, e por consequência, ativar as vias de transcrição integrantes na remodelação muscular para a atividade (Morrison et al., 2015; Paulsen et al., 2014).

Assim, ao desempenhar um papel fundamental na fisiologia do exercício, a suplementação do NO_3^- é realizada, especialmente, na forma de suco de beterraba, sendo esse um ótimo aliado por ser de fácil acesso, possuir um custo relativamente baixo e pode ser incorporado de maneira versátil em diferentes preparações.

5.2 Público beneficiado com a suplementação de óxido nítrico

Após a ingestão de NO_3^- alimentar, nota-se uma melhoria da tolerância ao exercício de alta intensidade e uma redução no custo de oxigênio nos exercícios submáximo nos atletas amadores que fazem uso de suplementação aguda e crônica de NO_3^- (Larsen et al., 2007; Bailey et al., 2009; Bailey et al., 2010; Lansley et al., 2011; Vanhatalo et al., 2010). Apesar desses estudos, na sua maioria, terem examinado indivíduos moderadamente treinados, algumas pesquisas foram realizadas em atletas altamente treinados (Bescos et al., 2012; Christensen et al., 2013; Lane et al., 2014; Peacock et al., 2012; Muggeridge et al., 2013). Nesse viés, estudos com ciclistas de elite não encontraram nenhuma mudança nas respostas fisiológicas ou desempenho de resistência usando de maneira aguda ou crônica o NO_3^- em comparação com o grupo controle (Bescos et al., 2012; Christensen et al., 2013; Lane et al., 2014).

Nesse ínterim, dados mostram que atletas do sexo masculino, cujo VO_2max é $\geq 70 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ pouco se beneficiem da suplementação de NO_3^- (Jones et al., 2014). Devido ao fato de os atletas de elite estarem bem adaptados ao seu esporte,

os efeitos de desempenho após a ingestão de NO_3^- alimentar na maioria dos estudos não são impactantes (Jones et al., 2014). Uma das razões para a falta de melhorias de desempenho após a ingestão de nitrato na dieta em atletas treinados, pode ser devido aos níveis de linha de base mais altos de NO (Schena et al., 2002). Assim, ao gastar mais energia diariamente, o atleta tem que ingerir uma quantidade maior de NO_3^- e, adicionalmente, o próprio treinamento pode aumentar as taxas de NO_2^- e NO_3^- plasmático, isso se dá ao fato da produção de NO através das enzimas NO-sintases (NOS) serem maior (Jones et al., 2014). Nesse viés, é evidente que as suplementações crônicas de nitrato podem ser mais eficazes do que as realizadas de forma aguda para atletas treinados (Cermak et al., 2012) e doses agudas mais altas de nitrato demonstraram ser benéficas para atletas amadores (Hoon et al., 2014).

Ademais, além de afetar o consumo de O_2 na corrida de resistência, usando como parâmetro uma determinada velocidade submáxima, a suplementação de NO_3^- pode aperfeiçoar outras variáveis do exercício de resistência, como o VO_2max (Joyner et al., 2008; Dominguez et al. 2017; Vanhatalo et al. 2010). O $\text{VO}_2\text{máx}$ é bastante utilizado para indicar aptidão cardiorrespiratória de um indivíduo, pois essa variável se relaciona com alterações metabólicas e cardiovasculares (Edwardsen et al. 2014; Bassett et al., 2000). Fatores como idade, gênero, nível de treinamento e influências genéticas podem determinar o valor do $\text{VO}_2\text{máx}$. Nesse aspecto, no que diz respeito aos fatores limitantes se pode enumerar a ventilação pulmonar, a difusão alvéolo-capilar de O_2 , o sistema cardiovascular e a diferença arteriovenosa de O_2 . Essa variável é diretamente afetada pela vasodilatação e pela vasoconstrição muscular, logo, a suplementação de NO_3^- pode impactar essa variável e auxiliar na performance esportiva, além disso a capacidade de geração de energia pela fosforilação oxidativa também impacta os níveis do $\text{VO}_2\text{máx}$ (Amann, 2012; Denadai, 1999).

O NO e NO_2^- , ambos produtos NO_3^- , aumentam a vasodilatação e o fluxo sanguíneo (Totzeck et al., 2012), assim, melhoram a absorção de oxigênio e os processos oxidativos nos músculos estimulados durante o treinamento (Dreißigacker et al., 2010). O NO_3^- tem a capacidade de aumentar a biodisponibilidade do óxido nítrico no plasma sanguíneo, esse fato é importante para a via exógena, que foi anteriormente citada, de $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}$, além de atuar como um mediador de sinais hipóxicos e vasodilatação induzida pelo NO (Lundberg et al. 2008). Como a

suplementação de NO_3^- aumenta o NO_2^- no plasma sanguíneo, esse fato pode ter o potencial de melhorar o fluxo de sangue muscular (Totzeck et al., 2012), esse mecanismo aumenta a tolerância aos exercícios, principalmente de *endurance* e melhora a absorção de oxigênio (Dreißigacker et al., 2010).

Portanto, fica evidente que a maioria dos estudos os quais relatam efeitos benéficos da NO foram realizados em indivíduos não treinados e moderadamente treinados ($\text{VO}_{2\text{max}} < 60 \text{ ml/min/kg}$) (Bailey et al., 2009; Lansley et al., 2011; Cermak et al., 2012; Murphy et al., 2012), em contrapartida estudos em indivíduos altamente treinados ($\text{VO}_{2\text{max}} > 60 \text{ ml/min/kg}$) retratam pequenas ou nenhuma melhoria na performance (Bond et al., 2012; Peeling et al., 2015; Shannon et al., 2016; Boorsma et al., 2014), isso indica que o NO pode ser menos eficaz nesta população (Porcelli et al., 2015). Ademais, há evidências de que o NO melhora a eficiência do exercício, na oxigenação muscular e eleva a saturação de oxigênio (Shannon et al., 2016; Kelly et al., 2014; Masschelein et al., 2012).

A menor disponibilidade de O_2 na hipóxia prejudica a via L-Arginina-NOS e melhora a via nitrato-nitrito-NO, isso traz a hipótese de que o suco de beterraba pode ser mais eficaz na hipóxia do que na normoxia (Dauncey et al., 2012; Lundberg et al., 2008; Shannon et al., 2017). Outro destaque, foi que o suco de beterraba faz com que haja uma melhora na oxigenação muscular e uma menor perturbação metabólica, a nível muscular, na hipóxia em indivíduos não treinados e moderadamente treinados (Masschelein et al., 2012; Vanhatalo et al., 2010).

Dessa forma, atletas de alta performance também podem experimentar maiores melhorias de desempenho com a suplementação de suco de beterraba na hipóxia em comparação com a normoxia. Logo, analisar de maneira estratégica a suplementação de NO_3^- pode ser ainda mais importante em atletas treinados, pois essa população tem adaptações provocadas pelo treinamento de resistência e dieta, incluindo níveis plasmáticos mais altos de NO e uma porcentagem maior de fibras do tipo I, que podem atenuar completamente a resposta à suplementação de NO_3^- (Ferguson et al., 2015; McConell et al., 2007).

5.3 Principais estratégias para a suplementação de óxido nítrico

A literatura indica que, depois de consumir NO_3^- , seus níveis no sangue atingem o pico entre 2 e 3 horas. Por isso, a recomendação é que a suplementação com NO_3^- seja feita nesse intervalo antes das atividades de resistência, para que o

corpo aproveite ao máximo seus benefícios (Domínguez et al., 2017). Além disso, um fator que pode influenciar diretamente a biodisponibilidade do NO_3^- no corpo é o uso de antissépticos orais. Isso ocorre porque, ao serem absorvidos pela saliva, os nitratos são convertidos em NO_2^- por meio da ação de bactérias presentes na cavidade bucal. Portanto, é fundamental que os atletas sejam orientados a evitar a escovação dentária, o uso de enxaguantes bucais, gomas de mascar ou doces que contenham substâncias bactericidas, como clorexidina ou xilitol, próximo ou após a ingestão dos suplementos a base de NO_3^- (Aucouturier et al., 2015).

Vale destacar que o desempenho esportivo não depende exclusivamente da suplementação, mas de uma série de fatores que incluem treinamento adequado, descanso e, principalmente, uma alimentação equilibrada. A dieta exerce um papel fundamental tanto no desempenho esportivo quanto na otimização dos efeitos da suplementação, garantindo que o atleta obtenha todos os benefícios esperados (Coggan et al., 2015).

A suplementação aguda com suco de beterraba tem sido estudada devido aos seus efeitos ergogênicos, especialmente na redução do consumo de oxigênio (VO_2) durante atividades de resistência realizadas em intensidades iguais ou inferiores ao $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (Dominguez et al., 2017; Muggeridge et al., 2013). Não obstante, as pesquisas apontam que a ingestão única desse suplemento, apesar de trazer benefícios momentâneos, não é suficiente para induzir mudanças estruturais mais profundas, como a biogênese mitocondrial. Para que essas adaptações ocorram de maneira significativa, é necessário adotar protocolos de suplementação mais prolongados, garantindo um impacto mais eficaz na função mitocondrial e, conseqüentemente, no desempenho físico do atleta (Dominguez et al., 2017; Vanhatalo et al., 2010).

Além disso, a suplementação com NO_3^- , presente em altas concentrações no suco de beterraba, é particularmente benéfica para esportes de resistência e para a melhoria da eficiência do VO_2 (McQuillan et al., 2017; McMahon et al., 2017). Esse efeito positivo ocorre porque os compostos bioativos do suco de beterraba desempenham um papel essencial no metabolismo do nitrato, permitindo que ele seja inicialmente reduzido a nitrito e, posteriormente, convertido em óxido nítrico no intestino. Esse processo de conversão não apenas melhorou a biodisponibilidade do óxido nítrico no organismo, mas favoreceu a vasodilatação, aumentando o fluxo sanguíneo para os músculos ativos, otimizando a absorção de oxigênio e

promovendo um desempenho esportivo mais eficiente e sustentável (Wootton-Beard e Ryan, 2012; Peri et al., 2005).

Nesse ínterim, é importante ressaltar a relação dos esportes de *endurance* e o esforço aeróbico, uma vez que alguns parâmetros fisiológicos associados a essas práticas esportivas são consideradas relevantes como o volume máximo de oxigênio limiar anaeróbico ou ventilatório e economia de movimento (Millet et al., 2011; Suriano et al., 2010). Desse modo, as altas demandas físicas nesses esportes fazem com que seja basicamente impossível o atleta atingir as recomendações nutricionais, sendo necessário a utilização de suplementos dietéticos para melhorar a performance esportiva (Maughan et al., 2018). Assim, uma possível causa para o efeito ergogênico do NO, pode ser a melhora da perfusão sanguínea no músculo durante o estímulo físico (De Castro et al., 2021; Clements et al., 2014). Nesse âmbito, estudos mostram que a suplementação com 0,5 L de suco de beterraba 2 horas antes do exercício tem capacidade de melhorar o poder aeróbico em testes submáximos e em exercícios de *endurance* para atletas moderadamente treinados (Rokkedal-Lausch et al., 2019).

Outro aspecto importante é que, fisiologicamente, as características contráteis do músculo humano são aperfeiçoadas pelo NO₃ dietético (Jones et al., 2018). Esse fato pode ser explicitado devido à nitrosilação do receptor de rianodina e do aumento da sinalização de NO através da via solúvel guanil ciclase-guanosina monofosfato-proteína quinase G, essas duas têm a capacidade de aumentar a concentração do Ca²⁺ intracelular livre e a sensibilidade aos miofilamento Ca²⁺, melhorando os processos contráteis do músculo (Coggan et al., 2018; Coggan et al., 2021). Ademais aos exercícios de *endurance*, outras pesquisas retratam a eficiência da suplementação do NO₃⁻ em exercícios de força, ao aumentar o número de repetições nas séries após ingerir 400mg de NO₃⁻ durante 6 dias. Nesse aspecto, a suplementação do suco de beterraba faz com que haja uma melhoria da eficiência mitocondrial (Shephard et al., 2012) e uma redução do ATP utilizado nos exercícios de resistência e *endurance* (Bailey et al., 2010).

5.4 Suplementação de nitrato e exercício – aspectos gerais

A suplementação de NO₃⁻ tem se mostrado uma estratégia interessante para melhorar a performance esportiva, em especial nas atividades aeróbicas e de resistência. Um estudo conduzido por Talitha F. de Castro e publicado no *Jornal*

Europeu de Fisiologia Aplicada avaliou os efeitos da ingestão diária de 420 mL de suco de beterraba (equivalente a 8,4 mmol de NO_3^- por dia) durante três dias, com a última dose sendo consumida duas horas antes do exercício, como recomendado por Domínguez et al., 2017. Os resultados foram positivos: a suplementação levou a uma melhoria significativa no VO_2max e na velocidade de pico (V_{pico}) em corredores recreativos.

Além disso, pesquisas apontam que a suplementação com NO_3^- , seja de forma aguda ou crônica, pode melhorar o desempenho em esportes de resistência, especialmente em provas de corrida contrarrelógio de 5 km e 10 km (Shannon et al., 2017; de Castro et al., 2019). Pois, um estudo feito por Castro et al., 2019 mostrou que corredores recreativos consumindo suco de bebida antes de uma prova de 10 km tiveram um aumento de maior que 2% na performance em comparação ao grupo placebo. Esse mesmo percentual de melhoria foi apresentado por Shannon et al., 2017 em um teste de 5 km, evidenciando o potencial ergogênico do NO_3^- na corrida.

Nesse viés, os mecanismos do NO_3^- podem otimizar a entrega de oxigênio e nutrientes aos músculos, retardando a fadiga e aumentando a eficiência energética. Pesquisas revelaram que a ingestão de 500 mL de suco de beterraba, cerca de duas horas antes do exercício, melhorou a potência aeróbica em ciclistas treinados e moderadamente treinados, levando a um melhor desempenho em testes submáximos (Rokkedal-Lausch et al., 2019).

Todavia, nem todos os resultados apontam efeitos positivos. Uma pesquisa conduzida por Boorsma et al., 2014 mostrou que a suplementação com 210 mL de suco de beterraba (equivalente a 19,5 mmol de NO_3^-) por um dia e de forma crônica por oito dias, não melhorou o VO_2 nem o tempo de prova em corredores de elite durante um teste de 1.500 metros em esteira. Descobertas assim indicam que a resposta ao nitrato pode variar de acordo com o nível de treinamento do atleta e o tipo de exercício realizado.

Em testes intermitentes, por exemplo, atletas que consumiram 140 mL de suco de beterraba, por seis dias, conseguiram percorrer distâncias maiores em comparação ao grupo controle (Nyakayiru et al., 2020). O mesmo é considerado para ciclistas que ingeriram aproximadamente 8 mmol de NO_3^- por dia durante sete dias, esses tiveram um desempenho superior em provas de 10 km (Cermak et al., 2012; Rokkedal-Lausch et al., 2019).

Esses efeitos podem ser explicados por diversas adaptações fisiológicas, como uma melhor dinâmica do VO₂, aumento na vasodilatação e no transporte de nutrientes para os músculos, menor acúmulo de metabólitos que induzem a fadiga e maior eficiência na produção de ATP (Rhim et al., 2020).

6. CONCLUSÃO

O principal mecanismo de ação do nitrato na performance no exercício está relacionado ao aumento da biodisponibilidade do NO, favorecendo a vasodilatação, melhorando a oxigenação muscular e otimizando a utilização de oxigênio durante o exercício. Vale ressaltar que, apesar dos benefícios evidenciados, a resposta à suplementação ainda não é a mesma para todos os atletas, tendo em vista que os níveis recreativos e amadores são mais beneficiados do que os de elite.

Ademais, fatores como nível de condicionamento físico, perfil alimentar e até mesmo a composição da microbiota bucal podem influenciar significativamente a ação do NO_3^- . Nesse sentido, outro fato a ser analisado é a forma de consumo, visto que a conversão do $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}$ sendo depende de fatores como a microbiota oral, pode ser comprometida pelo uso de enxaguantes bucais.

Dessa forma, embora a suplementação com NO_3^- , seja com suco de beterraba ou com suplementos industriais, represente uma estratégia interessante para a melhoria do desempenho esportivo, sendo considerada uma opção acessível e natural para atletas que buscam maximizar seu desempenho, sua aplicação deve considerar fatores individuais de cada atleta e modalidade. Assim, a personalização da suplementação e o aprofundamento das pesquisas sobre seus efeitos a longo prazo são essenciais para melhorar seus benefícios e garantir a eficácia real dentro das necessidades de cada indivíduo, criando dessa forma protocolos ideais de suplementação para cada tipo de esporte e nível de treinamento.

7. REFERÊNCIAS

AMANN, M. Limitações do sistema pulmonar ao desempenho de exercícios de resistência em humanos. **Experimental Physiology**, v. 97, p. 311-318, 2012. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2011.058800>.

AUCOUTURIER, J.; BOISSIERE, J.; PAWLAK-CHAOCH, M.; GAMELIN, F. X. Efeito da suplementação dietética de nitrato na tolerância ao exercício intermitente de intensidade supramáxima. **Nitric Oxide**, v. 49, p. 16-25, 2015.

BAILEY, S. J.; WINYARD, P.; VANHATALO, A.; BLACKWELL, J. R.; DIMENNA, F. J.; WILKERSON, D. P., et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 4, p. 1144-1155, 2009.

BAILEY, S. J.; FULFORD, J.; VANHATALO, A.; WINYARD, P. G.; BLACKWELL, J. R.; DIMENNA, F. J., et al. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. **Journal of Applied Physiology**, v. 109, n. 3, p. 943, 2010.

BASSETT, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 32, p. 70-84, 2000.

BESCOS, R.; FERRER-ROCA, V.; GALILEA, P. A.; ROIG, A.; DROBNIC, F.; SUREDA, A., et al. Sodium nitrate supplementation does not enhance performance of endurance athletes. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 44, n. 12, p. 2400-2409, 2012.

BESCOS, R.; SUREDA, A.; TUR, J. A.; PONS, A. O efeito de suplementos relacionados ao óxido nítrico no desempenho humano. **Medicina Esportiva**, v. 42, n. 2, p. 99-117, 2012.

BOLLI, R. Função cardioprotetora da sintase de óxido nítrico induzível e papel do óxido nítrico na isquemia miocárdica e pré-condicionamento: uma visão geral de uma década de pesquisa. **Journal of Molecular and Cellular Cardiology**, v. 33, p. 1897-1918, 2001.

BOND, H.; BRAAKHUIS, A. J. A suplementação dietética de nitrato melhora o desempenho de remo em remadores bem treinados. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 22, n. 4, p. 251–256, 2012.

BOORSMA, R. K.; SPRIET, L. L. Suplementação com suco de beterraba não melhora o desempenho de corredores de elite de 1500m. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 46, n. 12, p. 2326-2334, 2014. doi: 10.1249/MSS.0000000000000364.

BROWNLEE, K. K.; MOORE, A. W.; HACKNEY, A. C. Relationship between circulating cortisol and testosterone: Influence of physical exercise. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 4, p. 76-83, 2005.

BYTOMSKI, J. R. Abastecimento para o desempenho. **Saúde no Esporte**, v. 10, p. 47-53, 2018.

CASAZZA, G. A.; TOVAR, A. P.; RICHARDSON, C. E.; CORTEZ, A. N.; DAVIS, B. A. Energy availability, macronutrient intake, and nutritional supplementation for improving exercise performance in endurance athletes. **Current Sports Medicine Reports**, v. 17, p. 215-223, 2018.

CERMAK, N. M.; GIBALA, M. J.; VAN LOON, L. JC. Melhoria da suplementação de nitrato no desempenho de contra-relógio de 10 km em ciclistas treinados. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 22, n. 1, p. 64-71, 2012a. doi: 10.1123/ijsnem.22.1.64.

CERMAK, N. M.; RES, P; STINKENS, R; LUNDBERG, J. O.; VAN LOON, L. JC. Nenhuma melhora no desempenho de resistência após uma dose única de suco de beterraba. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 22, n. 6, p. 470-478, 2012b. doi: 10.1123/ijsnem.22.6.470.

CHATURAPANICH, G.; CHAIYAKUL, S.; VERAWATNAPAKUL, V.; PHOLPRAMOO, C. Aumento da atividade afrodisíaca em ratos machos por extrato etanólico de *Kaempferia parviflora* e treinamento físico. **Andrologia**, v. 44, p. 323-328, 2012.

CHRISTENSEN, P. M.; NYBERG, M.; BANGSBO, J. Influence of nitrate supplementation on VO₂ kinetics and endurance of elite cyclists. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 23, n. 1, p. e21-e31, 2013.

CLEMENTS, W. T.; LEE, S. R.; BLOOMER, R. J. Ingestão de nitrato: uma revisão dos efeitos na saúde e no desempenho físico. **Nutrients** , v. 6, p. 5224–5264, 2014.

COGGAN, A. R.; LEIBOWITZ, J. L.; KADKHODAYAN, A. et al. Efeito da ingestão aguda de nitrato na dieta na velocidade e potência máximas do extensor do joelho em homens e mulheres saudáveis. **Nitric Oxide**, v. 48, p. 16-21, 2015.

COGGAN, A. R.; PETERSON, L. R. Dietary nitrate enhances the contractile properties of human skeletal muscle. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 46, p. 254-261, 2018.

COGGAN, A. R.; BARANAUSKAS, M. N.; HINRICHS, R. J.; LIU, Z.; CARTER, S. J. Effect of dietary nitrate on human muscle power: uma revisão sistemática e meta-análise de dados de participantes individuais. **Journal of the International Society of Sports Nutrition.**, v. 18, p. 1-12, 2021.

DAUNCEY, S. Os suplementos dietéticos de nitrato podem melhorar a tolerância à hipóxia? **Intensive Care Society**, v. 13, n. 3, p. 198–204, 2012.

DE CASTRO, T. F.; DE ASSIS M. F.; FIGUEIREDO, D. H. et al. Efeitos da suplementação crônica de suco de beterraba no consumo máximo de oxigênio, velocidade associada ao consumo máximo de oxigênio e velocidade de pico em corredores recreativos: um estudo duplo-cego, randomizado e cruzado. **European Journal of Applied Physiology** , v. 119, p. 1043–1053, 2019.

DECLARAÇÃO DE CONSENSO DO COI: Suplementos alimentares e o atleta de alto desempenho. **British Journal of Sports Medicine.** 2018 , 52 , 439–455.

DEJAM, A; HUNTER, C. J.; SCHECHTER, A. N.; GLADWIN, M. T. Papel emergente do nitrito na biologia humana. **Blood Cells, Molecules & Diseases**, v. 32, n. 3, p. 423-429, 2004. doi: 10.1016/j.bcmd.2004.02.002.

DENADAI, B. S. **Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: conceitos e aplicações**. 4. ed. Ribeirão Preto: BSD, 1999.

DOMINGUEZ, R; CUENCA, E; MATÉ-MUÑOZ, J. L. et al. Efeitos da suplementação com suco de beterraba na resistência cardiorrespiratória de atletas. Uma revisão sistemática. **Nutrientes**, v. 9, n. 1, pág. 43, 2017. doi: 10.3390/nu9010043.

DREIßSIGACKER, U; WENDT, M; WITTKE, T et al. Positive correlation between plasma nitrite and performance during high-intensive exercise but not oxidative stress in healthy men. **Nitric Oxide**. 2010 Sep 15;23(2):128-35. doi: 10.1016/j.niox.2010.05.003. Epub 2010 May 6. PMID: 20451646.

EDVARDBSEN, E.; HEM, E.; ANDERSSSEN, S. A. End criteria for maximal oxygen uptake must be strict and adjusted to sex and age: a cross-sectional study. **PLoS One**, v. 9, p. e85276, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085276>.

FERGUSON, S. K; HOLDSWORTH, C. T; WRIGHT, J. L et al. Pressões de oxigênio microvascular em músculos compostos de diferentes tipos de fibras: impacto da suplementação dietética de nitrato. **Nitric Oxide**, v. 48, p. 38–43, 2015.

GAO, C.; GUPTA, S.; ADLI, T et al. The effects of dietary nitrate supplementation on endurance exercise performance and cardiorespiratory measures in healthy adults: A systematic review and meta-analysis. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 18, p. 55, 2021.

GONZALEZ, A. M.; TREXLER, E. T. Effects of Citrulline Supplementation on Exercise Performance in Humans: A Review of the Current Literature. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 34, p. 1480-1495, 2020.

GREEN, D. J.; MAIORANA, A; O'DRISCOLL, G; TAYLOR, R. Efeito do treinamento físico na função do óxido nítrico derivado do endotélio em humanos. **The Journal of Physiology**, v. 561, p. 1-25, 2004.

HAMBRECHT, R; ADAMS, V; ERBS, S et al. Atividade física regular melhora a função endotelial em pacientes com doença arterial coronária aumentando a fosforilação da óxido nítrico sintase endotelial. **Circulation**, v. 107, p. 3152-3158, 2003.

HLINSKÝ, T.; KUMSTÁT, M.; VAJDA, P. Efeitos dos nitratos dietéticos no desempenho de contrarrelógio em atletas com diferentes status de treinamento: Systematic review. **Nutrients**, v. 12, p. 2734, 2020.

HOON, M. W.; JONES, A. M.; JOHNSON, N. A et al. The effect of variable doses of inorganic nitrate-rich beetroot juice on simulated 2,000-m rowing performance in trained athletes. **International Journal of Sports Physiology and Performance.**, v. 9, n. 4, p. 615–620, 2014.

HORD, N. G; TANG, Y.; BRYAN, N. S. Fontes alimentares de nitratos e nitritos: O contexto fisiológico para potenciais benefícios à saúde. **The American Journal of Clinical Nutrition.** 2009 , 90 , 1–10.

HOWATSON, G; VAN SOMEREN, K. A. The Prevention and Treatment of Exercise-induced Muscle Damage. **Sports Medicine**, [S.l.], v. 38, n. 6, p. 483- 503, out. 2008.

INSTITUTO AUSTRALIANO DE ESPORTE. Australian Institute of Sport Position Statement: supplements and sports foods in high performance sport. **Canberra:** AIS. 2021

JÄDERT, C et al. Decreased leukocyte recruitment by inorganic nitrate and nitrite in microvascular inflammation and NSAID-induced intestinal injury. **Free Radical Biology and Medicine**, [S.l.], v. 52, n. 3, p. 683-692, fev. 2012.

JAMES P. E, WILLIS G. R, ALLEN J. D et al. Nitrate pharmacokinetics: Taking note of the difference. **Nitric Oxide.** 2015 Aug;48:44–50.

JONES, A. M. Suplementação dietética de nitrato e desempenho em exercícios. **Sports Medicine**, v. 44, n. 1, p. 35-45, 2014. doi: 10.1007/s40279-014-0149-y.

JONES, A. M. Influence of dietary nitrate on the physiological determinants of exercise performance: a critical review. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism.**, v. 39, n. 9, p. 1019-1028, 2014.

JONES, A. M.; FERGUSON, S. K.; BAILEY, S. J.; VANHATALO, A.; POOLE, D. C. Efeitos específicos do tipo de fibra do nitrato dietético. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 44, n. 2, p. 53–60, 2016.

JONES, A. M.; THOMPSON, C.; WYLIE, L. J.; VANHATALO, A. Dietary nitrate and physical performance. **Annual Review of Nutrition** , v. 38, p. 303–328, 2018.

JONES, A. M.; VANHATALO, A.; SEALS, D. R.; ROSSMAN, M. J.; PIKNOVA, B.; JONVIK, K. L. Dietary nitrate and nitric oxide metabolism: mouth, circulation, skeletal muscle, and exercise performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise.**, v. 53, p. 280-294, 2021.

JOYNER, M. J.; COYLE, E. F. Endurance exercise performance: the physiology of champions. **Journal of Physiology**, v. 586, p. 35-44, 2008. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.143834>.

KASHAPOV, R.I.; KASHAPOV, R.R. Features of nutrition for athletes in cyclic endurance sports. **Voprosy Pitaniia**. Vol. 88. Núm. 6. p. 12-21. 2019.

KELLY, J.; VANHATALO, A.; BAILEY, SJ; WYLIE, LJ; TUCKER, C.; LIST, S.; WINYARD, PG; JONES, AM. Suplementação dietética de nitrato: efeitos na dinâmica do nitrito plasmático e da captação pulmonar de O₂ durante o exercício em hipóxia e normóxia. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 307, n. 7, p. R920–R930, 2014.

KNAPIK, J. J; STEELMAN, R. A; HOEDEBECKE, S. S; AUSTIN, K. G; FARINA, E. K; LIEBERMAN, H. R. Prevalência do uso de suplementos alimentares por atletas: revisão sistemática e meta-análise. **Sports Med**. 2016 , 46 , 103–123.

LANE, S. C.; HAWLEY, J. A.; DESBROW, B.; JONES, A. M.; BLACKWELL, J. R.; ROSS, M. L., et al. Single and combined effects of beetroot juice and caffeine supplementation on cycling time trial performance. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism.**, v. 39, n. 9, p. 1050–1057, 2014.

LANSLEY, K. E.; WINYARD, P. G.; FULFORD, J.; VANHATALO, A.; BAILEY, S. J.; BLACKWELL, J. R., et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of

walking and running: a placebo-controlled study. **Journal of Physiology.**, v. 110, n. 3, p. 591–600, 2011.

LANSLEY, K. E; WINYARD, P. G; BAILEY, S. J et al. A suplementação aguda de nitrato na dieta melhora o desempenho em provas de tempo de ciclismo. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 6, p. 1125–1131, 2011.

LARSEN, F. J.; SCHIFFER, T. A.; BORNIQUEL, S. et al. O nitrato inorgânico dietético melhora a eficiência mitocondrial em humanos. **Metabolismo Celular**, v. 2, pág. 149-159, 2011.

LARSEN, F. J.; WEITZBERG, E; LUNDBERG, J. O.; EKBLUM, B. Efeitos do nitrato dietético no custo de oxigênio durante o exercício. **Acta Physiologica (Oxford)**, v. 191, n. 1, p. 59-66, 2007.

LIDDER, S.; WEBB, A.J. Vascular effects of dietary nitrate (as found in green leafy vegetables & beetroot) via the Nitrate-Nitrite-Nitric Oxide pathway. **British Journal of Clinical Pharmacology**, v.75, n. 3, p. 677-696, 2012.

LOUREIRO, L.L.; SANTOS, G.B. Nitrato: suplementação, fontes dietéticas e efeitos na performance. **Revista Brasileira de Nutrição Funcional**. Vol. 36. Num. 71. 2017. p. 7-16.

LUNDBERG, J. O; WEITZBERG, E.; GLADWIN, M. T. A via nitrato-nitrito-óxido nítrico em fisiologia e terapêutica. **Nature Reviews Drug Discovery**, v. 7, n. 2, p. 156–167, 2008.

MACINNIS, M.J.; GIBALA, M.J. Physiological adaptations to interval training and the role of exercise intensity. **The Journal of Physiology**. Vol. 595. Num. 9. 2017. p. 2915-2930.

MASSCHELEIN, E.; VAN THIENEN, R.; HESPEL, P. O nitrato dietético melhora o estado de oxigenação muscular, mas não cerebral, durante o exercício em hipóxia. **Journal of Applied Physiology**, v. 113, n. 5, p. 736–745, 2012.

MAUGHAN, R. J.; BURKE, L. M.; DVORAK, J et al. Declaração de consenso do COI: suplementos alimentares e o atleta de alto desempenho. **British Journal of Sports Medicine** , v. 52, p. 439–455, 2018.

MCCONELL, G.K; BRADLEY, S.J; STEPHENS, T.J et al. Skeletal muscle nNOS mu protein content is increased by exercise training in humans. **Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol**. 2007 Aug;293(2):R821-8. doi: 10.1152/ajpregu.00796.2006. Epub 2007 Apr 25. PMID: 17459909.

MCCMAHON, N. F.; LEVERITT, M. D.; PAVEY, T. G. O efeito da suplementação dietética de nitrato no desempenho de exercícios de resistência em adultos saudáveis: uma revisão sistemática e meta-análise. **Sports Medicine**, v. 47, n. 4, p. 735-756, 2017. doi: 10.1007/s40279-016-0617-7.

MCQUILLAN, J. A.; DULSON, D. K.; LAURSEN, P. B.; KILDING, A. E. Nitrato dietético falha em melhorar o desempenho de ciclismo de 1 e 4 km em ciclistas altamente treinados. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism** , v. 3, p. 255–263, 2017.

MEIRELLES, C. M.; SPAOLONSE, K. F. Efeitos da suplementação de nitrato sobre o desempenho em corridas: uma revisão sistemática. **RBNE - Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, v. 17, n. 102, p. 11-21, 15 jan. 2023.

MILLET, G. P.; VLECK, V. E.; BENTLEY, D. J. Requisitos fisiológicos no triatlo. **Journal of Human Sport and Exercise** , v. 6, p. 184–204, 2011.

MORRISON, D; HUGHES, J; DELLA GATTA, P. A. et al. A suplementação de vitamina C e E previne algumas das adaptações celulares ao treinamento de resistência em humanos. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 89, p. 852-862, 2015. doi: 10.1016/j.freeradbiomed.2015.10.412.

MUGGERIDGE, D. J.; HOWE, C. C.; SPENDIFF, O. et al. The effects of a single dose of concentrated beetroot juice on performance in trained flatwater kayakers. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism** , v. 23, p. 498–506, 2013.

MURPHY, M.; WEISS, E. O consumo de beterraba integral melhora agudamente o desempenho na corrida. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 112, n. 4, p. 548–552, 2012.

NYAKAYIRU, J.; VAN LOON, L. J. C.; VERDIJK, L. B. O armazenamento intramuscular de nitrato dietético pode contribuir para seu efeito ergogênico? Uma mini revisão do site. **Free Radic. Biol. Med.**, v. 152, p. 295-300, 2020.

PAULSEN, G; HAMARSLAND, H; CUMMING, K. T. et al. A suplementação de vitamina C e E altera a sinalização proteica após uma sessão de treinamento de força, mas não o crescimento muscular durante 10 semanas de treinamento. **O Jornal de Fisiologia**, v. 5391-5408, 2014. doi: 10.1113/jfisiol.2014.279950.

PEACOCK, O.; TJONNA, A. E.; JAMES, P. et al. Dietary nitrate does not enhance running performance in elite cross-country skiers. **Medicine & Science in Sports & Exercise.**, v. 44, n. 11, p. 2213–2219, 2012.

PEELING, P.; COX, G. R.; BULLOCK, N.; BURKE, L. M. Beetroot juice improves on-water 500 m time-trial performance, and laboratory-based paddling economy in national and international level kayak athletes. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 25, n. 3, p. 278-284, 2015.

PERI, L; PIETRAFORTE, D; SCORZA, G. et al., Maçãs aumentam a produção de óxido nítrico pela saliva humana no pH ácido do estômago: uma nova função biológica para polifenóis com um grupo catecol. **Free Radical Biology and Medicine** , v. 39, p. 668–681, 2005.

PIKNOVA, B; SCHECHTER, A.N; PARK, J.W et al. Skeletal Muscle Nitrate as a Regulator of Systemic Nitric Oxide Homeostasis. **Exerc Sport Sci Rev.** 2022 Jan 1;50(1):2-13. doi: 10.1249/JES.0000000000000272. PMID: 34669624; PMCID: PMC8677611.

PORCELLI, S; RAMAGLIA, M; BELLISTRI, G. et al. A aptidão aeróbica afeta as respostas do desempenho do exercício à suplementação de nitrato. **Medicina e Ciência no Esporte e Exercício**, v. 8, pág. 1643-1651, 2015. doi: 10.1249/MSS.0000000000000577.

RHIM, H. C; KIM, S. J; PARK, J; JANG, K. Efeito da citrulina na classificação pós-exercício do esforço percebido, dor muscular e níveis de lactato sanguíneo: uma revisão sistemática e meta-análise. **Journal of Sport and Health Science** , v. 9, p. 553–561, 2020.

ROKKEDAL-LAUSCH, T; FRANCH, J; POULSEN, M K. et al. Suplementação crônica de suco de beterraba em altas doses melhora o desempenho em provas de tempo de ciclistas bem treinados em normóxia e hipóxia. **Nitric Oxide Biology and Chemistry** , v. 85, p. 44–52, 2019.

SANTANA, J.; MADUREIRA, D.; FRANÇA, E. et al. Nitrate supplementation combined with a running training program improved time-trial performance in recreationally trained runners. **Sports**. Vol. 7. Num. 5. 2019. p. 1-10.

SCHENA, F; CUZZOLIN, L; ROSSI, L et al. Plasma nitrite/nitrate and erythropoietin levels in cross-country skiers during altitude training. **J Sports Med Phys Fitness**. 2002 Jun;42(2):129-34. PMID: 12032406.

SHANNON, O. M; DUCKWORTH, L.; BARLOW, M.; WOODS, D. et al. A suplementação dietética de nitrato melhora o desempenho de corrida de alta intensidade em hipóxia normobárica moderada, independentemente da aptidão aeróbica . **Nitric Oxide** , [s], v. 59, p. 63-70, 2016.

SHANNON, O. M; BARLOW, J. B; DUCKWORTH, L. et al. A suplementação dietética com nitrato melhora o desempenho em provas de tempo de corrida de curta, mas não de longa duração . **European Journal of Applied Physiology** , Heidelberg, v. 117, n. 4, p. 775-785, 2017. DOI: 10.1007/s00421-017-5835-8 .

SHEPHARD, R. J. O efeito de suplementos relacionados ao óxido nítrico no desempenho humano. **Yearbook of Sports Medicine** , v. 2012, p. 176–177, 2012.

STAMLER, J. S.; MEISSNER, G. Fisiologia do óxido nítrico no músculo esquelético. **Physiological Reviews**, v. 81, n. 1, p. 209-237, 2001.

SURIANO, R; BISHOP, D. Physiological attributes of triathletes. **J Sci Med Sport**. 2010 May;13(3):340-7. doi: 10.1016/j.jsams.2009.03.008. Epub 2009 Jul 4. PMID: 19577959.

TAMME, T. et al. Nitrates and nitrites in vegetables and vegetable-based products and their intakes by Estonian population. **Food Additives and Contaminants**, v. 23, n. 4, p. 355-361, 2004.

Totzeck, M; Hendgen-Cotta, U.B; Luedike, P et al. Nitrite regulates hypoxic vasodilation via myoglobin-dependent nitric oxide generation. **Circulation**. 2012 Jul 17;126(3):325-34. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.111.087155. Epub 2012 Jun 9. PMID: 22685116; PMCID: PMC3410747.

TOUMI, H.; BEST. T. The inflammatory response: friend or enemy for muscle injury. **British Journal of Sports Medicine**, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 284-286, ago. 2003.

TREXLER, E.T; KEITH, D.S; SCHWARTZ, T.A et al. Effects of Citrulline Malate and Beetroot Juice Supplementation on Blood Flow, Energy Metabolism, and Performance During Maximum Effort Leg Extension Exercise. **J Strength Cond Res**. 2019 Sep;33(9):2321-2329. doi: 10.1519/JSC.0000000000003286. PMID: 31343548.

VANHATALO, A; BAILEY, S . J.; BLACKWELL, J. R. et al. Efeitos agudos e crônicos da suplementação dietética de nitrato na pressão arterial e nas respostas fisiológicas a exercícios de intensidade moderada e incrementais. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology** , v. 299, p. R1121–R1131, 2010.

VERNEC, A; STEAR, S. J.; BURKE, L. M. et al. A–Z de suplementos nutricionais: suplementos alimentares, alimentos de nutrição esportiva e auxílios ergogênicos para saúde e desempenho: Parte 48. **British Journal of Sports Medicine**, v. 47, n. 15, p. 998-1000, 2013. doi: 10.1136/bjsports-613-2013-092941.

VIDAL, P. J; LÓPEZ-NICOLÁS, J. M; GANDÍA-HERRERO, F; GARCÍA-CARMONA, F. Inactivation of lipoxygenase and cyclooxygenase by natural betalains and semi-synthetic analogues. **Food Chem**. 2014 Jul 1;154:246-54. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.01.014. Epub 2014 Jan 13. PMID: 24518339.

WICKHAM, K.A.; MCCARTHY, D.G.; PEREIRA, J.M. et al. No effect of beetroot juice supplementation on exercise economy and performance in recreationally active females despite increased torque production. **Physiol Reports**. Vol. 7. Num. 2. 2019. p. 1-14.

WILKERSON, D. P.; HAYWARD, G. M.; BAILEY, S. J. et al. Influência da suplementação aguda de nitrato na dieta no desempenho de prova de tempo de 50 milhas em ciclistas bem treinados. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 12, p. 4127-4134, 2012. doi: 10.1007/s00421-012-2397-6.

WOOTTON-BEARD, P. C.; RYAN, L. Uso combinado de múltiplas metodologias para a medição da capacidade antioxidante total em sucos vegetais disponíveis comercialmente no Reino Unido. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 67, p. 142-147, 2012. doi: 10.1007/s11130-012-0287-z.