

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO - UNIRIO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE – CCBS**  
**ESCOLA DE NUTRIÇÃO**

**MATHEUS BARROS TEIXEIRA**

**EFEITOS DO SUCO DE BETERRABA NA RECUPERAÇÃO MUSCULAR: UMA  
ANÁLISE EM ATLETAS E PRATICANTES DE ATIVIDADE FÍSICA**

**RIO DE JANEIRO**

**2023**

MATHEUS BARROS TEIXEIRA

EFEITOS DO SUCO DE BETERRABA NA RECUPERAÇÃO MUSCULAR: UMA  
ANÁLISE EM ATLETAS E PRATICANTES DE ATIVIDADE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Escola de Nutrição da  
Universidade Federal do Estado do Rio de  
Janeiro como parte dos requisitos para  
conclusão do curso de graduação em  
Nutrição.

Orientador(a): Profa. Dra. Francine  
Albernaz Teixeira Fonseca Lobo

RIO DE JANEIRO

2023

## RESUMO

O esporte sempre esteve associado a superação, margens cada vez mais estreitas entre o limiar de vitória ou derrota. Atletas, tanto de elite quanto recreativos estão constantemente interessados em utilizar meios legais para melhorar seu desempenho. O Suco de Beterraba rico em nitrato (NO<sub>3</sub>) promove uma cascata fisiológica que permite melhor recuperação, criando uma série de respostas anti-inflamatórias, antioxidantes, biogênese, entre outras. Esta revisão da literatura tem como objetivo examinar os efeitos do suco de beterraba na recuperação da fadiga relacionada à atividade física, bem como suas aplicações práticas e dosagem. A pesquisa foi realizada nos bancos de dados PubMed, Web of Science e Science Direct, utilizando os descritores *Beetroot*, *Beetroot Juice*, *Beet*, *Beta vulgaris*, *Recovery*, *Exercise* e os operadores booleanos *and*, *or* e *not*. Foram incluídos estudos publicados entre 2013 e 2023, escritos em inglês e com texto completo. Os estudos selecionados abordaram o efeito do nitrato na recuperação do dano muscular em participantes adultos ( $\geq 18$  anos), com dosagem e atividade física bem definidas, e incluíram um grupo placebo controlado. De 85 estudos identificados, 13 foram incluídos nesta revisão. Com base na literatura analisada, a adição de suco de beterraba à dieta pode auxiliar na recuperação de danos musculares e fadiga em atletas profissionais, amadores e indivíduos que praticam atividades físicas recreativas. A literatura sugere que essa abordagem tem efeitos benéficos em várias métricas fisiológicas e de desempenho. No entanto, as limitações dos estudos e a variabilidade dos resultados devem ser consideradas na interpretação das descobertas. A pesquisa futura deve se concentrar em examinar a viabilidade dessa abordagem em diferentes cenários esportivos e grupos populacionais.

**Palavras-chave:** Beterraba; Suco de Beterraba; Recuperação Muscular; Dano Muscular; Exercício; Atividade Física.

## ABSTRACT

Sport has always been associated with overcoming, with increasingly narrow margins between the threshold of victory or defeat. Both elite and recreational athletes are constantly interested in using legal means to improve their performance. Beetroot juice, rich in nitrate (NO<sub>3</sub>), promotes a physiological cascade that allows for better recovery, creating a series of anti-inflammatory, antioxidant, biogenesis responses, among others. This literature review aims to examine the effects of beetroot juice on the recovery from fatigue related to physical activity, as well as its practical applications and dosage. The research was carried out in the PubMed, Web of Science, and Science Direct databases, using the descriptors Beetroot, Beetroot Juice, Beet, Beta vulgaris, Recovery, Exercise and the Boolean operators and, or, and not. Studies published between 2013 and 2023, written in English and with full text, were included. The selected studies addressed the effect of nitrate on the recovery of muscle damage in adult participants ( $\geq 18$  years), with well-defined dosage and physical activity, and included a controlled placebo group. Out of 85 identified studies, 13 were included in this review. Based on the literature analyzed, the addition of beetroot juice to the diet may assist in the recovery of muscle damage and fatigue in professional, amateur athletes, and individuals who practice recreational physical activities. The literature suggests that this approach has beneficial effects on various physiological and performance metrics. However, the limitations of the studies and the variability of the results should be considered in the interpretation of the findings. Future research should focus on examining the feasibility of this approach in different sports scenarios and population groups.

**Key words:** Beetroot; Beetroot Juice; Muscle Recovery; Muscle Damage; Exercise; Physical Activity.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Produção de óxido nítrico pela rota Nitrato-Nitrito-NO .....	10
Figura 2 - Efeitos da ingestão de beterraba no corpo humano .....	11
Figura 3 - Processo de produção de óxido nítrico (NO) através da utilização de suco de beterraba .....	12
Figura 4 - Teor de nitrato disponível em distintos vegetais .....	14
Figura 5 - Diagrama do processo de busca de artigos. ....	17

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Clifford, Howatson et al. (2017).....	19
Quadro 2 - Benjamin et al. (2021) .....	20
Quadro 3 - Marshall et al. (2021) .....	20
Quadro 4 - Husmann et al. (2019).....	21
Quadro 5 - Carriker et al. (2018) .....	21
Quadro 6 - Larsen et al. (2019).....	22
Quadro 7 - Clifford, Bell et al. (2016).....	23
Quadro 8 - Waldron et al. (2018).....	24
Quadro 9 - Síntese de artigos sobre praticantes de atividade física.....	25
Quadro 10 - Stander et al. (2021) .....	26
Quadro 11 - Clifford, Berntzen et al. (2016) .....	27
Quadro 12 - Clifford, Allerton et al. (2017) .....	28
Quadro 13 - Clifford et al. (2018).....	28
Quadro 14 - Síntese de artigos sobre praticantes de Atletas Amadores .....	29
Quadro 15 - Daab - et al. (2021) .....	30

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo dos resultados da busca de artigos nas bases de dados PubMed, Web of Science e Science Direct. ....	16
Tabela 2 - Distribuição dos estudos analisados em grupos pelo nível de atividade física. ....	18

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Nitrato, Óxido Nítrico e Seus Papéis Fisiológicos .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2. Óxido Nítrico e Resposta Inflamatória ao Dano Muscular .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3. Beterraba como Fonte de Nitrato e Outros Compostos Bioativos.....</b>	<b>13</b>
<b>3. MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>17</b>
a) Praticantes de atividade física de forma recreativa .....	19
b) Atletas amadores.....	26
c) Atletas profissionais.....	30
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1 Desafios e Limitações de Pesquisa.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2 Efeitos e Benefícios do Suco de Beterraba na Recuperação Muscular e Cardiovascular .....</b>	<b>34</b>
<b>5.3 Recomendações para Pesquisas Futuras .....</b>	<b>35</b>
<b>5.4 Aplicações .....</b>	<b>36</b>
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Historicamente, o esporte sempre esteve intrinsecamente associado à superação, margens cada vez mais estreitas entre o limiar de vitória ou derrota. Sendo assim, atletas, tanto de elite quanto recreativos estão constantemente interessados em utilizar meios legais para melhorar seu desempenho [1]. Quando um atleta participa de um esforço de alta intensidade, vários fatores fisiológicos limitam seu desempenho.

Por conseguinte, ajustes finos em sua preparação como modulações na dieta e utilização de recursos ergogênicos permitidos pelas entidades antidoping podem auxiliar no aumento de sua performance e obtenção de melhores resultados.

Neste cenário, a recuperação de danos e fadiga desempenha um papel imprescindível no desempenho esportivo. Embora o treinamento promova repetidamente a tolerância de grandes esforços, a capacidade de se recuperar entre esses esforços se destaca em competições de elite devido ao seu papel essencial no ciclo de treinamento-adaptação, pois a fadiga e o dano muscular induzidos pelo exercício podem causar desconforto significativo e prejudicar a funcionalidade e o desempenho.

Embora o Nitrato ( $\text{NO}_3$ ) tenha sido considerado fisiologicamente inerte por décadas, agora é aceito que o  $\text{NO}_3$  pode ser transformado a óxido nítrico ( $\text{NO}$ ) bioativo e outras espécies reativas de nitrogênio durante a hipóxia para mediar a sinalização fisiológica [2]. O  $\text{NO}$  é produzido através de vias endógenas e exógenas pela ingestão de nitrato dietético ( $\text{NO}_3$ ), e provoca efeitos potencialmente ergogênicos e promotores da saúde. Em virtude disso, o  $\text{NO}_3$  apresenta-se como um composto interessante do ponto de vista esportivo como um auxílio ergogênico.

Nesse sentido, a ingestão de Nitrato ( $\text{NO}_3$ ) causa uma cascata fisiológica que promove a recuperação criando uma série de respostas anti-inflamatórias, antioxidantes e biogênese, entre outras [3]. O  $\text{NO}$  pode afetar o desempenho do exercício por meio de vários mecanismos: diminuição da fadiga durante o exercício, aumento da entrega de nutrientes e oxigênio aos músculos de trabalho e aumento da excreção de subprodutos metabólicos do exercício de alta intensidade. Aproximadamente 80% dos nitratos na dieta vêm do consumo de vegetais, principalmente através de vegetais de folhas verdes, como alface, espinafre, rúcula, aipo, agrião e beterraba. A beterraba é uma das principais fontes de nitrato, pois contém 250 mg de nitrato por 100g de alimento [4]. O suco de beterraba apresenta-se

como uma excelente alternativa para um consumo fácil e palatável na rotina dos atletas.

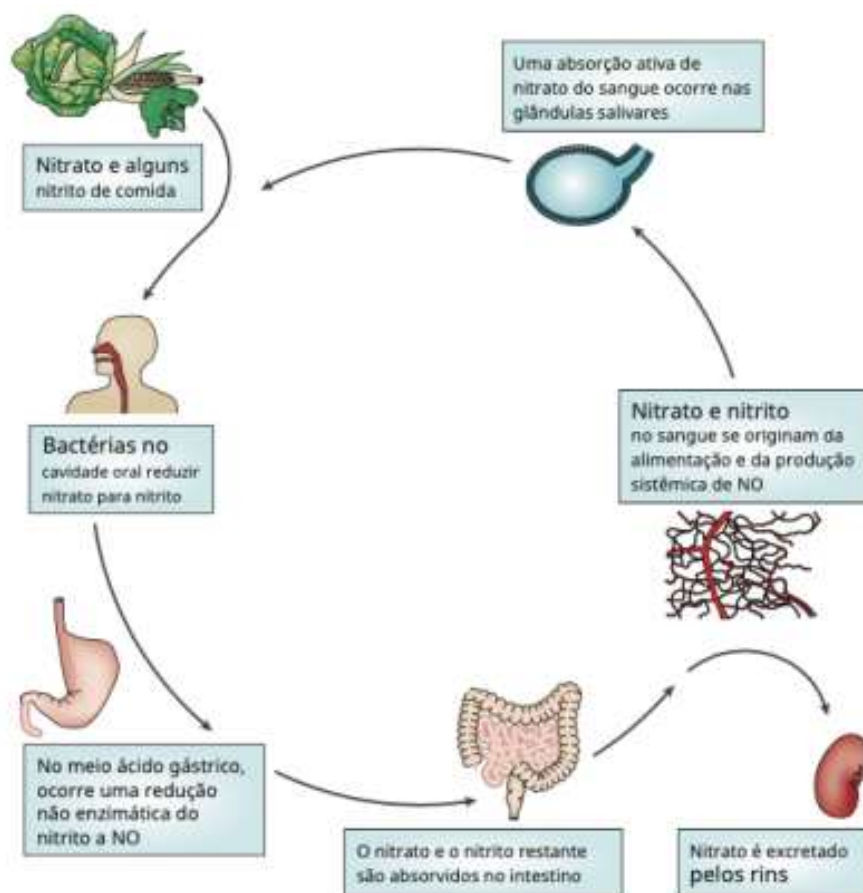
As propriedades demonstradas em relação à melhoria na respiração mitocondrial e no metabolismo do O<sub>2</sub>, bem como as propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes, apresentam um cenário promissor no consumo de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> para neutralizar os efeitos da fadiga pós-atividade física. Em função disso, o objetivo dessa revisão é examinar os efeitos da utilização do suco de beterraba nos fatores de recuperação da fadiga relacionados a atividade física. Além disso, caso tenha impacto positivo, qual a dosagem necessária para ocorrer o efeito desejado.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Nitrato, Óxido Nítrico e Seus Papéis Fisiológicos**

O estudo dos efeitos ergogênicos da utilização dietética do suco de beterraba/nitrato (NO<sub>3</sub>) tem sido um tópico proeminente no desempenho humano no de correr da última década. Até então, o nitrato (NO<sub>3</sub>) e o nitrito (NO<sub>2</sub>) eram conhecidos predominantemente como resíduos indesejados no metabolismo com efeitos potencialmente cancerígenos, ou como produtos finais oxidativos inertes do metabolismo endógeno do óxido nítrico (NO) [5]. No entanto, a partir de pesquisas realizadas na última década, tornou-se evidente que o nitrato e o nitrito são fisiologicamente reciclados no sangue e nos tecidos para formar NO e outros óxidos de nitrogênio bioativos [6]. Portanto, começam a ser vistos como reservatórios de bioatividade semelhante ao NO. O reconhecimento desse ciclo levou os pesquisadores a explorar o papel do nitrato e do nitrito, e de modo consequente em processos fisiológicos que são conhecidos por serem regulados pelo NO.

**Figura 1** - Produção de óxido nítrico pela rota Nitrato-Nitrito-NO



Fonte: Lundberg *et al*, 2008 (tradução livre).

Uma vez ingerido, o  $\text{NO}_3$  é reduzido a nitrito ( $\text{NO}_2$ ), por bactérias anaeróbias na cavidade oral pela ação das enzimas nitrato redutase, e depois a óxido nítrico (NO) no estômago. Esse mecanismo fisiológico depende da circulação entero-salivar do nitrato inorgânico, sem envolver a atividade NOS (Óxido Nítrico Sintase). Uma vez no estômago, diante de um PH ácido, o nitrito é decomposto para se converter em NO e outros óxidos de nitrogênio que desempenham funções fisiológicas determinantes. O nitrato e o nitrito restante são absorvidos do intestino para a circulação, que pode se tornar NO bioativo nos tecidos e no sangue sob hipóxia fisiológica. [7]

## 2.2. Óxido Nítrico e Resposta Inflamatória ao Dano Muscular

O NO induz vários mecanismos fisiológicos que influenciam a utilização de  $\text{O}_2$  durante a contração do músculo esquelético. Os mecanismos fisiológicos para redução de  $\text{NO}_2^-$  são facilitados por condições hipóxicas, portanto, o NO (vasodilatador) é produzido nas partes do músculo que estão consumindo ou precisando de mais  $\text{O}_2$ .

Esse mecanismo permitiria que o fluxo sanguíneo local se adaptasse à exigência de O<sub>2</sub>, proporcionando dentro do músculo esquelético uma distribuição homogênea adequada. Essa resposta fisiológica pode ser positiva em termos de função muscular.

**Figura 2** - Efeitos da ingestão de beterraba no corpo humano

Aumento dos níveis de nitrato e nitrito, produção de óxido nítrico, vasodilatação, entrega aprimorada de oxigênio aos músculos e eficiência mitocondrial aumentada.



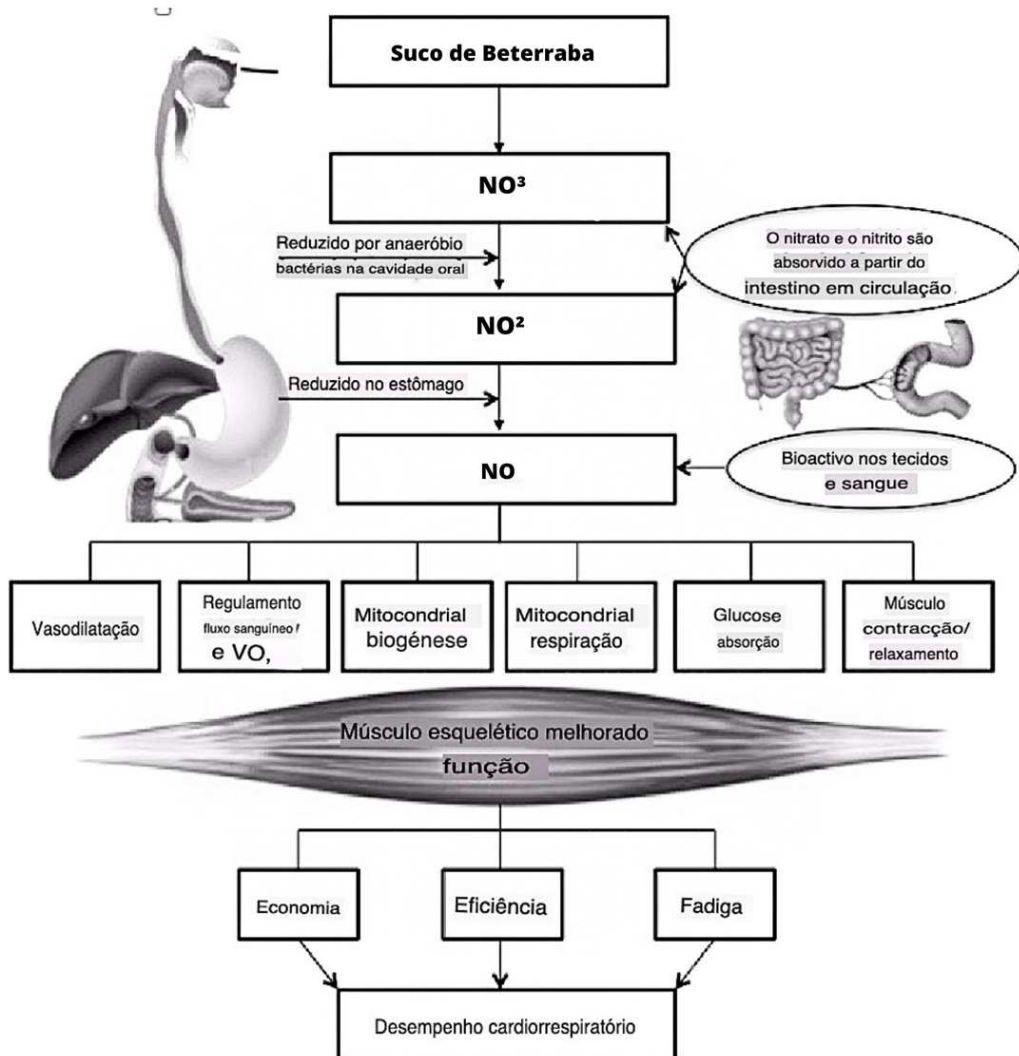
Fonte: Silvestre; Freitas, 2007.

Além disso, trata-se de uma potente molécula de sinalização que afeta a função celular em muitos tecidos do corpo, o NO é produzido endogenamente pela síntese de óxido nítrico a partir da oxidação da L-arginina. A molécula tem importantes funções hemodinâmicas e metabólicas [8], sendo um grande vasodilatador que pode aumentar o fluxo sanguíneo para os músculos e promover a transferência de oxigênio no músculo. Benefícios fisiológicos adicionais do NO incluem melhoria da eficiência

mitocondrial e absorção de glicose no músculo e maior congestão muscular e processos de relaxamento.[9]

**Figura 3** - Processo de produção de óxido nítrico (NO) através da utilização de suco de beterraba.

O nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) é reduzido a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ) por bactérias anaeróbicas na cavidade oral e depois para NO no estômago. O  $\text{NO}_3^-$  e o  $\text{NO}_2^-$  restante são absorvidos do intestino para a circulação, onde podem se tornar NO bioativo nos tecidos e no sangue. O NO induz várias funções fisiológicas, melhorando a função muscular esquelética e, conseqüentemente, aumentando o desempenho cardiorrespiratório.



Fonte: Domínguez, R et. al, 2017 (tradução livre).

Com base nessas propriedades, alguns estudos sugeriram que o NO poderia exercer efeitos anti-inflamatórios ao interromper a ativação dos leucócitos e uma redução subsequente nos mediadores pró-inflamatórios que invadem a célula. [10]

O dano muscular é acompanhado por uma resposta inflamatória de fase aguda. Normalmente, células inflamatórias como leucócitos, fatores de crescimento e

citocinas se acumulam no local danificado para reparar o tecido danificado.[11] A resposta imediata envolve a fagocitose, na qual os leucócitos, predominantemente neutrófilos e macrófagos (fenótipo M1), liberam moléculas citotóxicas (ou seja, espécies reativas de oxigênio; ROS) e proteolíticas para remover o tecido danificado. Uma vez que o tecido afetado foi eliminado, os macrófagos mudam para um fenótipo M2 e iniciam processos regenerativos liberando fatores de crescimento e citocinas anti-inflamatórias que auxiliam no reparo muscular.[12]

As tentativas de atenuar os efeitos deletérios do dano muscular têm se concentrado em suplementos nutricionais que visam a resposta inflamatória, reduzindo assim o potencial de dano muscular. Alguns estudos sugeriram que a utilização de nitrato, e por conseguinte, NO poderia exercer efeitos anti-inflamatórios ao interromper a ativação dos leucócitos e uma redução subsequente nos mediadores pró-inflamatórios que invadem a célula.[10] Embora exista um debate sobre se o enfraquecimento da resposta inflamatória, podendo impedir o reparo muscular, foi demonstrado que a fase fagocítica pode realmente causar mais danos à célula muscular no contexto de recuperação. Foi observado que esse processo pode retardar a restauração da função muscular normal nos dias após o exercício, um processo que foi denominado dano secundário. [13,14]

Concomitantemente, a taxa de disponibilidade de O<sub>2</sub> é fundamental para a recuperação da fadiga e o aumento da eficiência mitocondrial. Ambos os processos podem ser aprimorados após o consumo de nitrato devido ao aumento do fluxo sanguíneo e a melhor adaptação da perfusão local à taxa metabólica durante e após o exercício [15]. Além disso, esses benefícios podem afetar a taxa de recuperação e a disponibilidade de reservas de energia, como glicose muscular e fosfocreatina [16].

### **2.3. Beterraba como Fonte de Nitrato e Outros Compostos Bioativos**

Neste cenário, a beterraba (*Beta vulgaris*) emergiu como uma fonte de compostos que podem exercer efeitos fisiológicos positivos; talvez o mais estudado desses compostos seja o nitrato. Está agora bem estabelecido que, sob certas condições, o nitrato dietético pode ser reduzido sequencialmente a nitrito e depois a óxido nítrico (NO), uma molécula que demonstrou exercer efeitos reguladores nos sistemas vascular, metabólico e, mais recentemente, imunológico.

**Figura 4** - Teor de nitrato disponível em distintos vegetais

Classificação dos vegetais de acordo com o teor de nitrato \*.

Conteúdo de Nitrato (mg/100 g Peso Fresco)	Variedades Vegetais
Muito baixo, <20	Alcachofra, aspargos, feijão, berinjela, alho, cebola, feijão verde, cogumelo, ervilha, pimenta, batata, abóbora de verão, batata-doce, tomate, melancia
Baixo, 20 a <50	Brócolis, cenoura, couve-flor, pepino, abóbora, chicória
Médio, 50 a <100	Repolho, endro, nabo, repolho savoy
Alta, 100 a <250	Aipo, repolho chinês, endívia, erva-doce, couve-rábano, alho-poró, salsa
Muito alto, >250	Aipo, agrião, cerefólio, alface, beterraba vermelha, espinafre, foguete

Fonte: Hord *et al*, (2009) (tradução livre)

Além de um alto teor de nitrato, a beterraba roxa convencional é fonte de ácidos fenólicos, flavonóides e carotenoides, e também contém um grupo único de pigmentos nitrogenados conhecidos como betalainas; classificados como betacianinas ou betaxantinas. As betacianinas parecem exercer seus efeitos antioxidantes e anti-inflamatórios por várias vias; inibição de ativadores pró-inflamatórios, como ciclooxigenase-2 e lipoxigenase 5; eliminação direta de espécies radicais e; regulação positiva de enzimas antioxidantes endógenas através do fator nuclear. [17,18]

Os pigmentos de betalainas podem ser considerados como uma das moléculas com significativo poder antioxidante no suco de beterraba, e também são responsáveis pela cor violeta da beterraba [17]. As betalainas, e a betaninas em particular, são doadores de elétrons muito eficazes que demonstraram não apenas atenuar a lesão mediada por espécies reativas de oxigênio (ROS), mas também a regular as enzimas antioxidantes endógenas e estimular a defesa do hospedeiro [19]. Além disso, o suco de beterraba é rico em nitrato, que, através de sua redução a óxido nítrico (NO), pode ter efeitos antioxidantes indiretos, suprimindo o acúmulo de leucócitos. que se acredita serem os principais produtores de ROS após o exercício prejudicial aos músculos.[20]

Visto isso, a suplementação com nitrato inorgânico, principalmente na forma de suco de beterraba apresenta-se como um grande aliado, sendo um composto ergo gênico de fácil acesso e com um custo de aquisição relativamente baixo, e dentro de um plano alimentar, pode ser adaptado em diversos cenários e combinações. Este conhecimento tem se difundido, e tornado o suco de beterraba cada vez mais utilizado

entre os praticantes de atividade física, aumentando vertiginosamente o interesse e consumo pelo mesmo.

Por esse motivo, essa revisão pretende abordar o conhecimento científico relatado até o momento sobre o impacto do consumo de suco de beterraba rico em nitrato, e seus impactos nos fatores de recuperação da fadiga relacionados ao exercício.

### **3. MÉTODOS**

No início do processo de revisão, surgiu uma questão crucial: "Será que o uso do suco de beterraba poderia ser considerado um recurso potencial para a recuperação de indivíduos que praticam atividades físicas?" Diante do debate contínuo sobre suplementos alimentares caros e de difícil acesso, o suco de beterraba se apresenta como uma possível alternativa mais acessível e de alta qualidade para ser explorada na rotina alimentar.

Para realizar a busca por artigos, foram utilizadas algumas bases de dados: Pubmed, Web of Science e Science Direct. Foi realizado o uso de descritores (*Beetroot; Beetroot Juice; Beet; Beta vulgaris; Recovery; Exercise*) e operadores booleanos (*and, or e not*): ("*Beetroot*" or "*beetroot juice*" or "*beet*" or "*beta vulgaris*" and "*recovery*" and "*exercise*") sendo bem efetivos para encontrar trabalhos diretamente relacionados ao tema.

Depois de remover artigos duplicados, o título e os resumos de todos os artigos recuperados foram selecionados para excluir estudos que não atendiam aos critérios de elegibilidade. Todos os artigos elegíveis foram incluídos. Os resultados podem ser evidenciados por cada busca no quadrosíntese:



**Tabela 1** - Resumo dos resultados da busca de artigos nas bases de dados PubMed, Web of Science e Science Direct.

A tabela apresenta o total de resultados encontrados, o número de estudos selecionados para leitura na íntegra, o número de estudos incluídos nos resultados e o total de documentos excluídos.<sup>1</sup>

<b>Base de Dados</b>	<b>Total de Resultados</b>	<b>Estudos selecionados para leitura na íntegra</b>	<b>Estudos incluídos nos resultados*</b>	<b>Total de Documentos Excluídos</b>
<b>PubMed</b>	<b>45</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>36</b>
<b>Web of Science</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>28</b>
<b>Science Direct</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>8</b>

Fonte: Autoria própria, 2023.

Para a elaboração dessa revisão foram utilizados estudos experimentais abordando efeito do nitrato na recuperação do dano muscular, escritos na língua inglesa por conta de sua maior abrangência, e com texto completo, com participantes adultos ( $\geq 18$  anos) e presença de um grupo placebo controlado, publicados no período de 2013 a 2023.

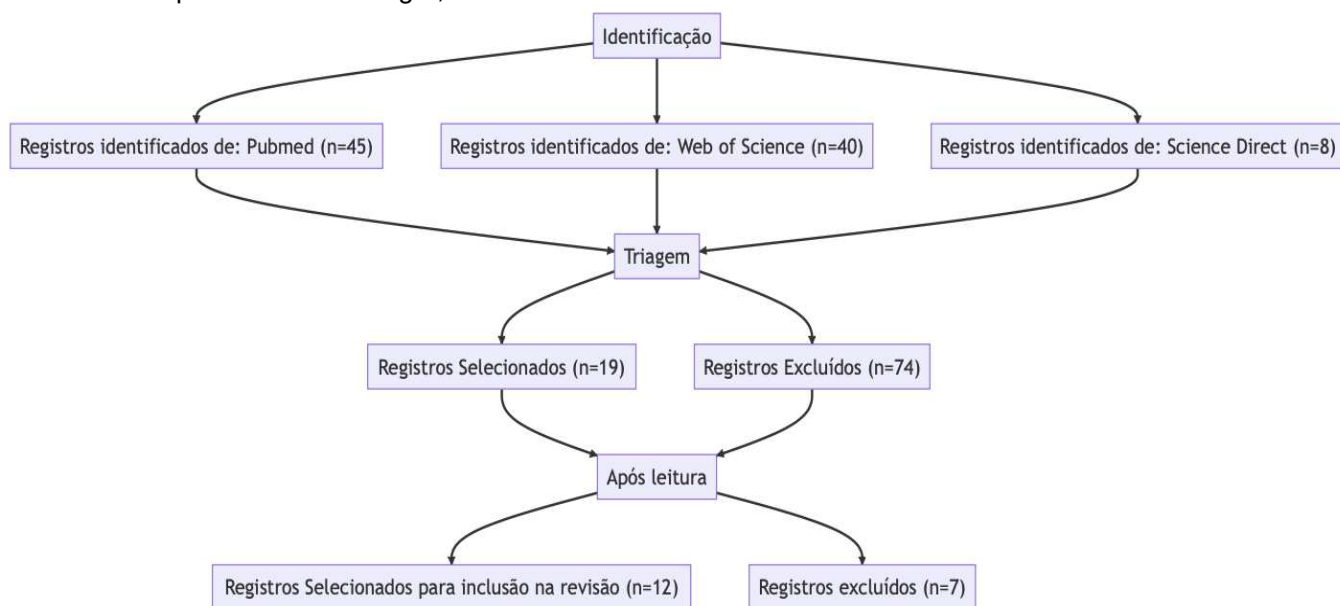
Alguns critérios de exclusão na escolha de artigos selecionados são: possuir alguma patologia prévia que afete os resultados, texto completo não estar disponível, níveis de atividade física ou quantidade de suco de beterraba/nitrato imprecisa ou estar tomando outros suplemento de nitrato em conjunto com a beterraba, não haver rigor no controle da dieta dos participantes, demonstre resultados percentualmente e seus desdobramentos significativos ou não na prática clínica, estudos que buscam apenas o efeito do consumo de nitrato no desempenho durante a prática da atividade física.

---

<sup>1</sup> Após filtragem para avaliar duplicatas

**Figura 5** - Diagrama do processo de busca de artigos.

O diagrama ilustra o fluxo de busca e seleção de artigos nas bases de dados PubMed, Web of Science e Science Direct, incluindo o número de resultados encontrados, os estudos selecionados para leitura na íntegra, os estudos incluídos nos resultados e os documentos excluídos



Fonte: Autoria própria, 2013.

Depois de remover artigos duplicados, o título e os resumos de todos os artigos recuperados foram selecionados para excluir estudos que não atendiam aos critérios de elegibilidade. Todos os artigos elegíveis foram incluídos.

#### 4 RESULTADOS

A análise dos resultados da revisão da literatura foi realizada com base em 19 estudos selecionados para leitura na íntegra. Desses, 13 foram considerados adequados para compor a revisão, de acordo com os critérios estabelecidos.

Durante o processo de seleção, alguns estudos foram excluídos devido à falta de clareza no delineamento e no protocolo de intervenção apresentados no texto. Além disso, alguns artigos utilizaram a suplementação de citrulina em conjunto com o suco de beterraba, o que poderia influenciar os resultados e comprometer a análise específica da influência do suco de beterraba na recuperação muscular. A exclusão desses estudos foi fundamental para garantir a confiabilidade e a validade dos resultados obtidos na revisão da literatura.

Ao longo do processo de revisão da literatura, foram selecionados 13 artigos que compõem 100% da base de dados analisada neste estudo. Esses artigos foram

categorizados com base no perfil dos participantes e na distribuição de gênero dos indivíduos envolvidos nas pesquisas.

Dentre os 13 artigos selecionados, 8 (61,54%) deles envolvem participantes que praticam atividade física de forma recreativa, ou seja, sem fins competitivos. Essa atividade pode ser considerada como uma prática de lazer e bem-estar. Já em 4 (30,77%) dos artigos, os participantes são atletas amadores, sendo que 3 (23,08%) desses focam em maratonistas e 1 (7,69%) aborda atletas de diversas modalidades universitárias em final de temporada. Apenas 1 (7,69%) dos 13 artigos selecionados trabalha com jogadores de futebol profissionais como seu grupo de pesquisa.

**Tabela 2** - Distribuição dos estudos analisados em grupos pelo nível de atividade física.

Nível de Atividade	Estudos
Praticantes de Atividade Física	8
Atletas Amadores	4
Atletas Profissionais	1
Total	13

Fonte: Autoria própria, 2023.

Com o intuito de proporcionar uma análise mais aprofundada e rigorosa, os resultados da revisão de literatura foram divididos de acordo com o tipo de praticante. Essa divisão permite compreender melhor as necessidades e especificidades de cada grupo, possibilitando a elaboração de estratégias mais eficazes para a aplicação do suco de beterraba como um recurso ergogênico e nutricional. Além disso, a segmentação dos resultados facilita a identificação de possíveis lacunas na literatura e sugere áreas para futuras pesquisas.

a) Praticantes de atividade física de forma recreativa

**Quadro 1 - Clifford, Howatson *et al.* (2017)**

<b>Clifford, Howatson <i>et al.</i> (2017)</b>	
Aspectos	Detalhes
<b>Participantes</b>	30 participantes do sexo masculino, fisicamente ativos, com treinamento regular em exercícios de resistência (pelo menos 3 vezes por semana).
<b>Desenho do estudo</b>	Estudo randomizado, duplo-cego e controlado por placebo. Dividido em 3 grupos: suco de beterraba (BTJ), nitrato de sódio (SN) e placebo (PLA).
<b>Protocolo</b>	Suco de beterraba (BTJ): 250 ml por porção, com aproximadamente 210 mg de nitrato (3.4 mmol/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) por porção. // Nitrato de sódio (SN): 287 mg (3.4 mmol/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) por porção em pó, misturado com água para formar uma bebida de 250 ml. // Placebo (PLA): maltodextrina e proteína em pó sem sabor, combinadas para igualar a composição de macronutrientes do BTJ.
<b>Exercício</b>	Realização de exercícios de extensão do joelho com carga excêntrica, causando dano muscular.
<b>Mensuração de exercício</b>	Pressão arterial, Salto com contramovimento (CMJ), Contração isométrica voluntária máxima (MIVC), Limiar de dor à pressão (PPT)
<b>Avaliações e medições diversas</b>	Creatina quinase (CK) // Proteína C-reativa de alta sensibilidade (hs-CRP) // Óxido nítrico (NO)
<b>Conclusões</b>	NOx no soro: BTJ ↑, SN ↑, PLA =. PPT após exercício: BTJ ↓, SN ↓, PLA ↓ (BTJ consistentemente maior que SN e PLA nas 72 horas pós-exercício) PPT em 72 horas: BTJ = baseline, SN ↓, PLA ↓ MIVC e CMJ após exercício: todos os grupos ↓ (sem diferenças entre os três grupos)

Fonte: Autoria própria, 2023

BTJ: Suco de beterraba; SN: Nitrato de sódio; PLA: Placebo; CMJ: Salto com contramovimento; MIVC: Contração isométrica voluntária máxima; PPT: Limiar de dor à pressão; CK: Creatina quinase; hs-CRP: Proteína C-reativa de alta sensibilidade; NO: Óxido nítrico; NOx: Óxido nítrico e seus metabólitos.

**Quadro 2 - Benjamin *et al.* (2021)**

<b>Benjamim <i>et al.</i>, (2021)</b>	
<b>Aspectos</b>	<b>Detalhes</b>
<b>Participantes</b>	12 homens ativos com mais de 6 meses de experiência em treinamento de força
<b>Desenho do estudo</b>	Duplo-cego, teste controlado por randomização (BRJ vs. PLA)
<b>Protocolo</b>	Extrato de beterraba (cápsula de 600 mg) ou amido (cápsula placebo de 600 mg) 120 minutos antes; para permitir tempo adequado para digestão, absorção e exibição de seus efeitos fisiológicos
<b>Exercício</b>	75% de exercício de força 1RM, (10 repetições máximas) distribuídas em quatro séries para cada exercício :Leg Press 45°; Cadeira extensora; Cadeira abduutora; Agachamento.
<b>Mensuração de exercício</b>	Frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD) e índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC).
<b>Avaliações e medições diversas</b>	---
<b>Conclusões</b>	BRJ aumenta a recuperação da frequência cardíaca e da pressão arterial sistólica

Fonte: Autoria própria, 2023

BRJ: Extrato de beterraba; PLA: Placebo; 1RM: Uma repetição máxima; FC: Frequência cardíaca; PAS: Pressão arterial sistólica; PAD: Pressão arterial diastólica; VFC: Índices de variabilidade da frequência cardíaca.

**Quadro 3 - Marshall *et al.* (2021)**

<b>Marshall <i>et al.</i>, (2021)</b>	
<b>Aspectos</b>	<b>Detalhes</b>
<b>Participantes</b>	12 homens e 10 mulheres ativos das forças
<b>Desenho do estudo</b>	Estudo randomizado, controlado, duplo-cego
<b>Protocolo</b>	BRJ = 70 mL, 12,5 mmol/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Crônico: 1 dose/dia, 11 no total)
<b>Exercício</b>	Expedição militar de alta altitude
<b>Mensuração de exercício</b>	-----
<b>Avaliações e medições diversas</b>	SpO <sub>2</sub> , frequência cardíaca, pressão diastólica, taxa de esforço percebido, doença de alta altitude
<b>Conclusões</b>	No grupo BRJ Houve uma diminuição significativa na saturação periférica de oxigênio e houve aumentos na frequência cardíaca, pressão arterial diastólica e classificação do esforço percebido com o aumento da altitude. A velocidade de recuperação da frequência cardíaca após o exercício a 4800 m foi significativamente prolongada no grupo controle, mas permaneceu inalterada no grupo BRJ. BRJ não afetou a carga da doença de HA. BRJ aumenta os níveis de nitrito salivar e melhora o declínio na aptidão em altitude

Fonte: Autoria própria, 2023

BRJ: Extrato de beterraba; SpO<sub>2</sub>: Saturação periférica de oxigênio; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Íon nitrato; HA: Doença de alta altitude.

**Quadro 4 - Husmann *et al.* (2019)**

<b>Husmann <i>et al.</i>, (2019)</b>	
<b>Aspectos</b>	<b>Detalhes</b>
<b>Participantes</b>	12 homens fisicamente ativos recreacionalmente, mas com familiaridade com alta intensidade
<b>Desenho do estudo</b>	Duplo-cego, randomizado, controlado por placebo (BRJ vs. PLA)
<b>Protocolo</b>	A intervenção consistiu em 70 mL de BRJ com 6,5 mmol/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> administrado cronicamente por 5 dias antes do exercício.
<b>Exercício</b>	Teste de tempo até exaustão em cicloergômetro
<b>Mensuração de exercício</b>	Tempo até exaustão, torque voluntário máximo (MVC), percepção de esforço e dor muscular na perna, estímulo do nervo periférico, oxigenação muscular durante o exercício
<b>Avaliações e medições diversas</b>	-----
<b>Conclusões</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BRJ aumenta o tempo até exaustão (↑ 3:38 min) em comparação com o placebo</li> <li>- Percepção de esforço médio e final reduzida com BRJ (↓ esforço médio: 0,6; ↓ esforço final: 0,5) em comparação com o placebo</li> <li>- Dor muscular média na perna reduzida com BRJ (↓ 0,5) em comparação com o placebo</li> </ul>

Fonte: Autoria própria, 2023

BRJ: Suco de beterraba; PLA: Placebo; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Nitrito; MVC: Torque voluntário máximo.

**Quadro 5 - Carriker *et al.* (2018)**

<b>Carriker <i>et al.</i> (2018)</b>	
<b>Aspectos</b>	<b>Detalhes</b>
<b>Participantes</b>	9 homens ciclistas intensidade moderada há no mínimo 2 meses
<b>Desenho do estudo</b>	Estudo cruzado duplo-cego controlado por placebo.
<b>Protocolo</b>	Bebida de suco de beterraba rica em nitrito (NR; ~12,8 mmol) ou suco de beterraba com baixo teor de nitrito (PL) consumida 2,5 horas antes do exercício por 7 dias
<b>Exercício</b>	Ciclismo de intensidade crescente (25, 40, 50, 60, 70% do VO <sub>2</sub> max normobárico) em câmara hipobárica simulando 3.500 m de altitude
<b>Mensuração de exercício</b>	Controle da intensidade (watts), cadência entre 70 e 90 RPM, monitoramento da frequência cardíaca e pressão arterial
<b>Avaliações e medições diversas</b>	- Nitrito plasmático, 8-isoprostano, catalase plasmática, SaO <sub>2</sub> , frequência cardíaca e escala de percepção de esforço (RPE)
<b>Conclusões</b>	Sem diferenças significativas em marcadores entre os grupos NR e PL.

Fonte: Autoria própria, 2023

NR: Bebida de suco de beterraba rica em nitrito; PL: Suco de beterraba com baixo teor de nitrito; VO<sub>2</sub>max: Consumo máximo de oxigênio; SaO<sub>2</sub>: Saturação de oxigênio arterial; RPE: Escala de percepção de esforço.

**Quadro 6 - Larsen *et al.* (2019)**

<b>Larsen <i>et al.</i> (2019)</b>	
<b>Aspectos</b>	<b>Detalhes</b>
<b>Participantes</b>	30 indivíduos saudáveis, sendo 18 homens e 12 mulheres. No máximo 3h de exercícios na semana
<b>Desenho do estudo</b>	Estudo randomizado, duplo-cego e controlado por placebo.
<b>Protocolo</b>	O grupo experimental recebeu suco de beterraba com alto teor de nitrato (NR= 12,9 mmol) e o grupo controle recebeu um suco semelhante sem nitrato (NR = N/A), ingerido uma porção 46 horas após o exercício.
<b>Exercício</b>	O exercício consistiu em contrações excêntricas dos músculos dorsi flexores até a falência
<b>Mensuração de exercício</b>	MIVC, PPT e dor muscular (Likert Score)
<b>Avaliações e medições diversas</b>	-----
<b>Conclusões</b>	Sem diferenças significativas entre os grupos.

Fonte: Autoria própria, 2023

NR: Suco de beterraba com alto teor de nitrato; N/A: Não aplicável; MIVC: Contração isométrica voluntária máxima; PPT: Pressão da dor ao limiar (em inglês, "Pain Pressure Threshold"); Likert Score: Escala de Likert.

**Quadro 7 - Clifford, Bell et al. (2016)**

<b>Clifford, Bell et al. (2016)</b>	
<b>Aspectos</b>	<b>Detalhes</b>
<b>Participantes</b>	30 homens ativos recreativamente
<b>Desenho do estudo</b>	Duplo-cego, randomizado, controlado por placebo
<b>Protocolo</b>	Os participantes foram divididos em dois grupos de intervenção: INT1, que recebeu BRJ com baixo teor de nitrato (~0,4 mmol) e INT2, que recebeu BRJ com alto teor de nitrato (~2,0 mmol). Cada grupo consumiu um total de sete porções de BRJ ao longo de três dias, com uma ingestão de 2/3 das porções por dia.
<b>Exercício</b>	100 saltos de queda para induzir fadiga muscular
<b>Mensuração de exercício</b>	Força isométrica voluntária máxima (MIVC), o salto com contração máxima (CMJ), a pressão da perna (PPT)
<b>Avaliações e medições diversas</b>	Creatina quinase (CK), interleucina-6 (IL-6), interleucina-8 (IL-8) e fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ).
<b>Conclusões</b>	A recuperação do desempenho de salto (CMJ e PPT) foi significativamente aprimorada no grupo que consumiu BRJ com alto teor de nitrato (INT2) $\uparrow$ . No entanto, não foram observadas diferenças significativas nos marcadores sistêmicos de inflamação e lesão muscular entre os dois grupos (CK, IL-6, IL-8, TNF- $\alpha$ ) $\leftrightarrow$ .

Fonte: Autoria própria, 2023

INT1: Grupo de intervenção 1; INT2: Grupo de intervenção 2; BRJ: Suco de beterraba; MIVC: Contração isométrica voluntária máxima; CMJ: Salto com contração máxima; PPT: Pressão da perna; CK: Creatina quinase; IL-6: Interleucina-6; IL-8: Interleucina-8; TNF- $\alpha$ : Fator de necrose tumoral alfa.



**Quadro 8 - Waldron *et al.* (2018)**

<b>Waldron <i>et al.</i>, (2018)</b>	
<b>Aspectos</b>	<b>Detalhes</b>
<b>Participantes</b>	8 participantes (5 homens e 3 mulheres) ativos regularmente e recreacionamente
<b>Desenho do estudo</b>	Duplo-cego, randomizado, design cruzado
<b>Protocolo</b>	Suco de Beterraba (BRJ) = Em doses de 350 mL (20,5 mmol/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (agudo: 24 h antes do exercício) que foram consumidos em três períodos igualmente espaçados nas 24 horas anteriores ao teste de exercício, ou um placebo (PLA), com 1 semana de intervalo. Após 24 horas de suplementação
<b>Exercício</b>	Caminhada intermitente a 3 km/h com gradientes entre 1 e 20% de inclinação
<b>Mensuração de exercício</b>	Frequência cardíaca, VO <sub>2</sub> , Pressão arterial, Glicose, Potássio, Lactato sanguíneo
<b>Avaliações e medições diversas</b>	
<b>Conclusões</b>	<p>O estudo apresentou os seguintes resultados com o consumo de BR (suco de beterraba):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-O custo energético do exercício foi significativamente menor em cada estágio do exercício com BR (~ 8%) ↓.</li> <li>- Melhora do grupo BRJ na eficiência ao caminhar em gradientes de 10% (d = 1,79) ↓, 15% (d = 1,79) ↓ e 20% (d = 1,05) ↓, mas não houve diferenças significativas em outros estágios.</li> <li>-A pressão arterial média em repouso foi ~ 4,1% menor após o consumo de BR em comparação com PLA (d = 1,5) ↓.</li> <li>-O consumo de oxigênio pulmonar (V̇O<sub>2</sub>) médio (~ 18%,) ↓ e no final do estágio (~ 11%) ↓ durante cada estágio do exercício foi menor no BR em comparação com o PLA.</li> </ul> <p>Não houve diferenças significativas em relação à frequência cardíaca, lactato sanguíneo, insulina plasmática e glicose sanguínea entre os grupos.</p>

Fonte: Autoria própria, 2023

BRJ: Suco de beterraba; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Nitrato; PLA: Placebo; VO<sub>2</sub>: Consumo de oxigênio; d: Tamanho do efeito (em inglês, "effect size").

**Quadro 9 - Síntese de artigos sobre praticantes de atividade física**

<b>Pesquisador</b>	<b>Participantes</b>	<b>Métodos</b>	<b>Intervenção</b>	<b>Exercício</b>	<b>Resultados Medidos</b>	<b>Conclusões</b>
<b>Carriker et al. (2018)</b>	9 ciclistas do sexo masculino treinados	RCT cruzado duplo cego e controlado por placebo	BRJ (conteúdo de NR = 12,8mmol) 2,5h pré-exercício	25, 40, 50, 60, 70% de normobaro $\dot{V}O_2$ max na câmara hipobárica a 3500m. 5min ligado, 4min fora	Catalase de 8-iso prostano	Nada em qualquer marcador
<b>Clifford Bell et al. (2016)</b>	30 homens recreativos ativos	RCT paralelo duplo cego e controlado por placebo	INT1: BRJ (conteúdo de NR = ~0,4mmol) INT2: BRJ (conteúdo de NR = ~2,0mmol) total de sete porções em 3 dias, 2/3 porções/dia	100 saltos de queda	MIVC, CMJ, PPT, CK, IL-6, IL-8, TNF $\alpha$	Recuperação aprimorada do BRJ de CMJ e PPT; ND em marcadores sistêmicos
<b>Clifford, Howatson et al. (2017)</b>	30 homens saudáveis	RCT paralelo duplo cego e controlado por placebo	INT1: BRJ (conteúdo de NR = ~3,4mmol) INT2: SN (conteúdo de NR = ~3,4mmol) total de sete porções em 3 dias, 2/3 porções/dia	100 saltos de queda	MIVC, CMJ, PPT, CK, IL-6, IL-8, TNF $\alpha$	Recuperação aprimorada do BRJ de PPT; ND em marcadores sistêmicos
<b>Larsen et al. (2019)</b>	30 homens (18) e fêmeas saudáveis	RCT paralelo e controlado por placebo	BRJ = 350mL (20,5mmol/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (agudo: 24h antes do exercício)	Contrações excêntricas dos músculos dorsiflexores (10 vezes por conjunto, 30s de descanso, até a fadência)	MIVC, PPT, dor muscular (Likert Score)	Nada em qualquer marcador
<b>Waldron et al. (2018)</b>	8 homens praticantes de atividade física	Placebo teste controlado por aleação (BRJ vs. PLACEBO)	BRJ = 350mL (20,5mmol/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (agudo: 24h antes do exercício)	Caminhada intermitente a 3 km/h com gradientes entre 1 e 20% de inclinação	Frequência cardíaca VO <sub>2</sub> Pressão arterial Glicose Potássio Lactate sanguíneo	BRJ aumenta a frequência cardíaca, pressão arterial e recuperação de VO <sub>2</sub>
<b>Husmann et al (2019)</b>	12 homens ativos praticantes de atividade física	Duplo-cego Placebo Teste controlado por aleação (BRJ vs. PLACEBO)	BRJ = 70mL, 6,5mmol/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Crônico: 5 dias antes do exercício)	Contrações isotônicas dinâmicas de umaperna	MVC Classificação do esforço percebido Dor muscular nas pernas Estimulação do nervo periférico	O BRJ melhora a função de contração muscular e a percepção de dor e esforço.
<b>Marshall et al (2021)</b>	12 homens e 10 mulheres ativos das forças armadas	Placebo Teste controlado por aleação (BRJ vs. PLA)	BRJ = 70mL, 12,5mmol/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Crônico: 1 dose/dia, 11 no total)	Expedição militar de alta altitude	SO <sub>2</sub> Frequência Cardíaca Pressão Diastólica Taxa de esforço percebido Doença de alta altitude	BRJ aumenta a velocidade de recuperação da frequência cardíaca

<b>Benjamin et al (2021)</b>	12 homens ativos	Duplo-cego Placebo Teste controlado por randomizado (BRJ vs. PLA)	BRJ = 600mg/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (agudo: 120 minutos antes do exercício)	75% de exercício de força 1RM	Frequência cardíaca variabilidade da frequência cardíaca Pressão arterial	BRJ aumenta a recuperação da frequência cardíaca e da pressão arterial sistólica
------------------------------	------------------	---	--	-------------------------------	---	--

Fonte: Autoria própria, 2023

## b) Atletas amadores

**Quadro 10 - Stander et al. (2021)**

<b>Stander et al., (2021)</b>	
<b>Aspectos</b>	<b>Detalhes</b>
<b>Participantes</b>	31 (♂ = 19, ♀ = 12) corredores de maratona
<b>Desenho do estudo</b>	Ensaio Randomizado-controlado (BRJ vs. PLA)
<b>Protocolo</b>	BRJ = 3,4 mmol/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (imediatamente pós-maratona: 3 × 250 mL, 1o dia pós-maratona: 3 × 250 mL, 2o dia pós-maratona: 1 × 250 mL) e controle = maltodextrina, proteína em pó e abóbora de frutas
<b>Exercício</b>	Maratona – 42km
<b>Mensuração de exercício</b>	-----
<b>Avaliações e medições diversas</b>	-----
<b>Conclusões</b>	Nenhuma diferença encontrada entre os grupos.

Fonte: Autoria própria, 2023

BRJ: Suco de beterraba; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: Nitrato; PLA: Placebo.

**Quadro 11 - Clifford, Berntzen *et al.* (2016)**

<b>Clifford, Berntzen <i>et al.</i> (2016)</b>	
<b>Aspectos</b>	<b>Detalhes</b>
<b>Participantes</b>	20 homens atletas universitários de diversas modalidades em final de temporada
<b>Desenho do estudo</b>	Ensaio clínico randomizado, duplo-cego, controlado por placebo, com delineamento cruzado.
<b>Protocolo</b>	Grupos BTJ e PLA consumiram suco com 0,4 mmol de nitrato/porção. BTJ consumiu 8 porções em 3 dias (2/3 porções/dia) de suco de beterraba. PLA consumiu suco placebo no mesmo esquema.
<b>Exercício</b>	Protocolo RST (Repeated Sprint Test), consistindo em 2 sessões de testes de sprint repetidos (RST1 e RST2), separados por 7 dias.
<b>Mensuração de exercício</b>	CMJ, MIVC e RI medidos em vários momentos (pré-exercício, pós-exercício, 2,5 h, 24 h, 48 h, 72 h e 96 h após cada RST).
<b>Avaliações e medições diversas</b>	PPT em músculos; amostragem de sangue e análise bioquímica (hs-CRP, CK, LOOH, carbonilos de proteína e A <sup>•-</sup> ) nos mesmos momentos que a mensuração do exercício.
<b>Conclusões</b>	<p>Altura do CMJ: BTJ ↑ em comparação com PLA (efeito de grupo). RI: BTJ ↑ em comparação com PLA (efeito de grupo). PPT: diferenças significativas entre os grupos 96 h após RST1.</p> <p>Marcadores bioquímicos: hs-CRP (=), CK (↑ após RST1 e RST2, mas sem diferenças entre os grupos), LOOH (↑ após RST1, mas sem diferenças entre os grupos), carbonils de proteína (=)</p>

Fonte: Autoria própria, 2023

BTJ: Suco de beterraba; PLA: Placebo; RST: Teste de sprint repetido; CMJ: Salto com contração máxima (em inglês, "Countermovement Jump"); MIVC: Contração isométrica voluntária máxima; RI: Índice de fadiga (em inglês, "Fatigue Index"); PPT: Pressão da dor ao limiar (em inglês, "Pain Pressure Threshold"); hs-CRP: Proteína C-reativa altamente sensível; CK: Creatina quinase; LOOH: Hidroperóxidos lipídicos; A<sup>•-</sup>: Ânion superóxido.

**Quadro 12 - Clifford, Allerton *et al.* (2017)**

<b>Clifford, Allerton <i>et al.</i> (2017)*</b>	
<b>Aspectos</b>	<b>Detalhes</b>
<b>Participantes</b>	34 corredores de maratona experientes, incluindo homens e mulheres
<b>Desenho do estudo</b>	Ensaio clínico randomizado, paralelo, duplo-cego e controlado por placebo
<b>Protocolo</b>	Os participantes consumiram suco de beterraba (BRJ) com um conteúdo de nitrato de ~3,4 mmol, totalizando sete porções em 3 dias (2/3 porções por dia).
<b>Exercício</b>	Corrida de maratona
<b>Mensuração de exercício</b>	Contração muscular voluntária isométrica máxima (MIVC) - Salto com contra-movimento (CMJ)
<b>Avaliações e medições diversas</b>	Creatina quinase (CK) - Dor muscular (escala visual analógica, VAS) - Proteína C-reativa (CRP) - Interleucina-6 (IL-6) - Interleucina-8 (IL-8) - Fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ )
<b>Conclusões</b>	Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos em nenhum dos marcadores analisados.

Fonte: Autoria própria, 2023

BRJ: Suco de beterraba; CK: Creatina quinase; MIVC: Contração isométrica voluntária máxima; CMJ: Salto com contra-movimento (em inglês, "Countermovement Jump"); VAS: Escala visual analógica; CRP: Proteína C-reativa; IL-6: Interleucina-6; IL-8: Interleucina-8; TNF- $\alpha$ : Fator de necrose tumoral alfa.

**Quadro 13 - Clifford *et al.* (2018)**

<b>Clifford <i>et al.</i> (2018)</b>	
<b>Aspectos</b>	<b>Detalhes</b>
<b>Participantes</b>	30 homens ativos corredores de maratona
<b>Desenho do estudo</b>	Duplo-cego, Placebo, Ensaio Controlado Randomizado (BRJ vs. PLA)
<b>Protocolo</b>	BRJ = Suco de beterraba contendo 4.0 mmol/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Crônico: 2-3 doses/6 dias, 11 total), enquanto grupo placebo ingere bebida com baixo teor de nitrato
<b>Exercício</b>	Corrida Maratona- 42km
<b>Mensuração de exercício</b>	-----
<b>Avaliações e medições diversas</b>	Espécies reativas de oxigênio (ROS) e dano ao mtDNA
<b>Conclusões</b>	Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos em nenhum dos marcadores analisados.

Fonte: Autoria própria, 2023

BRJ: Suco de Beterraba; PLA: Placebo; mtDNA: Dna Mitocondria

**Quadro 14 - Síntese de artigos sobre praticantes de Atletas Amadores**

<b>Pesquisador</b>	<b>Participantes</b>	<b>Métodos</b>	<b>Intervenção</b>	<b>Exercício</b>	<b>Resultados Medidos</b>	<b>Conclusões</b>
<b>Clifford, Berntzen et al. (2016)</b>	20 homens ativos	RCT paralelo duplo cego e controlado por placebo	BRJ (conteúdos de NR = ~0,4mmol) total de oito porções ao longo de 3 dias, 2/3 porções/dia	2 x RST – 20 sprints de esforço máximo de 30m com recuperação de 30 s. RST1 e RST2 se parados por 72 h	MIVC, CMJ, RSI, PPT, CK, CRP, LOOH, PC, A.-	BRJ melhorou a recuperação de CMJ, RSI e PPT; ND em marcadores sistêmicos
<b>Clifford, Allerton et al. (2017)*</b>	34 corredores experientes e mulheres	RCT paralelo duplo cego e controlado por placebo	BRJ (conteúdos de NR = ~3,4mmol) total de sete porções em 3 dias, 2/3 porções/dia	Maratona	MIVC, CMJ, CK, dor muscular (VAS), CRP, IL-6, IL-8, TNF $\alpha$	Nada em qualquer marcador
<b>Clifford et al. (2018)</b>	30 corredores de maratona saudáveis e homens	RCT paralelo duplo cego e controlado por placebo	BRJ (conteúdos de NR = ~0,4mmol) total de 11 porções em 6 dias, 2/3 porções/dia	Maratona	ROS, danos ao mtDNA	Nada em qualquer marcador
<b>Stander et al., (2021)</b>	19 homens e 12 mulheres ativos corredores	Placebo Teste controlado por randomizado (BRJ vs. PLA)	BRJ = 3,4mmol/NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (imediatamente pós-maratona: 3 x 250mL, 1o dia pós-maratona: 3 x 250mL, 2o dia pós-maratona: 1 x 250mL) CTRL = maltodextrina, proteína em pó e abóbora de frutas	Maratona	Metabólitos (por exemplo, glicerol, arábólito, xilose, $\alpha$ Oleoilglicerol)	Nenhuma diferença encontrada

Fonte: Autoria própria, 2023

### c) Atletas profissionais

Quadro 15 - Daab - *et al.* (2021)

	<b>Daab <i>et al.</i> (2021)</b>
<b>Aspectos</b>	<b>Detalhes</b>
<b>Participantes</b>	13 jogadores de futebol profissionais saudáveis do sexo masculino (futebolistas)
<b>Desenho do estudo</b>	Ensaio controlado randomizado, duplo-cego e controlado por placebo (BRJ vs. PLA)
<b>Protocolo</b>	Suco de beterraba (BRJ) contendo 4,0 mmol/NO <sub>3</sub> - administrado de forma crônica: 2 doses/dia, total de 14 doses
<b>Exercício</b>	Teste intermitente de corrida (Intermittent Shuttle Test)
<b>Mensuração de exercício</b>	-----
<b>Avaliações e medições diversas</b>	Contração isométrica voluntária máxima (MIVC), salto com contramovimento (CMJ), salto em agachamento (Squat Jump), sprint de 20 metros, dor muscular tardia (DOMS), creatina quinase (CK) e proteína C-reativa (CRP)
<b>Conclusões</b>	O suco de beterraba melhora a recuperação do torque isométrico máximo voluntário (↑), salto com contramovimento (↑), salto em agachamento (↑), sprint de 20 metros (↑) e dor muscular de início tardio (↓)

Fonte: Autoria própria, 2023

BRJ: Suco de Beterraba; PLA:Placebo.

A apresentação dos resultados em quadros separados por tipo de praticante facilita a compreensão das diferenças e semelhanças nas aplicações do suco de beterraba para cada público. Ao analisar os estudos selecionados, observa-se a variabilidade dos efeitos e benefícios proporcionados pelo consumo do suco de beterraba, bem como a importância de considerar as especificidades de cada grupo na formulação de recomendações nutricionais e no desenvolvimento de estratégias de otimização do desempenho esportivo.

A análise foi realizada com base em 19 estudos selecionados para leitura na íntegra. Desses, 13 foram considerados adequados para compor a revisão, de acordo com os critérios estabelecidos. O objetivo principal dessa seleção foi incluir todos os artigos que abordassem a utilização do suco de beterraba e sua influência na recuperação do dano/fadiga muscular, garantindo, assim, a qualidade e a relevância dos estudos selecionados para a pesquisa.

Durante o processo de seleção, alguns estudos foram excluídos devido à falta de clareza no delineamento e no protocolo de intervenção apresentados no texto. Além disso, alguns artigos utilizaram a suplementação de citrulina em conjunto com o

suco de beterraba, o que poderia influenciar os resultados e comprometer a análise específica da influência do suco de beterraba na recuperação muscular. A exclusão desses estudos foi fundamental para garantir a confiabilidade e a validade dos resultados obtidos na revisão da literatura.

Ao longo do processo de revisão da literatura, foram selecionados 13 artigos que compõem 100% da base de dados analisada neste estudo. Esses artigos foram categorizados com base no perfil dos participantes e na distribuição de gênero dos indivíduos envolvidos nas pesquisas.

Dentre os 13 artigos selecionados, 8 (61,54%) deles envolvem participantes que praticam atividade física de forma recreativa, ou seja, sem fins competitivos. Essa atividade pode ser considerada como uma prática de lazer e bem-estar. Já em 4 (30,77%) dos artigos, os participantes são atletas amadores, sendo que 3 (23,08%) desses focam em maratonistas e 1 (7,69%) aborda atletas de diversas modalidades universitárias em final de temporada. Apenas 1 (7,69%) dos 13 artigos selecionados trabalha com jogadores de futebol profissionais como seu grupo de pesquisa.

Quanto à distribuição de gênero dos participantes nos estudos, observou-se que 8 (61,54%) dos 13 artigos analisam exclusivamente homens, enquanto os 5 (38,46%) restantes envolvem tanto homens quanto mulheres em suas amostras. Essa análise permite compreender a diversidade dos grupos de pesquisa e fornece uma visão mais ampla dos resultados obtidos em diferentes contextos e populações.

A maioria das evidências encontradas foi baseada em ensaios duplo-cegos, placebo e controlados randomizados ou cegos, todos possuindo um grupo placebo como controle para comparar resultados. Esse desenho de pesquisa minimiza vieses e fornece resultados mais sólidos, contribuindo para a compreensão das temáticas abordadas nos artigos avaliados.

Em relação ao protocolo proposto nos artigos todos possuíam a beterraba como componente indispensável seja como cápsulas, suco ou géis. Dos 13 artigos (100%), 8 artigos (61,5%) abordam a suplementação de forma crônica, enquanto 5 (38,5%) de forma aguda. A maior parte dos artigos utilizaram em seu protocolo o uso da beterraba antes do exercício.

Em relação à prevalência dos exercícios, 23,1% (3 artigos) abordaram maratonas, enquanto 15,4% (2 artigos) trataram de saltos de queda e outros 15,4% (2 artigos) discutiram exercícios de força. Além desses, também foram encontrados, cada um com 7,7% de presença (1 artigo), exercícios como bicicleta ergométrica,



expedição militar, caminhada em subida, sprints repetidos e teste de transporte intermitente.

Além da diversidade de exercícios encontrados nos artigos selecionados, as mensurações e variáveis estudadas também foram amplas, abrangendo aspectos fisiológicos e de desempenho. Dentre as variáveis analisadas, destacam-se pressão arterial, salto com contramovimento (CMJ), contração isométrica voluntária máxima (MIVC) e limiar de dor à pressão (PPT). Outras medidas incluíram frequência cardíaca (FC), pressão arterial sistólica (PAS) e pressão arterial diastólica (PAD), além de índices de variabilidade da frequência cardíaca (VFC).

No que diz respeito à avaliação da performance, os artigos abordaram variáveis como SpO<sub>2</sub>, frequência cardíaca, pressão diastólica, taxa de esforço percebido e doença de alta altitude. Também foram investigados tempo até exaustão, torque voluntário máximo (MVC), percepção de esforço e dor muscular na perna, estímulo do nervo periférico e oxigenação muscular durante o exercício. Outras métricas incluíram controle da intensidade (watts), cadência entre 70 e 90 RPM, monitoramento da frequência cardíaca e pressão arterial, MIVC, PPT e dor muscular (Likert Score), força isométrica voluntária máxima (MIVC), salto com contração máxima (CMJ) e pressão da perna (PPT). Por fim, algumas pesquisas avaliaram frequência cardíaca, VO<sub>2</sub>, pressão arterial, glicose, potássio e lactato sanguíneo, além de CMJ, MIVC e RI medidos em vários momentos (pré-exercício, pós-exercício, 2,5 h, 24 h, 48 h, 72 h e 96 h após cada RST), e a contração muscular voluntária isométrica máxima (MIVC) em conjunto com o salto com contramovimento (CMJ).

As avaliações e medições abordadas nos artigos também incluíram diversos biomarcadores e variáveis relacionadas ao estresse oxidativo, inflamação e dano muscular. Entre os marcadores avaliados, encontram-se a creatina quinase (CK), proteína C-reativa de alta sensibilidade (hs-CRP) e óxido nítrico (NO). Outras métricas analisadas foram nitrito plasmático, 8-isoprastano, catalase plasmática, SaO<sub>2</sub>, frequência cardíaca e escala de percepção de esforço (RPE).

Além disso, alguns estudos investigaram a interleucina-6 (IL-6), interleucina-8 (IL-8) e fator de necrose tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ). O limiar de dor à pressão (PPT) em músculos também foi considerado, juntamente com amostragem de sangue e análise bioquímica (hs-CRP, CK, LOOH, carbonilos de proteína e A $\bullet$ -) nos mesmos momentos em que a mensuração do exercício foi realizada.

A dor muscular foi avaliada utilizando escalas como a visual analógica (VAS), enquanto outros estudos investigaram espécies reativas de oxigênio (ROS) e dano ao mtDNA. Adicionalmente, foram mensuradas variáveis como contração isométrica voluntária máxima (MIVC), salto com contramovimento (CMJ), salto em agachamento (Squat Jump), sprint de 20 metros, dor muscular tardia (DOMS), creatina quinase (CK) e proteína C-reativa (CRP). Essa ampla gama de avaliações e medições destaca a complexidade e a abrangência das pesquisas relacionadas aos efeitos dos diferentes tipos de exercícios sobre o organismo.

Os resultados dos artigos selecionados na revisão da literatura apresentaram uma diversidade de efeitos, com 8 dos 13 artigos (61,5%) demonstrando efeitos positivos dos exercícios e 5 dos 13 (38,5%) não evidenciando diferenças significativas ou apresentando resultados gerais. Entre os estudos com atletas profissionais, apenas um dos artigos selecionados mostrou efeito positivo. No entanto, dos 4 artigos que envolviam atletas amadores, 1 (25%) apresentou efeito positivo. Já em relação aos praticantes de atividade física, 6 dos 9 artigos (66,7%) exibiram resultados positivos, e 3 (33,3%) não mostraram diferença quando comparados ao grupo controle.

Os exercícios que demonstraram melhora incluíram exercícios de força, expedição militar de alta altitude, atividade em bicicleta ergométrica, saltos de queda, caminhada intermitente, teste de sprint e teste intermitente de corrida. As atividades aeróbicas representam 42,9% (3 exercícios) dos exercícios com efeitos positivos, enquanto as atividades anaeróbicas correspondem a 42,9% (3 exercícios) e as atividades intermitentes a 14,3% (1 exercício).

## **5 DISCUSSÃO**

### **5.1 Desafios e Limitações de Pesquisa**

O desafio no desenvolvimento residia em localizar e sistematizar os artigos disponíveis, uma vez que são escassos e caracterizados pela heterogeneidade em termos de desenho do estudo, grupos analisados e intervenções realizadas. Essa diversidade dificulta a comparação entre os estudos e a obtenção de conclusões mais definitivas, devido às diferenças nos métodos de intervenção, duração, grupos de controle e avaliação, além da variabilidade nos critérios de inclusão e exclusão dos participantes.

A avaliação das métricas de atividade aeróbica e anaeróbica e sua correlação com os níveis de atividade física é uma tarefa complexa e desafiadora, que exige um alto grau de precisão e rigor. As atividades aeróbicas e anaeróbicas envolvem diferentes sistemas energéticos e têm efeitos distintos sobre o corpo, o que pode dificultar a comparação direta de suas métricas. Além disso, a intensidade, duração e tipo de atividade física podem variar amplamente entre os indivíduos, tornando difícil estabelecer correlações claras e significativas.

A necessidade de rigor estatístico na realização dessas avaliações não pode ser subestimada. Isso envolve a padronização dos protocolos de teste, e a aplicação de métodos estatísticos robustos para analisar os dados. Portanto, embora seja possível correlacionar as métricas de atividade aeróbica e anaeróbica com os níveis de atividade física, isso requer uma abordagem meticulosa para garantir a validade e a confiabilidade dos resultados.

## **5.2 Efeitos e Benefícios do Suco de Beterraba na Recuperação Muscular e Cardiovascular**

Aproximadamente 61,5% dos estudos analisados apresentaram resultados positivos quanto ao uso do suco de beterraba na recuperação muscular, enquanto cerca de 38,5% não demonstraram benefícios significativos. Diante desses dados, é difícil estabelecer uma conclusão categórica sobre o papel do suco de beterraba na recuperação muscular. No entanto, é importante destacar que o suco de beterraba é rico em nitrato e tem sido associado a respostas anti-inflamatórias, antioxidantes e de biogênese mitocondrial, que auxiliam na recuperação muscular.

A análise mostrou que o consumo de suco de beterraba melhorou significativamente diversos aspectos relacionados à recuperação muscular, como torque isométrico máximo voluntário, salto com contramovimento, salto em agachamento, sprint de 20 metros e redução da dor muscular de início tardio. Estes benefícios podem ser atribuídos à capacidade do suco de aumentar a biodisponibilidade de óxido nítrico no organismo, melhorando a função muscular e a resposta inflamatória. Contudo, a extensão desses benefícios varia entre os estudos, indicando a necessidade de mais pesquisas para determinar as condições ideais de aplicação.

A revisão também destacou efeitos benéficos do suco de beterraba nas respostas cardiovasculares [37], incluindo redução da pressão arterial sistólica e diastólica, melhora da perfusão muscular e aumento da conformidade vascular. Além disso, o suco de beterraba aumentou a recuperação da frequência cardíaca e da pressão arterial sistólica após o exercício, possivelmente devido à melhora na função endotelial e na vasodilatação [38,39]. No entanto, os resultados variam entre os estudos, sugerindo que outros fatores, como a dose e a duração da suplementação, podem influenciar os efeitos cardiovasculares.

Outro aspecto observado foi a associação da suplementação com suco de beterraba à melhora da eficiência muscular contrátil e à redução da percepção de esforço e dor muscular [40]. No entanto, não foi observada melhora significativa nos biomarcadores sistêmicos de inflamação e dano muscular (CK, IL-6, IL-8, TNF- $\alpha$ ) [41] entre os grupos que ingeriram suco de beterraba e aqueles que tomaram placebo. Esses resultados variáveis sugerem a necessidade de mais estudos para confirmar essas associações e compreender melhor os mecanismos subjacentes.

A dosagem e a duração da suplementação com suco de beterraba são fatores importantes a serem considerados ao avaliar seu efeito na recuperação da fadiga relacionada ao exercício. A revisão examinou os efeitos de diferentes doses e durações de suplementação, constatando que a recuperação do desempenho de salto foi significativamente aprimorada no grupo com alto teor de nitrato. Entretanto, as diferenças entre suplementação aguda e crônica, bem como as dosagens ideais baseadas no peso do atleta, ainda precisam ser investigadas, já que os estudos apresentam resultados variáveis.

As limitações desta revisão incluem a heterogeneidade dos participantes, protocolos de exercício e dosagem, o que dificulta a interpretação dos resultados. Além disso, a falta de controle sobre variáveis externas, como alimentação, sono e fatores emocionais, pode ter influenciado os resultados obtidos nos estudos analisados.

### **5.3 Recomendações para Pesquisas Futuras**

Para aprimorar o conhecimento nesta área, pesquisas futuras devem incluir um maior número de participantes, investigar doses ideais de suco de beterraba e explorar interações com outras estratégias de recuperação. Estudos adicionais também podem

focar em entender os mecanismos subjacentes pelos quais o suco de beterraba afeta a recuperação muscular e identificar populações específicas que podem se beneficiar mais da suplementação com suco de beterraba. Além disso, estudos longitudinais e randomizados controlados com amostras diversificadas e representativas são necessários para fortalecer a base de evidências.

Os resultados da revisão sugerem que o uso de suco de beterraba pode ser benéfico tanto para esportes aeróbicos quanto anaeróbicos. As aplicações práticas incluem a personalização das doses de suco de beterraba com base no peso do atleta e a consideração da duração da suplementação (aguda x crônica) ao planejar estratégias de recuperação. No entanto, é importante tomar precauções ao utilizar suco de beterraba, considerando possíveis contraindicações ou interações medicamentosas, e consultar um profissional de saúde antes de iniciar a suplementação.

#### **5.4 Aplicações**

Em resumo, embora haja resultados positivos associados ao uso do suco de beterraba na recuperação muscular, é necessário cautela na interpretação dos resultados e consideração das limitações dos estudos analisados. Considerando as limitações indicadas acima, pode ser recomendado o uso do NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em esportes aeróbicos e anaeróbicos, aguda ou cronicamente. Quando uma estratégia de ingestão aguda é usada, as ingestões devem ser relativamente altas (12–20 mmol de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), e quando uma estratégia de ingestão crônica é usada, ela deve ser caracterizada por baixas ingestões (3,5–12 mmol de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Entretanto, mais pesquisas são necessárias para determinar as condições ideais de aplicação e esclarecer os mecanismos subjacentes pelos quais o suco de beterraba promove a recuperação muscular. Contudo, os achados até o momento indicam que o suco de beterraba tem potencial para ser um auxiliar eficaz na recuperação muscular após exercícios aeróbicos e anaeróbicos, desde que sejam respeitadas as orientações de um profissional de saúde e consideradas possíveis contraindicações ou interações medicamentosas.

## **6 CONCLUSÕES**

A literatura analisada sugere que a adição de suco de beterraba na dieta pode auxiliar na recuperação do dano e fadiga muscular em atletas profissionais, amadores

e indivíduos que praticam atividades físicas recreativas, demonstrando efeitos benéficos em diversas métricas fisiológicas e de desempenho. No entanto, é crucial levar em conta as restrições dos estudos avaliados e a variabilidade dos resultados ao interpretar as descobertas. Pesquisas futuras devem focar em preencher as lacunas no conhecimento atual, elucidar os mecanismos responsáveis pelo impacto do suco de beterraba na recuperação muscular e examinar a viabilidade dessa abordagem em distintos cenários esportivos e grupos populacionais.

## REFERÊNCIAS

- [1] BORGES, Bruna da Silva Luz *et al.* **Efeitos do uso de Nitrato de Beterraba como Suplementação na Dieta de Atletas de Alto Rendimento.** [S.l.: s.n.]. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/20605/1/TCC%20-%20Nitrato.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2023.
- [2] LUNDBERG, Jon O. *et al.* Nitrate and nitrite in biology, nutrition and therapeutics. **Nature Chemical Biology**, [S.l.], v. 5, n. 12, p. 865–869, dez. 2009.
- [3] GAMONALES, José M. *et al.* Effectiveness of Nitrate Intake on Recovery from Exercise-Related Fatigue: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S.l.], v. 19, n. 19, p. 12021, set. 2022.
- [4] GANGOLLI, Sharat D. *et al.* Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. **European Journal of Pharmacology**, [S.l.], v. 292, n. 1, p. 1–38, nov. 1994.
- [5] TRICKER, A. R.; PREUSSMANN, R. Carcinogenic N-nitrosamines in the diet: occurrence, formation, mechanisms and carcinogenic potential. **Mutation Research/Genetic Toxicology**, [S.l.], v. 259, n. 3-4, p. 277–289, mar./abr. 1991.
- [6] BENJAMIN, N. *et al.* Stomach NO synthesis. **Nature**, [S.l.], v. 368, n. 6471, p. 502, abr. 1994.
- [7] LUNDBERG, Jon O.; WEITZBERG, Eddie; GLADWIN, Mark T. The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. **Nature reviews. Drug discovery**, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 156-167, fev. 2008.
- [8] LARSEN, F. J. *et al.* Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. **Acta Physiologica**, [S.l.], v. 191, n. 1, p. 59-66, set. 2007.
- [9] ANDRADE, Francisco H. *et al.* Effect of nitric oxide on single skeletal muscle fibres from the mouse. **The Journal of Physiology**, [S.l.], v. 509, n. 2, p. 577-586, jun. 1998.

- [10] JÄDERT, Cecilia *et al.* Decreased leukocyte recruitment by inorganic nitrate and nitrite in microvascular inflammation and NSAID-induced intestinal injury. **Free Radical Biology and Medicine**, [S./], v. 52, n. 3, p. 683-692, fev. 2012.
- [11] TIDBALL, James G. Inflammatory processes in muscle injury and repair. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, [S./], v. 288, n. 2, p. R345-R353, fev. 2005.
- [12] CHAZAUD, Bénédicte *et al.* Dual and beneficial roles of macrophages during skeletal muscle regeneration. **Exercise and sport sciences reviews**, [S./], v. 37, n. 1, p. 18-22, jan. 2009.
- [13] TOUMI, H.; BEST. T. The inflammatory response: friend or enemy for muscle injury? **British Journal of Sports Medicine**, [S./], v. 37, n. 4, p. 284-286, ago. 2003.
- [14] HOWATSON, Glyn; VAN SOMEREN, Ken A. The Prevention and Treatment of Exercise-induced Muscle Damage. **Sports Medicine**, [S./], v. 38, n. 6, p. 483-503, out. 2008.
- [15] VANHATALO, Anni *et al.* Dietary nitrate accelerates postexercise muscle metabolic recovery and O<sub>2</sub> delivery in hypoxia. **Journal of Applied Physiology**, [S./], v. 117, n. 12, p. 1460-1470, dez. 2014.
- [16] LARSEN, Filip J. *et al.* Dietary Inorganic Nitrate Improves Mitochondrial Efficiency in Humans. **Cell Metabolism**, [S./], v. 13, n. 2, p. 149-159, fev. 2011.
- [17] VIDAL, Pedro J. *et al.* Inactivation of lipoxygenase and cyclooxygenase by natural betalains and semi-synthetic analogues. **Food Chemistry**, [S./], v. 154, p. 246-254, jul. 2014.
- [18] WOOTTON-BEARD, Peter C. *et al.* Effects of a beetroot juice with high neobetanin content on the early-phase insulin response in healthy volunteers. **Journal of Nutritional Science**, [S./], v. 3, e. 9, abr. 2014.
- [19] KRAJKA-KUŹNIAK, Violetta *et al.* Betanin, a beetroot component, induces nuclear factor erythroid-2-related factor 2-mediated expression of detoxifying/antioxidant enzymes in human liver cell lines. **British Journal of Nutrition**, [S./], v. 110, n. 12, p. 2138-2149, jun. 2013.
- [20] MENEZES, Eduardo F. *et al.* Potential Benefits of Nitrate Supplementation on Antioxidant Defense System and Blood Pressure Responses after Exercise Performance. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, [S./], v. 2019, p. e7218936, mar. 2019.
- [21] CARRIKER, Colin R. *et al.* Acute dietary nitrate supplementation does not attenuate oxidative stress or the hemodynamic response during submaximal exercise in hypobaric hypoxia. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, [S./], v. 43, n. 12, p. 1268-1274, dez. 2018.

- [22] CLIFFORD, Tom *et al.* The effects of beetroot juice supplementation on indices of muscle damage following eccentric exercise. **European Journal of Applied Physiology**, [S.I.], v. 116, n. 2, p. 353-362, nov. 2015.
- [23] CLIFFORD, Tom *et al.* Effects of Beetroot Juice on Recovery of Muscle Function and Performance between Bouts of Repeated Sprint Exercise. **Nutrients**, [S.I.], v. 8, n. 8, p. 506, ago. 2016.
- [24] CLIFFORD, Tom *et al.* Minimal muscle damage after a marathon and no influence of beetroot juice on inflammation and recovery. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme**, [S.I.], v. 42, n. 3, p. 263-270, mar. 2017.
- [25] CLIFFORD, Tom *et al.* The plasma bioavailability of nitrate and betanin from *Beta vulgaris rubra* in humans. **European Journal of Nutrition**, [S.I.], v. 56, n. 3, p. 1245-1254, fev. 2016.
- [26] CLIFFORD, Tom *et al.* Minimal muscle damage after a marathon and no influence of beetroot juice on inflammation and recovery. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme**, [S.I.], v. 42, n. 3, p. 263-270, mar. 2017.
- [27] CLIFFORD, Tom *et al.* The effects of beetroot juice supplementation on indices of muscle damage following eccentric exercise. **European Journal of Applied Physiology**, [S.I.], v. 116, n. 2, p. 353-362, nov. 2015.
- [28] CLIFFORD, Tom *et al.* Antioxidant-rich beetroot juice does not adversely affect acute neuromuscular adaptation following eccentric exercise. **Journal of Sports Sciences**, [S.I.], v. 35, n. 8, p. 812-819, jun. 2016.
- [29] CLOSE, Graeme L. *et al.* The emerging role of free radicals in delayed onset muscle soreness and contraction-induced muscle injury. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, [S.I.], v. 142, n. 3, p. 257-266, nov. 2005.
- [30] LARSEN, Ryan G. *et al.* Impaired microvascular reactivity after eccentric muscle contractions is not restored by acute ingestion of antioxidants or dietary nitrate. **Physiological Reports**, [S.I.], v. 7, n. 13, jul. 2019.
- [31] MENEZES, Eduardo F. *et al.* Potential Benefits of Nitrate Supplementation on Antioxidant Defense System and Blood Pressure Responses after Exercise Performance. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, [S.I.], v. 2019, p. e7218936, mar. 2019.
- [32] STANDER, Zinandr  *et al.* Beetroot juice - a suitable post-marathon metabolic recovery supplement? **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, [S.I.], v. 18, n. 1, dez. 2021.



- [33] MARSHALL, Anna R. *et al.* Marching to the Beet: The effect of dietary nitrate supplementation on high altitude exercise performance and adaptation during a military trekking expedition. **Nitric Oxide**, [S./], v. 113-114, p. 70-77, set. 2021.
- [34] BENJAMIM, Cicero Jonas R. *et al.* Beetroot (Beta Vulgaris L.) Extract Acutely Improves Heart Rate Variability Recovery Following Strength Exercise: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Crossover Trial-Pilot Study. **Journal of the American College of Nutrition**, [S./], v. 40, n. 4, p. 307-316, maio 2020.
- [35] GAMONALES, José M. *et al.* Effectiveness of Nitrate Intake on Recovery from Exercise-Related Fatigue: A Systematic Review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S./], v. 19, n. 19, p. 12021, jan. 2022.
- [36] SILVESTRE, Matheus Crippa; FREITAS, **Marcelo Conrado de.** **Suplementação e Fitoterapia Esportiva: bioquímica e aplicações práticas.** São Miguel do Iguaçu: Uniguaçu, 2007.
- [37] VANHATALO, Anni *et al.* Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, [S./], v. 299, n. 4, p. 1121-1131, ago. 2010.
- [38] MITCHELL, Jere H.; KAUFMAN, Marc P.; IWAMOTO, Gary A. The exercise pressor reflex: its cardiovascular effects, afferent mechanisms, and central pathways. **Annual review of physiology**, [S./], v. 45, n. 1, p. 229-242, 1983.
- [39] CORNELISSEN, Veronique A.; SMART, Neil A. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. **Journal of the American heart association**, [S./], v. 2, n. 1, p. e004473, 2013.
- [40] BAILEY, Stephen J. *et al.* Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. **Journal of applied physiology**, [S./], v. 109, n. 1, p. 135-148, 2010.
- [41] LEE, Elaine C. *et al.* Biomarkers in sports and exercise: tracking health, performance, and recovery in athletes. **Journal of strength and conditioning research**, [S./], v. 31, n. 10, p. 2920, 2017.