

Efeito ergogênico da suplementação do suco de beterraba no exercício físico

Ergogenic effect of beet juice supplementation on physical exercise

Efecto ergogénico de la suplementación de jugo de remolacha en el ejercicio físico

Recebido: 13/06/2022 | Revisado: 20/06/2022 | Aceito: 21/06/2022 | Publicado: 02/07/2022

Isabella Vitória Peixoto Caixeta

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1601-2140>
Centro Universitário de Brasília, Brasil
E-mail: isapeixoto@sempreceub.com

Barbara da Silva Caminho

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5036-6789>
Centro Universitário de Brasília, Brasil
E-mail: barbara.sc@sempreceub.com

Dayanne da Costa Maynard

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9295-3006>
Centro Universitário de Brasília, Brasil
E-mail: dayanne.maynard@ceub.edu.br

Michele Ferro de Amorim Cruz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0387-1509>
Centro Universitário de Brasília, Brasil
E-mail: micheleferro.ac@gmail.com

Resumo

A beterraba é altamente rica em substâncias químicas importantes e se destaca pela alta concentração de vitaminas do complexo B e diversos nutrientes. Em suas substâncias químicas a beterraba apresenta alta concentração de nitrato inorgânico (NO_3), uma substância utilizada como suplementação ergogênica quando relacionada a tratamentos terapêuticos, sendo um sinalizador fisiológico multifuncional, essencial para a função da saúde e vascular. Nosso corpo quando submetido a um estímulo tende a sair do seu estado homeostático, e o componente químico presente na beterraba, o nitrato, será o responsável por ativar um efetivo vasodilatação, devido a conversão do nitrato em óxido nítrico. O objetivo do presente estudo será analisar em artigos científicos, que relacionam o efeito da suplementação com suco de beterraba como pré treino, na melhora no desempenho de praticantes de exercício físicos, e os efeitos do uso do suco de beterraba como uma estratégia de suplementação para resistência cardiorrespiratória, como também para entender outros possíveis benefícios aliados ao seu uso no que diz respeito ao efeito vasodilatador, fornecendo maior aporte de oxigênio ao músculo, fadiga muscular.

Palavras-chave: Nitrato inorgânico; Praticantes de atividade física; Suplementação ergogênica; Ventilometria.

Abstract

Beetroot is highly rich in important chemicals and stands out for its high concentration of B vitamins and various nutrients. In its chemical substances, beet has a high concentration of inorganic nitrate (NO_3), a substance used as an ergogenic supplement when related to therapeutic treatments, being a multifunctional physiological signal, essential for health and vascular function. Our body, when subjected to a stimulus, tends to leave its homeostatic state, and the chemical component present in beets, nitrate, will be responsible for activating an effective vasodilation, due to the conversion of nitrate into nitric oxide. The objective of the present study will be to analyze in scientific articles, which relate the effect of supplementation with beetroot juice as a pre-workout, in improving the performance of physical exercise practitioners, and the effects of using beetroot juice as a supplementation strategy for cardiorespiratory resistance, as well as to understand other possible benefits allied to its use with regard to the vasodilator effect, providing greater oxygen supply to the muscle, muscle fatigue.

Keywords: Inorganic nitrate; Physical activity practitioners; Ergonomic supplementation; Ventilometry.

Resumen

La remolacha es muy rica en importantes sustancias químicas y destaca por su alta concentración de vitaminas del complejo B y diversos nutrientes. En sus sustancias químicas, la remolacha tiene una alta concentración de nitrato inorgánico (NO_3), sustancia utilizada como suplemento ergogénico cuando se relaciona con tratamientos terapéuticos, siendo una señal fisiológica multifuncional, esencial para la salud y la función vascular. Nuestro organismo, cuando se somete a un estímulo, tiende a salir de su estado homeostático, y el componente químico presente en la remolacha, el nitrato, será el encargado de activar una vasodilatación eficaz, debido a la conversión del nitrato en óxido nítrico. El objetivo del presente estudio será analizar en artículos científicos, que relacionen el efecto de la suplementación con

jugo de remolacha como pre-entrenamiento, en la mejora del rendimiento de los practicantes de ejercicio físico, y los efectos del uso del jugo de remolacha como estrategia de suplementación para resistencia cardiorrespiratoria, así como comprender otros posibles beneficios aliados a su uso en cuanto al efecto vasodilatador, proporcionando mayor aporte de oxígeno al músculo, fatiga muscular.

Palabras clave: Nitrato inorgánico; Practicantes de actividad física; Suplementación ergogénica; Ventilometría.

1. Introdução

A espécie beta *vulgaris* é uma hortaliça que constitui um grupo de plantas pertencente à família quenopodiácea. A produção desta planta é bienal, originária de regiões europeias e norte africanas, onde a parte comestível é uma parte tuberosa, com sabor intensamente doce, sua pigmentação vermelha arroxeada em sua raiz tuberosa se dá pela presença da substância betalaína. Altamente rica em substâncias químicas importantes, a beterraba se destaca pela alta concentração de vitaminas do complexo B e nutrientes, sódio, potássio, ferro, zinco e cobre (Alves *et al.*, 2008).

Em suas substâncias químicas a beterraba apresenta em sua composição alta concentração de nitrato inorgânico (NO₃), essa substância é utilizada como suplementação ergogênica quando relacionada a tratamentos terapêuticos. O NO₃ é um sinalizador fisiológico multifuncional, essencial para a função da saúde e vascular, a síntese do NO₃ é dada através do catabolismo L-arginina por meio da enzima NO sintase, e a suplementação de arginina demonstrou elevar os níveis de nitrato no organismo (Lehninger, 2002).

Trata-se de uma substância ideal para terapias de suplementação exógena visto que estudos em humanos saudáveis, o aumento da biodisponibilidade de NO₃ apresentou benefícios ergogênicos, especialmente em condições de atividade física de alta intensidade, que dependem da ativação muscular das fibras glicolíticas rápidas (Woessner *et al.*, 2018).

O suco de beterraba tem sido bastante utilizado como suplementação complementar nutricional, na prática de exercícios físicos, O nitrato inorgânico que está presente no suco de beterraba é produzido por bactérias orais e reduzido a nitrito no organismo, e posteriormente este será reduzido a NO, possibilitando assim a sua atuação benéfica relacionada a pressão arterial e melhora do fluxo sanguíneo, especialmente em situações onde a quantidade de oxigênio transportada para os tecidos do corpo é insuficiente, desta forma, o suco de beterraba tem apresentado melhora no rendimento do exercício físico (Petrie *et al.*, 2017).

A produção de NO₃ é representada pela síntese de óxido nítrico derivada da oxidação de arginina, apresenta funções hemodinâmicas e metabólicas significativas. Estudos posteriores demonstram que o NO₃ atua como um imunomodulador e estimula a expressão gênica e a biogênese mitocondrial, atuando também como um importante vasodilatador que eleva o fluxo sanguíneo, impulsiona o transporte de oxigênio e melhora a captação de glicose nos músculos (Dominguez *et al.*, 2017)

O NO₃ promove melhora do processo de relaxamento e contração muscular. Devido aos diversos efeitos positivos do NO₃ no organismo humano, esse suplemento é proposto como parte da abordagem terapêutica em atletas, de modo a melhorar o desempenho do exercício físico no que diz respeito à resistência cardiorrespiratória, função muscular e melhora do metabolismo aeróbio (Woessner *et al.*, 2018).

A atividade física inclui uma ampla gama de atividades diárias, que envolvem qualquer movimento corporal onde se realiza a contração músculo esquelético que fundamentalmente aumenta o gasto energético. A *American College of Sports Medicine* (ACSM) recomenda que o indivíduo adulto acumule 30 minutos ou mais de realização de atividade física em intensidade moderada diariamente da semana para a população em geral, com base em evidências que essa categoria de atividade promove a saúde sendo útil para a prevenção e tratamento de diferentes tipos de doenças (Nelson *et al.*, 2007).

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo analisar por meio de uma revisão de literatura, com base na busca em artigos científicos, que relacionam o efeito da suplementação com suco de beterraba como pré treino, na melhora no desempenho de praticantes de exercício físicos efeitos do uso do suco de beterraba como uma estratégia de suplementação para

resistência cardiorrespiratória, como também para entender outros possíveis benefícios aliados ao seu uso no que diz respeito ao efeito vasodilatador, fornecendo maior aporte de oxigênio ao músculo, fadiga muscular, após a suplementação com suco de beterraba.

2. Metodologia

2.1 Desenho do estudo

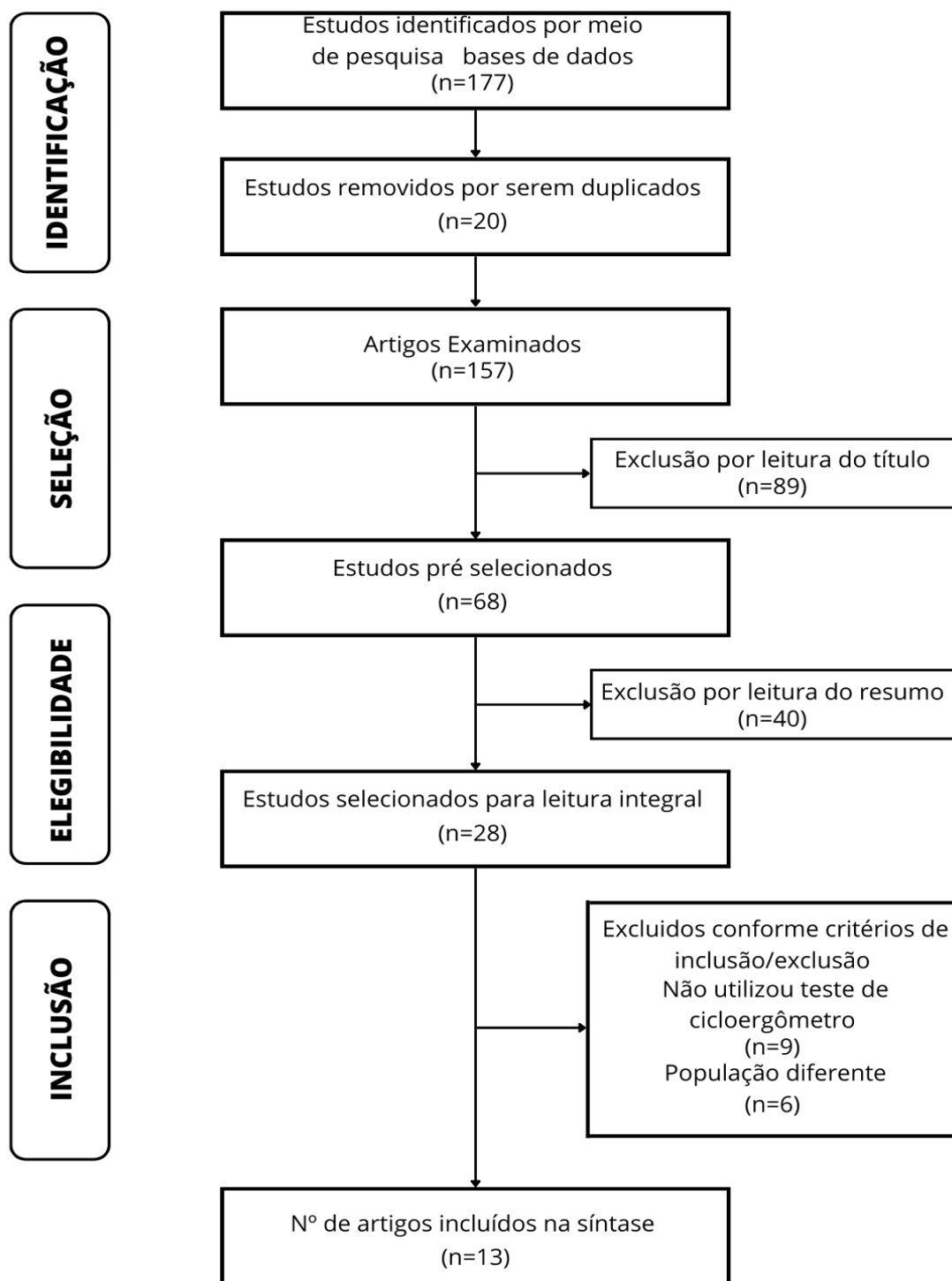
Trata-se de um estudo de revisão de literatura

2.2 Coleta de dados

Para a realização da coleta de dados do presente estudo foi realizada busca em março de 2022 nas bases de dados, web of Science, PubMed, EBSCO e na Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), com uma limitação de período de 10 anos, nas línguas portuguesa e inglesa, com determinada estratégia de estrutura de busca que combinou o uso de diversas variações de palavras-chaves (Suco de Beterraba, Atividade Física, Suplementação e Aumento de Performance), (Beetroot, Physical Activity, Dietary Supplement e Performance Enhancing), todas cadastradas nos Descritores de Ciências da Saúde (Decs), sendo incluído seus respectivos operadores booleanos para identificar os registros em cada banco de dados. Foram analisados todos os trabalhos publicados que se apresentaram dentro do período de 2012 a 2022.

Na fase inicial do estudo, ao realizar filtragem a partir dos títulos e resumos, registros irrelevantes, estudos realizados em animais, revisões e artigos de conferências foram excluídos, logo após foram excluídas as duplicatas, na terceira etapa foram excluídos aqueles artigos que não utilizaram a suplementação com suco de beterraba, e artigos que não apresentavam a população em questão a ser analisada. Foram também excluídos aqueles que não realizaram nenhum tipo de teste cardiorrespiratório. Para avaliar a elegibilidade dos estudos, foi revisado independentemente os registros de cada um para que aqueles escolhidos se encaixassem nos critérios iniciais de inclusão e exclusão, e após realizar análise dos textos completos foram escolhidos para extração de dados (Figura 1).

Figura 1: Fluxograma do levantamento de dados realizados para a presente revisão. Brasília-DF, 2022.



Fonte: Elaboração dos autores.

3. Resultados e Discussão

Relação do óxido nítrico com a vasodilatação

O óxido nítrico (NO) é uma molécula inorgânica, gasosa, a qual em circunstâncias habituais de pressão e temperatura é avaliado como incolor, moderadamente solúvel em água, e com um pequeno tempo de meia vida. Este, apresenta

em sua composição um elétron ímpar na sua última camada, que o torna uma molécula iônica fortemente reativa, capaz de se conciliar com as moléculas de oxigênio, e outros metais de transição, entre estes, o ferro. Conhecido por ser um radical livre, de acordo com o ambiente em que se encontra pode ser classificado como agente antioxidante, tanto como agente redutor. Por sua forte característica reativa com o ferro, o NO é capaz de se unir à hemoglobina, uma proteína classificada como uma metalo-proteínas (proteínas com íons metálicos em sua estrutura) (Agrícola *et al.*, 2017).

A síntese de NO se dá a partir do nitrogênio da guanidina existente na L-arginina perante a intervenção catalítica da enzima óxido nítrico sintase (NOS) constituindo agrupamentos equimolares de L-citrulina. (conforme ilustrado na figura 2). É fundamental que uma enzima seja acionada, para que ocorra o processo da síntese de NO. Essa enzima, denominada como Óxido nítrico sintase (NOS) é subdividida em duas isoformas: a isoforma induzível e a constitutiva (Lehninger, 2002).

Figura 2. Diagrama ilustrativo da síntese do NO, a partir da fisiologia da arginina, pelo estímulo da enzima Óxido Nítrico Sintase (NOS). Adaptado de ZAGO, 2006. Brasília- DF, 2022.



Fonte: Elaboração dos autores.

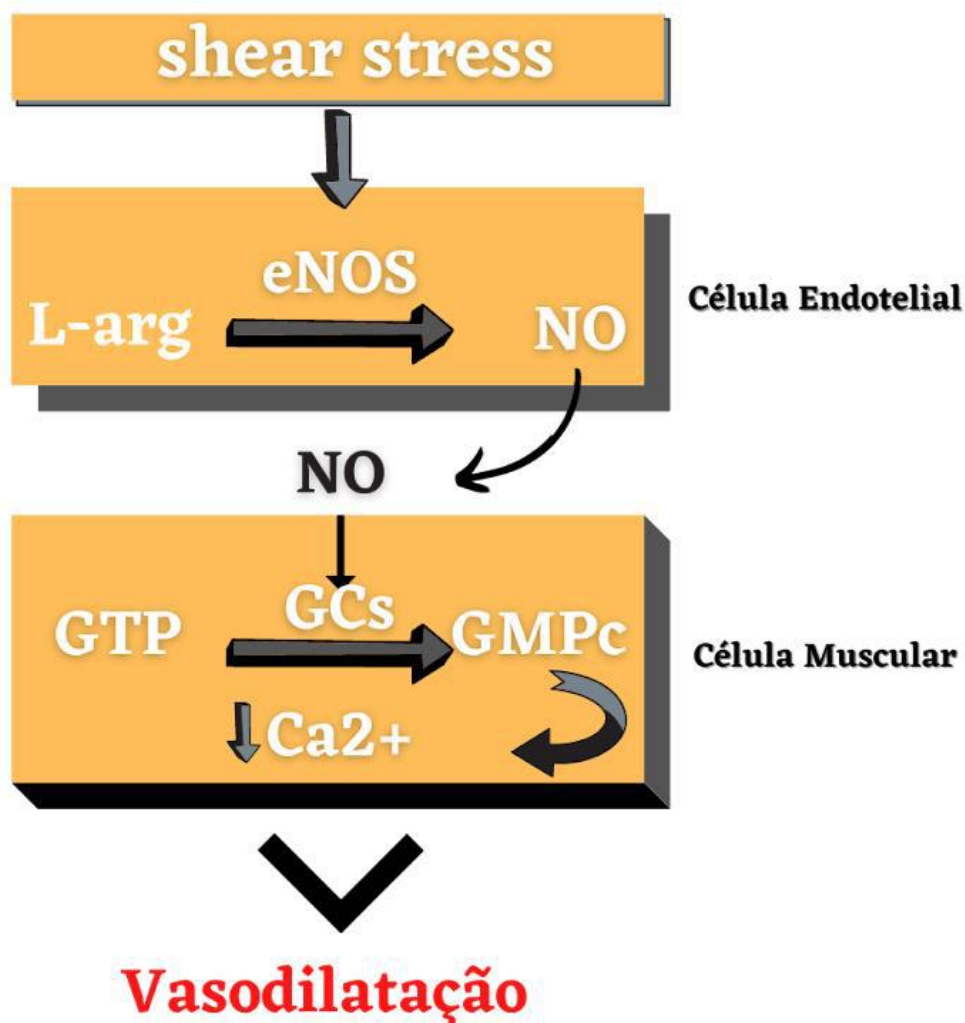
Tratando-se das isoformas, ambas estão presentes nas células e podem ser propiciadas por uma série de reações químicas que dependem ou não de íons de cálcio (Ca^{2+}) nas células endoteliais. As isoformas constitutivas são classificadas também em endoteliais (eNOS), e neuronal (nNOS). É por meio de estímulos químicos e físicos que ocorrem a ativação da Óxido Nítrico Sintase (NOS), de modo que, os estímulos químicos dependem de fatores exógenos e endógenos por meio de receptores próprios das células endoteliais, como a acetilcolina, o ATP e a bradicinina (Zago & Zanesco, 2006).

Já o estímulo físico, por sua vez, se dá pela pressão que o sangue executa nas paredes das artérias, intitulada como *shear stress* ou força de cisalhamento. Os canais iônicos, as proteínas G, as enzimas do grupo das proteínas quinases e fosfatases são ativados sem desvios por meio de mecanorreceptores presentes nas células endoteliais, e estes, vão viabilizar a geração de posteriores mensageiros, ocasionando em uma cascata bioquímica, incluindo os íons de cálcio, e consequentemente na vasodilatação (Boo & Joo, 2003; Boo, 2003).

A liberação do NO, é mediada por um estímulo do endotélio quando ocorre uma força de cisalhamento nas paredes das artérias devido a prática de exercício físico, que corrobora em um aumento do fluxo sanguíneo para a musculatura esquelética. A eNOS por sua vez, regula a formação do NO, e esta ocorre em virtude de uma maior concentração de Ca^{2+} no interior das células endoteliais. Para que ocorra uma contração do músculo liso é necessário que haja uma ligação entre o cálcio e a calmodulina, com o objetivo de acionar a eNOS (Viaro *et al.*, 2000).

Após a propagação do NO no citoplasma das células da musculatura lisa, este irá se ligar a guanilato ciclase solúvel (GCs) que tem por resultado a formação do monofosfato de guanosina cíclico (GMPc), produto da quebra do trifosfato de guanosina (GTP), este segundo mensageiro tem por atividade inibir a liberação de Ca^{2+} , e neste processo, com a quantidade de Ca^{2+} reduzida, impossibilitando o ato da fusão entre calmodulina e cálcio, ocorre por consequência a vasodilatação, devido ao relaxamento do músculo liso vascular (conforme ilustrado na figura 3) (Rodrigues *et al.*, 2013).

Figura 3 Figura ilustrativa da síntese, liberação e ação do NO e o papel da eNOS na sua produção. Adaptado de Zago, 2006. 2006. Brasília- DF, 2022.



Fonte: Elaboração dos autores.

A importância da vasodilatação para melhora da performance esportiva

Nosso corpo, quando exposto a diferentes estímulos, responde de diversas maneiras fisiológicas que são consequências de uma apropriação hemodinâmica, tais como a redução da frequência cardíaca de repouso, e adaptações estruturais, a qual depende da intensidade do estímulo. Sendo que, o sistema cardiovascular será um dos principais sistemas a ser estimulado fisiologicamente pelo exercício físico (Azevedo, 2011).

Quando um estímulo é iniciado, mediante a prática de exercício físico, o corpo humano diante do incremento das demandas metabólicas, busca assim, um estado de homeostase. Aumentando o débito cardíaco, proporcional ao aumento da pressão arterial sistólica (PAS), realizando uma melhor distribuição do fluxo sanguíneo, e o aumento da perfusão circulatória para os músculos em atividade, (Monteiro *et al.*, 2004).

A eficácia do recurso vasodilatador dos músculos é uma resposta à pressão arterial diastólica, que aumenta à medida que a densidade capilar local se expande. A resistência ao fluxo sanguíneo diminui em razão do estímulo iniciado pelo exercício físico, alcançando um mínimo por volta de 75% do VO₂ máximo. Tendo em vista que, a reação vasodilatadora do músculo esquelético será compensada pela vasoconstrição, (Silverthorn *et al.*, 2003).

Nota-se que devido ao corpo humano ser submetido a adaptações respiratórias e cardiovasculares, atendendo à necessidade aumentada dos músculos ativos, em virtude de um estímulo, o exercício físico. E ao passo que essas adaptações sucedem por diversas vezes, o músculo torna-se sujeito a mais alterações o que leva a uma melhora no desempenho físico, e os recursos metabólicos e fisiológicos atuam potencializando o fornecimento de oxigênio pelos tecidos ativos, devido a solicitação muscular, (Forjaz *et al.*, 2011).

Estudos acerca da utilização do suco de beterraba e melhora da vasodilatação

Após a utilização dos descritores para busca nas bases de dados escolhidas, assim como a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 13 artigos foram selecionados para fazer parte desse estudo. Na Tabela 1, está registrado a metodologia e resultados de cada estudo incluso no presente trabalho. Os artigos participantes procuraram demonstrar a relação entre a suplementação do suco de beterraba rico em nitrato, com a melhora no desempenho físico relacionado ao mecanismo vasodilatador, marcados a partir da realização de um teste de cicloergômetro.

As características dos 13 estudos incluídos nesta revisão, estão representados na tabela 1. Foram incluídos um total de 193 participantes, sendo reportados que as intervenções utilizaram uma média de 70mL de suco de beterraba rico em NO, e alguns compararam a mesma quantidade em um grupo placebo contendo suco de beterraba sem concentração significativa de NO. O protocolo de realização do teste de cicloergômetro variou de acordo com a população de cada estudo.

O foco das intervenções nas pesquisas selecionadas, variaram em diversos objetivos, como a busca da melhora do desempenho físico na realização de exercícios de sprints resistido, melhora da resistência ao exercício, realização de testes de exaustão e esforço.

Em suma, os artigos selecionados utilizaram em sua maioria, uma quantidade de 70 mL de suco de beterraba, como protocolo suplementar, alguns realizaram suplementação por um período de 6 a 8 dias ou também um dia antes da realização do teste de esforço.

Tabela 1. Estudos experimentais que avaliaram o efeito da suplementação de beterraba no exercício físico. Brasília-DF, 2022.

Referência	Participantes	Condições Experimentais	Protocolo Suplementar	Variáveis	Resultados
Cermak et al., 2012	H (n=12) Ciclistas masculinos	G1: Suco de beterraba G2: Placebo	2 × 70 ml (~8 mmol NO ₃ ⁻ /dia) de suco concentrado de beterraba ou placebo em quantidade equivalente, cada um por 6 dias.	60 minutos de sessão contínua de exercícios de resistência consistindo de 30 min a 45% W Máx e 30 min a 65% W Máx realizado na própria bicicleta do sujeito.	Em 6 dias a suplementação de nitrato reduziu o VO ₂ durante o exercício submáximo e melhorou o desempenho em contrarrelógio em ciclistas treinados.
Christensen et al., 2013	H (n=10) Ciclistas altamente treinados	G1: Suco de beterraba G2: Placebo	500mL de suco de beterraba (6 dias)	Teste de exaustão, início com 3 min a 0 W, aumento da taxa de trabalho em 30W/min em uma velocidade de (70-90 rpm)	O desempenho na melhora do Tempo de realização do teste, foi similar, com uma conclusão média de 18:20 min e 18:37min entre os grupos G1 e G2.
Hoon et al., 2014	H (n=10) Remadores altamente treinados	G1: Suco de beterraba G2: Placebo	2 horas antes do teste, dose de 2x70mL de suco de beterraba ou placebo	teste de tempo em 2000 m, os participantes foram instruídos a obter o melhor tempo possível.	Um efeito benéfico foi encontrado na dose dupla em comparação com uma dose, ocorreu uma melhora do tempo para se completar 2000m (diferença média -1,8 ± 2,1 s) e com placebo (-1,6 ± 1,6 s).
Martin et al., 2014	H (n= 9) Atletas de esportes	G1: Suco de beterraba G2: Placebo	70 mL de suco de beterraba ou placebo, duas horas antes do teste.	2 minutos de aquecimento, a 100 W em uma auto cadência, seguido por repetidos episódios de 8 segundos de alta intensidade exercício na carga de trabalho pré-determinada e individualizada, definida usando o modo hiperbólico do cicloergômetro.	Menor tempo de sprints (G1 = 13 ± 5 vs G2 = 15 ± 6, P = 0,005, d = 0,41) e menos trabalho total (G1 = 49,2 ± 24,2 kJ vs G2 = 57,8 ± 34,0 kJ, P = 0,027, d = 0,3) foram concluídos em G1 em relação a G2.
Thompson et al., 2015	H (n=16) atletas de futebol, hóquei e rugby	G1: Suco de beterraba G2: Placebo	70 mL de suco de beterraba (6 dias) 2x 70mL (7 dias)	Teste de exaustão, início com 3 min a 0 W, aumento da taxa de trabalho em 30W/min em uma velocidade de (70-90 rpm)	O Tempo de reação de resposta a tarefa cognitiva no segundo teste foi melhorada no G1 comparado ao G2 (G1 primeiro teste: 820 ± 96 vs. segundo teste: 817 ± 86 ms; G2 primeiro: 824 ± 114 vs. segundo: 847 ± 118 ms; P < 0,05).
McQuillan et al., 2016	H (n= 8) Ciclistas competitivos	G1: Suco de beterraba G2: Placebo	70 mL de suco de beterraba contendo 4 mmol de NO ₃ ou placebo, por 8 dias	O protocolo começou com 3 min a 50 W, seguido por aumento de 20 W/minuto até a exaustão voluntária no ciclo ergômetro.	Os efeitos para melhora do tempo de desempenho contrarrelógio (-0,7 ± 0,9%) e potência (2,4 ± 2,5%), no dia 8 foram provavelmente benéficos.
Domínguez et al., 2017	H (n=15) Homens praticantes de atividade física	G1: Suco de beterraba G2: Placebo.	70 mL de suco de beterraba ou 70 mL de placebo, antes do teste.	Teste de intensidade máxima de 30 s em um cicloergômetro.	Foram produzidas melhorias na potência de pico (6%) (p = 0,034), potência média 0-15 s (6,7%) (p = 0,048) e níveis finais de lactato sanguíneo (82,6%) (p < 0,001), houve também uma tendência de menor tempo para atingir a potência de pico (-8,4%) (p = 0,055).
Kent et al., 2018	H (n= 12) Ciclistas treinados em resistência	G1: Suco de beterraba G2: Placebo	3 dias (4 × frascos de 70 ml) de suco de beterraba (ou placebo), Dois dias antes do teste	Os participantes começaram a pedalar a uma potência de 160 W por 3 min, com aumento de 30 W a cada 3 min até atingir exaustão (455±43W).	A salvação do NO ₃ ⁻ e NO ₂ ⁻ tiveram um aumento significativo de 680% e 890% respectivamente, a partir da ingestão do suco de beterraba, sem melhoras significativas relacionadas ao exercício físico.

Jonvik et al., 2018	H (n=52) Ciclistas recreativos	G1: Suco de beterraba G2: Placebo	6 dias de suplementação com 140 mL de suco de beterraba rico em nitrato ou placebo	Série de três testes de Wingate completos foram realizados, separados por períodos de recuperação de 4 min. Durante a recuperação, os sujeitos continuaram pedalando contra uma resistência de 50 W.	As concentrações no plasma de nitrato e nitrito foram maiores após suco de beterraba vs PLACEBO ($P < 0,001$), sem diferenças entre os níveis esportivos (todos $P > 0,10$).
Bender et al., 2018	H (n= 16) Adolescentes ativos	G1: Suco de beterraba G2: Placebo	2 x 70 mL de suco de beterraba ou placebo, 2,5 horas antes de realizar o teste	Protocolo de Wingate em um cicloergômetro, o protocolo consistiu em quatro sprints de esforço máximo de 20 seg contra uma resistência equivalente a 7,5% da massa corporal do indivíduo.	Comparado com G2, G1 Resultou em reduções significativas em PP ($p < 0,000$; -16,6%) e PAvg ($p = 0,000$; -21,8%) e FI foi significativamente elevada ($p < 0,000$; 15,2%).
Smith et al., 2019	H (n=12) Universitários altamente treinados recreativamente	G1: Suco de beterraba G2: Placebo	3 horas antes do teste, (6.2 mmol NO ₃ ⁻) ou placebo	O cicloergômetro consistiu em vinte sprints máximos de 6 s intercalados por 114 s de recuperação ativa.	Não houve efeitos significativos da suplementação no desempenho de sprint em condições temperadas ou quentes e úmidas ($p > 0,05$).
Jodra et al., 2019	H (n=15) Graduandos treinados em resistência	G1: Suco de beterraba G2: Placebo	3 horas antes do teste, 70 mL de suco de beterraba ou placebo	Aquecimento específico de 3 min a 120 W (60 rpm) com um sprint máximo de 5 s concluído ao final de cada minuto. O teste de Wingate consistiu em ciclismo máximo de 30 s, iniciado com os pedais estacionários, com a resistência do volante ajustada para 7,5% da massa corporal do participante.	Comparado com G2, o grupo G1 aumentou a potência de pico (Wpico) (+4,4%, 11,5 ± 0,7 vs. 11,1 ± 1,0 W·kg ⁻¹ , $p = 0,039$) e diminuiu o tempo para atingir Wpico (7,3 ± 0,9 vs. 8,7 ± 1,5 s, $p = 0,002$) durante o teste de Wingate
Cocksedge et al., 2020	H (n=10) Indivíduos saudáveis	G1: Suco de beterraba G2: Placebo	210 mL de suco de beterraba ou placebo	teste de esforço em duas etapas com 2 min. de baixa intensidade de linha de base a 20 W com transição para uma 4 min de intensidade moderada a 95% e aumentada para intensidade severa equivalente a 75% até o limite de tolerância	A ingestão do suco de beterraba aumenta o pico de VO ₂ em condição de hipóxia ($P < 0.05$), porém não em condição de normóxia ou hiperóxia ($P > 0.05$).

H (Homens); G1 (Grupo 1); G2 (Grupo 2); W (Watts); PP (Pico de Energia); PAvg (Potência Média); FI (Índice de fadiga); Wpico (Potência de pico). Fonte: Elaboração dos autores.

Não houve uma padronização na realização dos testes de esforço para avaliação dos resultados das pesquisas, em sua maioria, foi realizado protocolos onde buscaram atingir o limite da tolerância de cada participante. Bender *et al.*, 2018, realizou um protocolo diferenciado, o qual ao estudar adolescentes ativos, utilizou um protocolo onde o participante realizava quatro sprints de 20 segundos com sua capacidade física máxima, contra uma resistência de 7,5% de sua massa corporal, alternativa essa muito interessante pois busca mostrar a individualidade natural de cada ser humano.

A partir da tabela, é exposto que a maioria das pesquisas concluíram que não há resultados concisos da melhora do desempenho físico a partir da suplementação com o suco de beterraba, diversos fatores foram detalhados nos resultados. Kent *et al.*, 2018, traz um fator muito importante como resultado, a pesquisa demonstrou que, ao ingerir o suco de beterraba, houve um aumento na salivação de NO₃⁻ e NO₂⁻, comprovando que com a ingestão do suco de beterraba, há aumento da concentração dos componentes químicos no corpo humano.

4. Considerações Finais

O presente estudo evidenciou que devido às propriedades que compõem o suco de beterraba, quando suplementado como pré-treino, 69,23% dos artigos supracitados evidenciam uma melhora no aumento do desempenho físico nos testes, assim como, aumento do V0₂ pico. De modo que, o nitrato sendo o principal componente da beterraba envolvido no processo, quando convertido em óxido nítrico, obtém a capacidade de aumentar o fluxo sanguíneo, decorrente do recurso vasodilatador, e consequentemente corrobora em uma melhora na oxigenação tecidual, atendendo a necessidade dos músculos ativos.

Todavia, é pertinente ressaltar que há uma necessidade da continuação dos estudos quanto à suplementação com suco de beterraba rico em NO₃⁻, visto que os artigos apresentam-se enriquecedores quanto ao protocolo de aplicação, porém não trazem de maneira concreta as quantidades necessárias e específicas de mmol para que haja uma eficácia determinante em indivíduos treinados, assim como, não há uma padronização dos testes em cicloergômetro, considerando que cada indivíduo e cada pesquisa apresentam sua particularidade, e que cada organismo tende a responder de uma maneira diferente ao estímulo.

Compreende-se que para competidores cada milésimo de segundo tornam-se cruciais nos resultados.

Os atletas são submetidos a um intenso preparo físico, são meses de treinos, analisando fatores que podem ser decisivos para a sua classificação, todavia, um bom aporte nutricional e suplementação exógena não devem ser descartados. Atualmente existem inúmeros artigos que comprovam a eficácia de uma suplementação correta, visto que, o corpo humano quando submetido ao exercício físico, sofre um desequilíbrio homeostático, e a suplementação torna-se um recurso pelo qual auxilia em uma melhor recuperação decorrente desse processo. Sendo assim, é de extrema importância o acompanhamento de um nutricionista, o qual compreende que cada atleta responde a diferentes estratégias.

Como sugestão para os futuros estudos, nota-se uma importância quanto a padronização na quantidade de suco de beterraba, assim como na também padronização dos testes de cicloergômetro a serem realizados, a fim de concretizar os estudos relacionados à eficácia da melhora do desempenho no exercício físico mediante a suplementação do suco de beterraba.

Referências

- Agrícola, N. P. A., Guillo, L. A., & Silva, R. A. de O. (2017). Óxido nítrico e exercício físico: potencialidades para a pesquisa em saúde – Artigo de Revisão. *Ciência Em Movimento*, 19(39), 13–21. <https://doi.org/10.15602/1983-9480/cm.v19n39p13-21>
- Alves, A. U., Prado, R. de M., Gondim, A. R. de O., Fonseca, I. M., & Cecílio Filho, A. B. (2008). Desenvolvimento e estado nutricional da beterraba em função da omissão de nutrientes. *Horticultura Brasileira*, 26(2), 292–295. <https://doi.org/10.1590/s0102-05362008000200033>
- Azevedo, L. F. (2011). *Adaptações autonômicas e cardiovasculares em atletas de alto rendimento: influência da modalidade e periodização do treinamento físico*. Tese de Doutorado, Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, São Paulo. doi:10.11606/T.5.2011.tde-01122011-151729.

- Bender, D., Townsend, J. R., Vantrease, W. C., Marshall, A. C., Henry, R. N., Heffington, S. H., & Johnson, K. D. (2018). Acute beetroot juice administration improves peak isometric force production in adolescent males. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme*, 43(8), 816–821. <https://doi.org/10.1139/apnm-2018-0050>
- Boo, Y. C., & Jo, H. (2003). Flow-dependent regulation of endothelial nitric oxide synthase: role of protein kinases. *American journal of physiology. Cell physiology*, 285(3), C499–C508. <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00122.2003>
- Cermak, N. M., Gibala, M. J., & van Loon, L. J. (2012). Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 22(1), 64–71. <https://doi.org/10.1123/ijsem.22.1.64>
- Christensen, P. M., Nyberg, M., & Bangsbo, J. (2013). Influence of nitrate supplementation on VO₂ kinetics and endurance of elite cyclists. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(1), e21–e31. <https://doi.org/10.1111/sms.12005>
- Cocksedge, S. P., Breese, B. C., Morgan, P. T., Nogueira, L., Thompson, C., Wylie, L. J., Jones, A. M., & Bailey, S. J. (2020). Influence of muscle oxygenation and nitrate-rich beetroot juice supplementation on O₂ uptake kinetics and exercise tolerance. *Nitric oxide: biology and chemistry*, 99, 25–33.
- Cox, M., & Lehninger, A. L. (2004). *Principios de bioquímica 3b: Edición*. Omega.
- Domínguez, R., Garnacho-Castaño, M. V., Cuenca, E., García-Fernández, P., Muñoz-González, A., de Jesús, F., Lozano-Estevan, M., Fernandes da Silva, S., Veiga-Herrerros, P., & Maté-Muñoz, J. L. (2017). Effects of Beetroot Juice Supplementation on a 30-s High-Intensity Inertial Cycle Ergometer Test. *Nutrients*, 9(12), 1360. <https://doi.org/10.3390/nu9121360>
- Forjaz, CL de M., & Tricoli, V. (2011). A fisiologia em educação física e esporte. *Revista Brasileira de Educação Física E Esporte*, 25 (spe), 7–13. <https://doi.org/10.1590/s1807-55092011000500002>
- Hoon, M. W., Jones, A. M., Johnson, N. A., Blackwell, J. R., Broad, E. M., Lundy, B., Rice, A. J., & Burke, L. M. (2014). 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*, 9(4), 615–620. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2013-0207>
- Jodra, P., Domínguez, R., Sánchez-Oliver, A. J., Veiga-Herrerros, P., & Bailey, S. J. (2020). Effect of Beetroot Juice Supplementation on Mood, Perceived Exertion, and Performance During a 30-Second Wingate Test. *International journal of sports physiology and performance*, 15(2), 243–248. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2019-0149>
- Jonvik, K. L., Nyakayiru, J., Van Dijk, J. W., Maase, K., Ballak, S. B., Senden, J., Van Loon, L., & Verdijk, L. B. (2018). Repeated-sprint performance and plasma responses following beetroot juice supplementation do not differ between recreational, competitive and elite sprint athletes. *European journal of sport science*, 18(4), 524–533. <https://doi.org/10.1080/17461391.2018.1433722>
- Kent, G. L., Dawson, B., Cox, G. R., Abbiss, C. R., Smith, K. J., Croft, K. D., Lim, Z. X., Eastwood, A., Burke, L. M., & Peeling, P. (2018). Effect of dietary nitrate supplementation on thermoregulatory and cardiovascular responses to submaximal cycling in the heat. *European journal of applied physiology*, 118(3), 657–668. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3809-z>
- Martin, K., Smee, D., Thompson, K. G., & Rattray, B. (2014). No improvement of repeated-sprint performance with dietary nitrate. *International journal of sports physiology and performance*, 9(5), 845–850. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2013-0384>
- McQuillan, J. A., Dulson, D. K., Laursen, P. B., & Kilding, A. E. (2017). The Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Physiology and Performance in Trained Cyclists. *International journal of sports physiology and performance*, 12(5), 684–689. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2016-0202>
- Monteiro, M. de F., & Sobral Filho, DC (2004). Exercício físico e controle da pressão arterial. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 10 (6), 513–516. <https://doi.org/10.1590/s1517-8692200400060000>
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., Macera, C. A., & Castaneda-Sceppa, C. (2007). Physical Activity and Public Health in Older Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(8), 1435–1445. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180616aa2>
- Petrie, M., Rejeski, W. J., Basu, S., Laurienti, P. J., Marsh, A. P., Norris, J. L., Kim-Shapiro, D. B., & Burdette, J. H. (2017). Beet Root Juice: An Ergogenic Aid for Exercise and the Aging Brain. *The journals of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences*, 72(9), 1284–1289. <https://doi.org/10.1093/gerona/glw219>
- Rodrigues, A., Oliveira, R., Marins, J., & Natali, A. (2013). Efeitos do treinamento físico aeróbico contínuo e resistido na função endotelial mediada pelo óxido nítrico: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira De Atividade Física & Saúde*, 18(3), 286. <https://doi.org/10.12820/rbafs.v.18n3p286>
- Smith, K., Mugggeridge, D. J., Easton, C., & Ross, M. D. (2019). An acute dose of inorganic dietary nitrate does not improve high-intensity, intermittent exercise performance in temperate or hot and humid conditions. *European journal of applied physiology*, 119(3), 723–733. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-04063-9>
- Thompson, C., Wylie, L. J., Fulford, J., Kelly, J., Black, M. I., McDonagh, S. T., Jeukendrup, A. E., Vanhatalo, A., & Jones, A. M. (2015). Dietary nitrate improves sprint performance and cognitive function during prolonged intermittent exercise. *European journal of applied physiology*, 115(9), 1825–1834. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3166-0>
- Thompson, K. G., Turner, L., Prichard, J., Dodd, F., Kennedy, D. O., Haskell, C., Blackwell, J. R., & Jones, A. M. (2014). Influence of dietary nitrate supplementation on physiological and cognitive responses to incremental cycle exercise. *Respiratory physiology & neurobiology*, 193, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2013.12.015>
- Urbana P, M., Rondon, B., & Chakur Brum, P. (2003, May 5). Exercício físico como tratamento não-farmacológico da hipertensão arterial. *Rev Bras Hipertens*, 2–3. <http://departamentos.cardiol.br/dha/revista/10-2/exercicio3.pdf>
- Viaro, F., Nobre, F., & Evora, P. R. B. (2000). Expressão das óxido nítrico sintetases na fisiopatologia das doenças cardiovasculares. *Arq. Bras. Cardiol*, 365–392. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-269906>

Whitfield, J., Ludzki, A., Heigenhauser, G. J., Senden, J. M., Verdijk, L. B., van Loon, L. J., Spriet, L. L., & Holloway, G. P. (2016). Beetroot juice supplementation reduces whole body oxygen consumption but does not improve indices of mitochondrial efficiency in human skeletal muscle. *The Journal of physiology*, 594(2), 421–435. <https://doi.org/10.1113/JP270844>

Woessner, M., VanBruggen, M. D., Pieper, C. F., Sloane, R., Kraus, W. E., Gow, A. J., & Allen, J. D. (2018). Beet the Best? *Circulation research*, 123(6), 654–659. <https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.118.313131>

Zago, A. S., & Zanesco, A. (2006). Óxido nítrico, doenças cardiovasculares e exercício físico. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 87 (6), e264–e270. <https://doi.org/10.1590/s0066-782x2006001900029>.