



**MATEUS CHAVES PRIMO**

**SUPLEMENTAÇÃO DE SUCO DE BETERRABA RICO EM  
NITRATO E RESPOSTAS CARDIOVASCULARES E  
HEMODINÂMICAS AO EXERCÍCIO DE FORÇA  
REFORÇADO EXCENTRICAMENTE**

**LAVRAS-MG  
2023**

**MATEUS CHAVES PRIMO**

**SUPLEMENTAÇÃO DE SUCO DE BETERRABA RICO EM NITRATO E  
RESPOSTAS CARDIOVASCULARES E HEMODINÂMICAS AO EXERCÍCIO DE  
FORÇA REFORÇADO EXCENTRICAMENTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde, área de concentração em Nutrição e Saúde, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Osvaldo Costa Moreira  
Orientador  
Prof. Dr. Sandro Fernandes da Silva  
Coorientador

**LAVRAS-MG  
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Primo, Mateus Chaves.

Suplementação de suco de beterraba rico em nitrato e respostas cardiovasculares e hemodinâmicas ao exercício de força reforçado excentricamente / Mateus Chaves Primo. - 2023.

66 p.

Orientador(a): Osvaldo Costa Moreira.

Coorientador(a): Sandro Fernandes da Silva.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Nitrato. 2. Treinamento resistido. 3. Respostas Cardiovasculares. I. Moreira, Osvaldo Costa. II. Da Silva, Sandro Fernandes. III. Título.

**MATEUS CHAVES PRIMO**

**SUPLEMENTAÇÃO DE SUCO DE BETERRABA RICO EM NITRATO E  
RESPOSTAS CARDIOVASCULARES E HEMODINÂMICAS AO EXERCÍCIO DE  
FORÇA REFORÇADO EXCÊNTRICAMENTE**

**NITRATE-RICH BEET JUICE SUPPLEMENTATION AND CARDIOVASCULAR  
AND HEMODYNAMIC RESPONSES TO ECCENTRICLY-REINFORCED  
STRENGTH EXERCISE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Saúde, área de concentração em Nutrição e Saúde, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 03 de agosto de 2023  
Dra. Cláudia Eliza Patrocínio de Oliveira – UFV  
Dr. Raúl Dominguez Herrera – ULE  
Dr. Sandro Fernandes da Silva

Prof. Dr. Osvaldo Costa Moreira  
Orientador  
Prof. Dr. Sandro Fernandes da Silva  
Coorientador

**LAVRAS–MG  
2023**

## RESUMO

O suco de beterraba vem sendo um tópico de destaque importante na nutrição esportiva, atletas profissionais e amadores buscam o melhor desempenho durante a prática da atividade física e inúmeros fatores podem potencializar o desempenho durante o treinamento. Nesse contexto, a suplementação do suco de beterraba vem se destacando devido seu potencial efeito ergogênico por aumentar a disponibilidade de óxido nítrico endógeno que desencadeia respostas fisiológicas no sistema cardiovascular que contribuem para uma a melhor performance esportiva, no entanto, ainda há uma limitação de resultados na literatura científica em exercícios resistidos que avaliam a modulação no sistema nervoso autônomo com a utilização dessa suplementação. Diante do exposto, essa dissertação teve como objetivo demonstrar os efeitos gerados com a suplementação do suco de beterraba na vertente do treinamento de força. Para tanto, a mesma foi dividida em dois capítulos. O capítulo 1 é um artigo de revisão de literatura que teve por objetivo demonstrar a influência da ingestão do nitrato nas respostas cardiovasculares, hemodinâmicas e no desempenho ao treinamento de força. A partir dos achados, foram evidenciados que suplementação de nitrato possui efeitos fisiológicos positivos no treinamento que melhoram o desempenho e performance esportiva, entretanto, estes efeitos não são vistos em todos os estudos, devido à influência de determinadas variáveis como condicionamento físico, duração do exercício e doses administradas. Já o capítulo 2, trata-se de um ensaio cruzado, triplo-cego e controlado por placebo que objetivou avaliar os efeitos da suplementação aguda do suco de beterraba rico nitrato na resposta cardiovascular e hemodinâmica ao treinamento de força reforçado excêntrica. Foi observado no estudo que a suplementação de nitrato induziu a um menor aumento da pressão arterial sistólica em resposta ao exercício resistido reforçado excêntrica em comparação com o placebo, além disso a suplementação induziu a uma diminuição da resistência vascular periférica observada pela diminuição da pressão arterial sistólica na última série do exercício resistido reforçado excêntrica, porém, a suplementação não interferiu na resposta da frequência cardíaca, do duplo produto e na saturação de oxigênio quando comparada à condição placebo, e também não interferiu no tempo sob tensão e na percepção subjetiva de esforço em comparação com os grupos. Como principais desfechos desse trabalho podemos concluir que a suplementação do suco de beterraba rico em nitrato pode ser uma estratégia nutricional em exercícios resistidos, porém seus efeitos ainda são limitados e mais estudos precisam serem desenvolvidos para apresentarem melhores respostas no treinamento de força e que estabeleçam doses de suplementação eficazes e manipulação adequada nas variáveis do treinamento físico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Suco de beterraba. Nitrato. Frequência cardíaca. Pressão Arterial. Resposta cardiovascular. Hemodinâmica.

## ABSTRACT

Beetroot juice has been an important topic in sports nutrition, professional and amateur athletes seek the best performance during the practice of physical activity and numerous factors can enhance performance during training. In this context, beet juice supplementation has been highlighted due to its potential ergogenic effect by increasing the availability of endogenous nitric oxide that triggers physiological responses in the cardiovascular system that contribute to a better sports performance, however, there is still a limitation of results in the scientific literature on resistance exercises that evaluate the modulation in the autonomic nervous system with the use of this supplementation. Given the above, this dissertation aimed to demonstrate the effects generated with the supplementation of beetroot juice in strength training. Therefore, it was divided into two chapters. Chapter 1 is a literature review article that aimed to demonstrate the influence of nitrate intake on cardiovascular and hemodynamic responses and performance to strength training. From the findings, it was evidenced that nitrate supplementation has positive physiological effects in training that improve performance and sports performance. However, these effects are not seen in all studies, due to the influence of certain variables such as physical conditioning, exercise duration and administered doses. Chapter 2 is a crossover, triple-blind, placebo-controlled trial that aimed to evaluate the effects of acute supplementation of nitrate-rich beetroot juice on cardiovascular and hemodynamic response to eccentrically reinforced strength training. It was observed in the study that nitrate supplementation induced a smaller increase in systolic blood pressure in response to eccentrically reinforced resistance exercise compared to placebo, in addition, supplementation induced a decrease in peripheral vascular resistance observed by the decrease in systolic blood pressure in the last series of eccentrically reinforced resistance exercise, however, the supplementation did not interfere in the heart rate response, the double product and in the oxygen saturation when compared to the placebo condition, and also did not interfere in the time under tension and in the subjective perception of effort in comparison with the groups. As the main outcomes of this work, we can conclude that the supplementation of beetroot juice rich in nitrate can be a nutritional strategy in resistance exercises, but its effects are still limited and more studies need to be developed to present better responses in strength training and to establish doses of effective supplementation and adequate manipulation in the variables of the physical training.

**KEYWORDS:** Beet juice. Nitrate. Heart rate. Blood pressure. Cardiovascular response. Hemodynamics.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Características gerais e de composição corporal da amostra .....	43
<b>Tabela 2</b> - Comparação da estimativa do consumo total de quilocalorias (energia) e dos macronutrientes (carboidratos, proteínas e lipídeos) da amostra .....	44
<b>Tabela 3</b> - Comparação das respostas hemodinâmicas e cardiovasculares em sujeitos submetidos a exercício resistido reforçado excentricamente sob duas condições experimentais: com suplementação de nitrato e com administração de placebo .....	44
<b>Tabela 4</b> - Comparação do tempo sob tensão e da carga interna de treinamento em sujeitos submetidos a exercício resistido reforçado excentricamente sob duas condições experimentais: com suplementação de nitrato e com suplementação de placebo .....	45

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	10	
REFERÊNCIAS .....	13	
<b>CAPÍTULO I</b>		
<b>INFLUÊNCIA DA INGESTÃO DE NITRATO NAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES, HEMODINÂMICAS E NO DESEMPENHO AO TREINAMENTO DE FORÇA: UMA REVISÃO CRÍTICA .....</b>		<b>15</b>
1. INTRODUÇÃO .....	18	
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	19	
3. MECANISMO FISIOLÓGICO DO NITRATO A ÓXIDO NÍTRICO .....	20	
4. EFEITOS FISIOLÓGICOS DO NITRATO NA RESPOSTA CARDIOVASCULAR E HEMODINÂMICA .....	21	
5. NITRATO E EXERCÍCIO DE FORÇA .....	23	
6. CONCLUSÃO .....	26	
REFERÊNCIAS .....	28	
<b>CAPÍTULO II</b>		
<b>EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DO SUCO DE BETERRABA RICO EM NITRATO NAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES E HEMODINÂMICAS AO EXERCÍCIO DE FORÇA REFORÇADO EXCENTRICAMENTE: UM ENSAIO RANDOMIZADO CRUZADO, TRIPLO-CEGO E CONTROLADO POR PLACEBO .....</b>		<b>32</b>
1. INTRODUÇÃO .....	35	
2. MATERIAIS E MÉTODOS .....	36	
2.1. DESENHO DO ESTUDO E CONFIGURAÇÕES ÉTICAS .....	36	
2.2. AMOSTRA .....	37	
2.3. LOGÍSTICA DO ESTUDO .....	38	
2.4. PROTOCOLO DE EXERCÍCIO DE FORÇA REFORÇADO EXCENTRICAMENTE .....	40	
2.5. AVALIAÇÃO DO CONSUMO ALIMENTAR .....	40	
2.6. AVALIAÇÃO ANTROPOMÉTRICA E DA COMPOSIÇÃO CORPORAL .....	41	
2.7. AVALIAÇÃO DOS INDICADORES CARDIOVASCULARES E HEMODINÂMICOS .....	41	
2.8. AVALIAÇÃO DA CARGA INTERNA DA SESSÃO DE TREINAMENTO .....	42	
2.9. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	42	
3. RESULTADOS .....	43	
4. DISCUSSÃO .....	46	
5. APLICAÇÕES PRÁTICA .....	51	

<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>52</b>
<b>CONCLUSÃO GERAL</b> .....	<b>56</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>57</b>
<b>ANEXO A</b> .....	<b>56</b>
<b>ANEXO B</b> .....	<b>59</b>
<b>ANEXO C</b> .....	<b>60</b>
<b>ANEXO D</b> .....	<b>61</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>62</b>
<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>61</b>
<b>APÊNDICE B</b> .....	<b>64</b>
<b>APÊNDICE C</b> .....	<b>65</b>

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A suplementação do suco de beterraba têm sido um tópico de notoriedade na prática esportiva devido a presença do nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em sua composição que pode ser atribuídos a efeitos ergogênicos, com isso, a suplementação poderia aumentar a biodisponibilidade de óxido nítrico (NO) através da via  $\text{NO}_3^-$ -nitrito-NO, que está envolvida em processos fisiológicos que podem, potencialmente, melhorar a função do músculo esquelético através da adaptação gerada ao exercício físico na modulação do fluxo sanguíneo, contração muscular e captação de glicose e no controle da respiração celular. Estudos iniciais demonstram que a suplementação melhora a tolerância ao exercício contribuindo para um melhor desempenho esportivo (CALVO et al., 2020; LARSEN et al., 2007; SAN JUAN et al., 2020; SENEFFELD et al., 2020). O nitrato inorgânico está presente em vários alimentos e é abundante em vegetais de folhas verdes e beterraba. Após a ingestão, o nitrato é convertido no corpo em nitrito e armazenado e circulado no sangue. Em condições de hipóxia tecidual, o nitrito pode ser convertido em óxido nítrico, podendo desempenhar mecanismos importantes no controle vascular e metabólico, especialmente em condições em que existe uma demanda aumentada por oxigênio, como no exercício físico (JONES, 2014). O NO é uma importante molécula sinalizadora e efetora na resposta do corpo à hipóxia, devido às suas características únicas de vasodilatação (melhorando o fluxo sanguíneo e o suprimento de oxigênio) e modulação do metabolismo energético (reduzindo o consumo de oxigênio e promovendo a utilização de vias alternativas) (UMBRELLO et al., 2013).

No esporte, atletas utilizam da suplementação nutricional para potencializar os efeitos do treinamento e obter melhorias em seu desempenho atlético. O suco de beterraba por gerar aumento das concentrações dos níveis de óxido nítrico plasmático através do nitrato presente em sua composição, desempenha funções relacionadas ao aumento do fluxo sanguíneo, troca gasosa, biogênese e eficiência mitocondrial e fortalecimento da contração muscular. Essas melhorias nos biomarcadores indicam que a suplementação poderia ter efeitos na resistência cardiorrespiratória que beneficiariam o desempenho atlético (DOMÍNGUEZ et al., 2017).

Exercícios resistido executados em alta intensidade possuem um componente estático considerável, que provoca um aumento da resistência vascular periférica, além disso, a oclusão do leito vascular promovendo o acúmulo de metabólitos que acionam os quimiorreceptores musculares, estimulando o sistema nervoso simpático na liberação de catecolaminas e conseqüentemente, ocorre o aumento da frequência cardíaca e, sobretudo, da pressão arterial sistólica durante o esforço levando a aumento do duplo produto, sendo um importante indicador

de estresse cardíaco (MOREIRA et al., 2018; JONES, 2014). Assim, a suplementação de nitrato vem sendo estudada no desempenho esportivo, devido seus efeitos fisiológicos serem resumidos a uma dilatação do endotélio vascular, ocasionando um efeito vasodilatador e reduzindo a pressão arterial. Além disso, esses efeitos fisiológicos são interessantes para o desempenho esportivo, pois podem aumentar o fluxo sanguíneo muscular e melhorarem a remoção de lactato no exercício. Os efeitos da suplementação de  $\text{NO}_3^-$  já foram comprovados em diferentes esportes de resistência, onde o sistema cardiovascular tem um papel importante no desempenho, mostrando um menor consumo de oxigênio durante o exercício com uma melhora na síntese de trifosfato de adenosina (ATP) (McMAHON et al., 2017; JURADO-CASTRO et al., 2022).

Esse estudo em questão que avalia na vertente do treinamento de força reforçado excentricamente é sustentado devido ao treinamento excêntrico (ECC) ter sido extensivamente estudado na literatura científica. Maroto-Izquierdo et al. (2017) relatam que em comparação com o exercício concêntrico, ações isoladas de ECC são caracterizadas por produzir picos de força mais altos, com menor ativação muscular e custo metabólico, bem como maior solicitação de fibras tipo II, aumento do efeito *cross-education* e maior atividade cortical. Além disso, apesar de produzir altos níveis de dano muscular e dor após a sessão inicial, o treinamento de exercícios de resistência baseado em ECC tem sido associado a mecanismos eficazes de prevenção de dano muscular. A revisão sistemática e meta-análise proposta pelos mesmos autores que objetivou examinar o efeito do treinamento de resistência do volante (FW) com sobrecarga excêntrica (FW-EOT) no tamanho muscular e nas capacidades funcionais em atletas e indivíduos saudáveis, e comparar adaptações induzidas por FW com aquelas desencadeadas por intervenções de exercícios de resistência tradicionais, fornece evidências que suportam a superioridade do FW-EOT, em comparação com o exercício tradicional de peso, para promover adaptações do músculo esquelético em termos de força, potência e tamanho em indivíduos saudáveis e atletas (MAROTO-IZQUIERDO et al., 2017). Contudo, ainda não há estudos que embasem os efeitos gerados da suplementação do suco de beterraba nessa vertente de treinamento, portanto será um estudo pioneiro em avaliar os efeitos a suplementação aguda do suco de beterraba rico em nitrato ao treinamento excêntrico.

Nesse sentido, através dos resultados dessa pesquisa, pretende-se obter do ponto de vista técnico-científico, informações que podem contribuir para o esclarecimento sobre a influência da ingestão do suco de beterraba rico em nitrato nas respostas cardiovasculares e hemodinâmica ao treinamento de força, o que poderá gerar como desdobramentos a utilização dessa suplementação no contexto do treinamento físico, beneficiando atletas e na prescrição de

profissionais, uma vez que as informações geradas servirão para direcionar a conduta mais assertiva.

Para isso, estruturou-se o presente trabalho em dois capítulos, sendo o capítulo 1 que teve como objetivo demonstrar a influência da ingestão de nitrato nas respostas cardiovasculares, hemodinâmicas e no desempenho ao treinamento de força através de uma revisão narrativa de literatura. Já o capítulo 2 objetivou avaliar os efeitos da suplementação aguda do suco de beterraba rico em nitrato na resposta cardiovascular e hemodinâmica ao treinamento de força reforçado excentricamente através de um ensaio cruzado, triplo-cego e controlado por placebo.

## REFERÊNCIAS

- BAHADORAN, Zahra *et al.* The Nitrate-Independent Blood Pressure-Lowering Effect of Beetroot Juice: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in Nutrition*. Vol. 8. Num. 6. 2017. p. 930-938. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29141968/>>
- DOMÍNGUEZ, Raúl *et al.* Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review. *Nutrients*. Vol. 9. Num. 1. 2017. p. 43. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28067808/>>
- JONES, Andrew M. Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Medicine*. Vol. 44. Num. 1. 2014. p. 35-45. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24791915/>>
- JURADO-CASTRO, Jose *et al.* Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Lower-Body Strength in Female Athletes: Double-Blind Crossover Randomized Trial. *Sports Health*. Vol. 14. Num. 6. 2022. p. 812-821. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35603411/>>
- CALVO, Jorge *et al.* Influence of Nitrate Supplementation on Endurance Cyclic Sports Performance: A Systematic Review. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 6. 2020. p. 1796. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32560317/>>
- LARSEN, F.J. *et al.* Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. *Acta Physiologica*. Vol. 191. Num. 1. 2007. p. 59-66. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17635415/>>
- McMAHON, Nicholas *et al.* The Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Endurance Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. Vol. 47. Num. 4. 2017. p. 735-756. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27600147/>>
- MOREIRA, Osvaldo *et al.* Cardiovascular response to strength training is more affected by intensity than volume in healthy subjects. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*. Vol. 11. 2018. p. 1-5. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888754617300278>>
- SAN JUAN, Alejandro *et al.* Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Weightlifting Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review. *Nutrients*. Vol. 12. Num 8. 2020. p. 2227. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32722588/>>
- SENEFELD, Jonathon *et al.* Ergogenic Effect of Nitrate Supplementation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 52. Num. 10. 2020. p. 2250-2261. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32936597/>>
- MAROTO-IZQUIERDO, Sergio *et al.* Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport*. Vol. 20. Num. 10. 2017. p. 943-951. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28385560/>>

UMBRELLLO, Michele *et al.* The key role of nitric oxide in hypoxia: hypoxic vasodilation and energy supply-demand matching. *Antioxidants & Redox Signaling*. Vol. 19. Num. 14. 2013. p. 1690-1710. Disponible en:

[https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23311950/#:~:text=Nitric%20oxide%20\(NO\)%20is%20a,promoting%20utilization%20of%20alternative%20pathways](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23311950/#:~:text=Nitric%20oxide%20(NO)%20is%20a,promoting%20utilization%20of%20alternative%20pathways)>

## **CAPÍTULO I**

### **INFLUÊNCIA DA INGESTÃO DE NITRATO NAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES, HEMODINÂMICAS E NO DESEMPENHO AO TREINAMENTO DE FORÇA: UMA REVISÃO CRÍTICA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Artigo aceito para publicação na Revista Brasileira de Nutrição Esportiva (RBNE) (Anexo D).

## RESUMO

**Introdução:** O nitrato é um recurso nutricional utilizado no esporte devido sua atividade ergogênica, sendo uma substância precursora do óxido nítrico e possuindo um papel importante na regulação de parâmetros funcionais e fisiológicos relacionados ao desempenho esportivo, devido sua ação vasodilatadora e hipotensiva. **Objetivo:** Realizar uma revisão de literatura para apresentar e discutir os efeitos da ingestão do nitrato nas respostas cardiovasculares e hemodinâmicas durante o treinamento de força. **Métodos:** Foi realizada uma busca na base de dados do PubMed e SciELO, incluindo estudos que associavam esses três fatores (nitrato; respostas cardiovasculares; treinamento de força). **Resultados:** Foi possível verificar que o nitrato influencia na resposta hemodinâmica devido à metabolização do nitrato que vai gerar como produto o óxido de nítrico na circulação sistêmica, aumentando sua produção na corrente sanguínea, especialmente nas condições em que existe uma demanda aumentada por oxigênio, como durante o exercício físico. Os efeitos fisiológicos destacam-se a melhora da respiração mitocondrial e muscular, modificando fatores como pressão arterial, frequência cardíaca e redução do consumo de oxigênio durante a realização do exercício, devido ao relaxamento do músculo liso, promovendo a vasodilatação e a regulação do fluxo sanguíneo e, conseqüentemente, melhorando o fornecimento de oxigênio. **Conclusão:** A suplementação de nitrato possui efeitos fisiológicos positivos no treinamento que melhoram o desempenho e performance esportiva. Entretanto, estes efeitos não são vistos em todos os estudos, devido à influência de determinadas variáveis como condicionamento físico, duração do exercício e doses administradas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Treinamento de força. Nitrato. Frequência cardíaca. Pressão arterial. Hemodinâmica.

## ABSTRACT

**Introduction:** Nitrate is a nutritional resource used in sports due to its ergogenic activity, being a precursor substance of nitric oxide and having an important role in the regulation of functional and physiological parameters related to sports performance, due to its vasodilator and hypotensive action. **Objective:** To carry out a literature review to present and discuss the effects of nitrate ingestion on cardiovascular and hemodynamic responses during strength training. **Methods:** A search was carried out in the PubMed and SciELO databases, including studies that associated these three factors (nitrate; cardiovascular responses; strength training). **Results:** It was possible to verify that nitrate influences the hemodynamic response due to the metabolization of nitrate, which will generate nitric oxide as a product in the systemic circulation, increasing its production in the bloodstream, especially in conditions where there is an increased demand for oxygen, such as during physical exercise. The physiological effects include the improvement of mitochondrial and muscle breathing, modifying factors such as blood pressure, heart rate and reduction of oxygen consumption during exercise, due to smooth muscle relaxation, promoting vasodilation and blood flow regulation. and consequently improving the supply of oxygen. **Conclusion:** Nitrate supplementation has positive physiological effects in training that improve performance and sports performance. However, these effects are not seen in all studies, due to the influence of certain variables such as physical conditioning, exercise duration and administered doses.

**KEYWORDS:** Strength training. Nitrate. Heart rate. Blood pressure. Hemodynamics.

## 1. INTRODUÇÃO

Os efeitos da suplementação dietética de nitrato tem sido um tópico de destaque na prática esportiva, devido a suplementação aumentar a biodisponibilidade de óxido nítrico (NO) através da via  $\text{NO}_3$ -nitrito-NO. O óxido nítrico está envolvido em processos fisiológicos que podem potencialmente melhorar a função do músculo esquelético, especialmente em condições em que existe uma demanda aumentada por oxigênio, como durante o exercício físico (CALVO et al., 2020; SAN JUAN et al., 2020).

A suplementação dietética de nitrato produz um efeito ergogênico, ou seja, melhora o desempenho atlético e reduz a fadiga muscular, devido à melhoria na eficiência do oxigênio mitocondrial. Tal efeito resulta da redução do custo de oxigênio do exercício que aumenta o fluxo sanguíneo para o músculo esquelético em exercícios de resistência. Este fluxo sanguíneo ampliado pode ser sustentado pelo aumento da contratilidade e perfusão muscular, particularmente nas fibras musculares do tipo II (CALVO et al., 2020; SAN JUAN et al., 2020).

O óxido nítrico é uma molécula sinalizadora gasosa que desempenha um papel importante em inúmeros processos fisiológicos, incluindo a regulação do tônus vascular, neurotransmissão, respiração mitocondrial e função contrátil do músculo esquelético. O NO pode ser produzido através da oxidação canônica catalisada pelo NO sintase de L-arginina e também pela redução sequencial de nitrato a nitrito e, então, NO na circulação sanguínea. As reservas de nitrato do corpo podem ser aumentadas pela ingestão de alimentos fontes em nitrato ou pela suplementação de nitrato inorgânico (DOMÍNGUEZ et al., 2017; CALVO et al., 2020; JONES et al., 2021).

Entre as principais fontes alimentares de nitrato destacam-se vegetais como: agrião, rúcula, espinafre, alface e aipo. Porém, o mais conhecido entre estes vegetais é a beterraba, que a partir de 500 ml do seu suco pode fornecer toda a quantidade recomendada de nitrato para um dia. Porém, doses agudas podem ser utilizadas por atletas que buscam auxílio para melhoria de desempenho (MACUH; KNAP, 2021).

O nitrato inorgânico através de fontes dietéticas é absorvido via intestinal, embora grande parte do nitrato circulante seja eventualmente excretada na urina, em até 25% é ativamente extraída pelas glândulas salivares e concentrada na saliva. (LUNDBERG et al., 2008). A biodisponibilidade do NO é aumentada pela atividade das bactérias comensais anaeróbicas facultativas residentes na boca, que reduzem o nitrato a nitrito por ação enzimática, aumentando assim a concentração de nitrito circulante, que pode ser reduzido ainda mais a NO em regiões teciduais sob hipóxia fisiológica, no caso do exercício físico. A sinalização do NO

afeta mecanismos fisiológicos que podem potencialmente melhorar o músculo esquelético. O NO medeia o relaxamento do músculo liso, que promove a vasodilatação e a regulação do fluxo sanguíneo e, assim, melhora o fornecimento de oxigênio e a respiração mitocondrial (DOMÍNGUEZ et al., 2017; CALVO et al., 2020; JONES et al., 2021).

As dosagens de nitrato inorgânico utilizadas nos estudos sobre os efeitos da suplementação são observadas com porções que variavam de 300 a 900 mg ou 3 a 12,8 mg/kg de nitrato inorgânico, sendo, em média, 400 mg de nitrato ou 6 mg/kg, e doses inferiores a 6 mmol – 400 mg não apresentaram resultados positivos na maioria dos estudos. A forma de suplementação variava seguindo protocolos de ingestão aguda, crônica ou combinada. Além disso, indivíduos com menor condicionamento físico parecem se beneficiar mais do que os indivíduos treinados (JONES et al., 2014; DOMÍNGUEZ et al., 2017).

Senefeld et al. (2020) relata que, embora mais de 100 estudos e revisões tenham examinado os efeitos ergogênicos do nitrato na dieta em homens e mulheres jovens e saudáveis, não está claro se participantes e fatores ambientais modulam os efeitos ergogênicos observados - fatores particularmente relevantes incluem sexo biológico, tipo de treinamento, aptidão física, além de diferenças entre os parâmetros de desempenho. Para abordar essa limitação, o presente trabalho tem por objetivo revisar criticamente a literatura científica para apresentar e discutir os efeitos da ingestão do nitrato nas respostas cardiovasculares e hemodinâmicas durante o treinamento de força.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

No presente estudo, utilizou-se a revisão narrativa como sendo aquela que não utiliza critérios explícitos e sistemáticos para a busca e análise crítica da literatura e que, portanto, sua busca pelos estudos não precisa esgotar as fontes de informações, por meio da utilização de estratégias de busca específicas. A busca dos artigos foi realizada na base de dados PubMed e SciELO, sem restrição de data. Foram usados na pesquisa, termos como: nitrato; treinamento de força; e resposta cardiovascular. Foram considerados todos os artigos em inglês, com ênfase em seres humanos. Após leitura do título e do resumo, todos os artigos não específicos à temática foram descartados. A partir de então, procedeu-se a leitura do trabalho completo para obtenção de informações relevantes que pudessem contribuir e elucidar o objetivo proposto. Além disso, foram consultadas as listas de referências bibliográficas dos artigos selecionados, a fim de inserir estudos que, por ventura, pudessem ter relevância para a discussão proposta no presente trabalho.

### 3. MECANISMO FISIOLÓGICO DO NITRATO A ÓXIDO NÍTRICO

O nitrato inorgânico é um composto bioativo e componente natural encontrado em vários alimentos, como folhosos verdes escuros (agrião e rúcula) e mais abundantemente na beterraba (JONES et al., 2014). A suplementação dessa substância pode influenciar na resposta hemodinâmica devido sua metabolização endógena que vai gerar como produto final o óxido de nítrico na circulação sistêmica, aumentando sua produção na corrente sanguínea, especialmente em condições de hipóxia. A hipóxia se destaca como uma condição na qual uma quantidade do conteúdo ou pressão parcial de oxigênio não é suficiente para atender a demanda das células e tecidos do corpo (FERNANDEZ-LAZARO et al., 2019).

A síntese de NO pode ocorrer em duas vias fisiológicas diferentes: a via dependente da NO sintase (NOS) e a via independente da NOS por meio da ingestão de fontes de nitrato inorgânico. Através da via  $\text{NO}_3^-$ -nitrito-NO ocorre a metabolização do  $\text{NO}_3^-$  por meio das bactérias orais anaeróbicas comensais facultativas, que reduzem o  $\text{NO}_3^-$  em  $\text{NO}_2^-$  pela ação de enzimas nitrato redutase, na sequência, o  $\text{NO}_2^-$  reage com baixo pH estomacal e é convertido em NO e outros óxidos de nitrogênio bioativos, tanto no estômago como nas porções iniciais do intestino delgado, até posteriormente atingir a circulação sistêmica (LUNDBERG et al., 2008; CALVO et al., 2020; JONES et al., 2021).

Já na corrente sanguínea, o NO por ser uma molécula lipofílica e pequena pode ser difundida rapidamente através das membranas das células endoteliais para a camada de músculo liso vascular subjacente, gerando o relaxamento vascular. O mecanismo de ação é mediado pela nitrosilação do ferro hêmico na guanilato ciclase, ocasionando um aumento na síntese de monofosfato cíclico de guanosina (cGMP), na qual a ativação da proteína quinase dependente de cGMP (PKG) é um dos mecanismos de ação do cGMP, que por sua vez ativa proteínas quinases que modulam as atividades quinase e fosfatase da miosina de cadeia leve, resultando em menor fosforilação da miosina, e consequentemente vasorelaxamento (UMBRELLO et al., 2013).

De acordo com Umbrello et al. (2013), o NO também pode causar vasodilatação via abertura mediada por cGMP de cálcio sensível e canais de potássio sensíveis a ATP. Quando esses canais iônicos se abrem, o efluxo externo de potássio hiperpolariza a membrana plasmática, reduzindo o tônus vascular.

Entretanto, Cuenca et al. (2018), demonstra que os benefícios da ingestão de nitrato no estímulo à liberação de cálcio estão restritos às fibras musculares do tipo II, pois nessas fibras o NO atua a partir da regulação positiva da calsequestrina, o que reduz as taxas de degradação

de fosfocreatina e reduz o custo para produção de ATP durante a prática de exercícios de diferentes intensidades. Durante corridas de curta duração, as fibras musculares do tipo II são utilizadas para suportar as demandas de contração, o que leva a redução drástica do pH em relação às fibras oxidativas. A acidez no interior das células promove a redução do NO<sub>2</sub> para NO, com o aumento da disponibilidade de NO ocorre a redução do custo ATP e a fosfocreatina para contração muscular. Esta combinação de fatores age diretamente no retardamento da fadiga ao longo das práticas esportivas de alta intensidade (CUENCA et al., 2018).

#### **4. EFEITOS FISIOLÓGICOS DO NITRATO NA RESPOSTA CARDIOVASCULAR E HEMODINÂMICA**

O principal motivo para nitrato tornar-se um aliado da saúde humana está no fato de sofrer a conversão para NO, já que este está presente em diversos mecanismos do corpo humano, podendo ter impacto positivos sobre eles. Tratamentos que inibem a presença orgânica do NO contribuem para quadros de hipertensão, disfunção metabólica, dislipidemia e obesidade (LOWINGS et al., 2017).

Segundo Tan et al. (2022), um dos principais mecanismos de atuação do NO é a interação com a guanilato-ciclase que possibilita a dilatação dos vasos sanguíneos e agregação das plaquetas por meio do ferro. A ingestão de alimentos ricos em nitrato, combinada com uma dieta repleta de vegetais é fundamental para o combate a hipertensão arterial sistêmica. Como exemplo, a utilização do nitrito de sódio em apenas três dias pode diminuir consideravelmente a pressão arterial de uma pessoa hipertensa, estudos comprovam que durante o pico de ingestão de nitrito alcançam-se as menores faixas de pressão arterial média.

Segundo Domínguez et al. (2017), a redução da pressão arterial média ocorre por conta do NO ser um importante vasodilatador, atuando diretamente na eficiência vascular do corpo. A dilatação de pequenos vasos e artérias permite a redução da agregação das plaquetas e o aumento da contração dos cardiomiócitos. Os efeitos do NO podem ser observados tanto nos processos intracelulares quanto extracelulares, mediando o processo entre ambos.

Macuh e Knap (2021) demonstram que pessoas com deficiências na função endotelial apresentam dificuldade de produzir NO durante a prática de exercícios físicos intensos, reduzindo significativamente os efeitos que podem ser produzidos pela ingestão do nitrato.

Outro papel fundamental do nitrito, é a manutenção do funcionamento endotelial por meio de propriedades antiagregadoras, antiadesivas e vasodilatadoras. Em estudo realizado por Ivy (2019), tal substância também se mostrou eficiente para a dilatação das artérias na presença

de maior fluxo sanguíneo em indivíduos saudáveis, entretanto, a resposta à nitroglicerina permaneceu a mesma na circulação sanguínea.

Apesar de vários estudos apontarem para os benefícios da utilização do nitrato dietético na resposta cardiovascular, como de acordo com a revisão sistemática e meta-análise desenvolvida por Bahadoran et al. (2017), que teve como objetivo elucidar os aspectos da suplementação de suco de beterraba na pressão arterial através de ensaios clínicos randomizados, onde os autores demonstraram que a PAS e a PAD foram significativamente menores no suplemento com suco de beterraba nos grupos do que nos grupos de controle e a diferença média de PAS foi maior entre os grupos suplementados e observou-se correlação positiva entre as doses de suco de beterraba e as diferenças médias das pressões arteriais, e que vai de acordo com o estudo de Ocampo et al. (2018), que também avaliaram relação do nitrato dietético de suco de beterraba na pressão arterial, e observaram que a intervenção dietética poderia diminuir significativamente o risco de sofrer eventos cardiovasculares e, assim, ajudar a diminuição da taxa de mortalidade associada a hipertensão arterial. Em relação aos efeitos da suplementação com suco de beterraba na resistência cardiorrespiratória em atletas, os resultados disponíveis na revisão sistemática de Domínguez et al. (2017), sugerem que a suplementação com suco de beterraba pode melhorar a resistência cardiorrespiratória em atletas, aumentando a eficiência, o que melhora o desempenho em várias distâncias, aumenta o tempo até a exaustão em intensidades submáximas e pode melhorar o desempenho cardiorrespiratório em intensidades de limiar anaeróbio e consumo máximo de oxigênio. Os mecanismos que, de fato, auxiliam a função endotelial ainda são, em grande parte, desconhecidos da ciência. Apesar de associar seus benefícios a guanilato-ciclase, nenhum dado confirmou essa relação em indivíduos que adotam dietas ricas em nitrato (IVY, 2019).

Ademais, o nitrato também demonstrou ser benéfico com relação à rigidez arterial (CHIBA et al., 2019). Com o passar do tempo, as artérias envelhecem e vão ficando mais rígidas por contas da fibrose e da redução da elastina, responsáveis pelo controle entre a elasticidade e rigidez muscular (ALVIM et al., 2017). O consumo de NO pode significar uma fonte funcional para o combate ao envelhecimento arterial e redução da velocidade de onda de pulso, um teste realizado para avaliar a rigidez das artérias, assim, quanto maior a velocidade, maior a rigidez arterial. Porém, mesmo em indivíduos mais velhos, o consumo de nitrato apresentou pequenas variações, ao reduzir a velocidade de onda de pulso e ampliar a elasticidade arterial (SENEFELD et al., 2020).

A rigidez arterial está diretamente relacionada à resistência vascular periférica, que é caracterizado pela diminuição da complacência das grandes artérias, o fenômeno é causado,

principalmente, pelo atrito entre as paredes dos vasos e do sangue, logo, quanto menor a área do vaso disponível para passagem do sangue, maior a resistência vascular periférica (ALVIM et al., 2017; CHIBA et al., 2019). Os estudos de McMahon et al. (2017) e Cuenca et al. (2018), mostraram que o nitrato estimula a vasodilatação muscular esquelética, reduzindo a resistência vascular periférica e, conseqüentemente, aumentando a queda na pressão arterial.

Jones et al. (2014), também observou em seus levantamentos que o nitrato pode apresentar alguns benefícios, mesmo que pequenos, sobre a frequência cardíaca, em uma pequena parte dos estudos analisados pelo autor, houve uma ligeira redução da FC na utilização da suplementação de nitrato em relação ao placebo para praticantes de atividades físicas. Enquanto isso, o estudo Bescós et al. (2011), mostrou que a ingestão crônica de pequenas porções de suco de beterraba rica em nitrato inorgânico, trouxe benefícios diretos na melhor da saturação de oxigênio em indivíduos sedentários, durante a realização dos testes físicos. Já em relação ao duplo produto, que é um parâmetro aceito como indicativo do trabalho cardíaco durante atividades físicas, não houve nenhum dos estudos que conseguiu indicar mudanças significativas entre os participantes que utilizavam suplementação e placebo.

## **5. NITRATO E EXERCÍCIO DE FORÇA**

As respostas cardiovasculares agudas induzidas durante o treinamento de força variam em função do tipo, intensidade e duração do exercício (JONES et al., 2014). Os exercícios resistidos envolve o controle de diversas variáveis, como número de séries, ordem dos exercícios, tipos de exercícios, tempo de intervalo, velocidade, entre outros aspectos (FERREIRA et al., 2020). Tais variáveis podem desencadear diversas respostas fisiológicas durante a performance que impactam diretamente nas respostas cardiovasculares durante o treinamento (MOREIRA et al., 2017).

O exercício resistido de alta intensidade e volumes mais altos pode desencadear um aumento da demanda cardiovascular resultando na diminuição do suprimento de oxigênio para os músculos ativos, gerando acúmulos de metabólitos locais, estimulação de quimiorreceptores e aumento da FC e da contratilidade cardíaca que também pode ser explicado pelo aumento da atividade nervosa simpática e diminuição da modulação parassimpática, devido ao aumento da ativação de quimiorreceptores e mecanorreceptores musculares e articulares. Essa resposta fisiológica ocorre devido a impulsos do córtex motor para o centro de controle cardiovascular e pelo aumento da resistência vascular periférica causado pela oclusão parcial do fluxo sanguíneo (MOREIRA et al., 2018).

Estudos realizados por Calvo et al. (2020), demonstram que em indivíduos normotensos é comum a redução da resistência vascular periférica durante a realização de atividades físicas. Outros trabalhos, como o realizado por Domínguez et al. (2017), apontaram a associação entre atividade física e consumo de nitrato pode ser um bom aliado na redução da pressão arterial (PA), já que a presença do  $\text{NO}_3^-$  reduz a resistência vascular ao fluxo sanguíneo e estimula a queda da PA, a partir da vasodilatação provocada pela liberação de NO.

Sabendo das respostas agudas geradas no treinamento de força, a suplementação de nitrato vem sendo estudada no desempenho esportivo, devido seus efeitos fisiológicos serem resumidos a uma dilatação do endotélio vascular, ocasionando um efeito vasodilatador e reduzindo a PA. Além disso, esses efeitos fisiológicos são interessantes para o desempenho esportivo, pois podem aumentar o fluxo sanguíneo muscular e melhorarem a remoção de lactato no exercício. Os efeitos da suplementação de  $\text{NO}_3^-$  foram comprovados em diferentes esportes de força, onde o sistema cardiovascular tem um papel importante no desempenho, mostrando um menor consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ) durante o exercício com uma melhora na síntese de trifosfato de adenosina (ATP) (JURADO-CASTRO et al., 2022).

Um estudo analisando os efeitos da suplementação de nitrato na resposta cardiovascular em níveis pressóricos, Thompson et al. (2014), verificou um potencial de diminuição da PA, da resistência vascular e da demanda de oxigênio do miocárdio tanto em indivíduos em recuperação, quanto em exercícios. Já Bailey et al. (2009), concluíram, em seu estudo, que a suplementação rica em nitrato reduziu apenas a PA sistólica, enquanto Omar et al. (2015), indicaram que reduções na PA sistólica e diastólica foram observadas, respectivamente, 2,5 e 3 horas após a suplementação. Além disso, outro estudo verificou que a PA sistólica permaneceu diminuída após 24 horas após a ingestão de suplemento de nitrato inorgânico, enquanto a PA diastólica voltou à linha de base (BURKE et al., 2019). Além disso, a literatura tem demonstrado que a ingestão de nitrato inorgânico é capaz de reduzir o  $\text{VO}_2$  pico para realização de exercícios máximos e submáximos podendo aumentar assim o tempo de exaustão (LARSEN et al., 2007; BAILEY et al., 2009; LARSEN et al., 2010; BESCÓS et al., 2011; LARSEN et al., 2011).

Em relação ao uso da suplementação no desempenho esportivo uma revisão sistemática proposta por Calvo et al. (2020), verificou a influência da ingestão de nitrato no desempenho em esportes cíclicos, dentre os resultados ergogênicos estatisticamente significativos foram obtidos em 8 (29,63%) dos 27 estudos investigados, com resultados significativos obtidos para parâmetros cardiorrespiratórios e medidas de desempenho, obtendo melhora na tolerância ao exercício, o que poderia ajudar na exaustão ao longo do tempo, enquanto a melhora na

economia do exercício não foi tão clara. Adicionalmente, a dose necessária para esse efeito ergogênico parece ter relação direta com a condição física do atleta. A dose aguda é de cerca de 6-12,4 mmol/dia de nitrato administrado 2-3 h antes da atividade, com a mesma quantidade dada como dose crônica ao longo de 6-15 dias. Já na revisão sistemática realizada por San et al. (2020), foi demonstrado que a suplementação dietética de nitrato induziu um efeito ergogênico em exercícios de resistência e do tipo sprint, que pode ser sustentado pelo aumento da contratilidade e perfusão muscular, particularmente nas fibras do tipo II. No entanto, dados limitados estão disponíveis para avaliar o potencial ergogênico da suplementação de NO<sup>3</sup> em outras modalidades de exercício que exigem o recrutamento de fibras tipo II, como exercícios de levantamento de pesos.

Em outro estudo, realizado por Senefeld et al. (2020), considerando mais de 100 estudos incluídos na síntese quantitativa pelo autor, o desempenho do exercício foi melhorado para exercícios de força, em índices como: recuperação mais rápido, períodos maiores de atividade, menor índice de fadiga e mais repetições em treino, em comparação com o placebo administrado. Porém, embora significativo, o tamanho do efeito foi muito pequeno, e apenas 32% dos estudos demonstraram de fato uma mudança relevante no desempenho de pessoas praticantes de exercícios, especialmente, atletas profissionais. A partir de tais dados, o autor pode concluir que em indivíduos não treinados, os efeitos são maiores na ingestão de nitrato. Apesar de estudos como os de Macuh e Knap (2021) parecerem demonstrar o contrário, é preciso diferenciar atletas de alto desempenho de pessoas comuns que praticam atividades físicas intensas rotineiramente, os quais, aparentemente, são o mais beneficiado pelo consumo de nitrato.

Guerra et al. (2022), a partir de um levantamento de estudos que utilizam a mesma sistemática relatada nos estudos apontados, relatou que a maior parte dos estudos que adotaram a ingestão crônica de suco de beterraba rico em nitrato apresentou resultados positivos, enquanto que, os estudos que avaliaram apenas doses agudas, apresentam resultados controversos – alguns com baixas ou nenhuma variação nas métricas analisadas. Tal afirmativa vai ao encontro dos estudos realizados por Bescós et al. (2011), que já afirmava que o consumo de nitrato a longo prazo trazia mais benefícios para os praticantes de esporte.

Na intenção de avaliar as práticas esportivas mais beneficiadas pela ingestão de nitrato, Guerra et al. (2022), observou que, em geral, nos testes de força a maior parte dos participantes apresentou índices melhores, mesmo que em níveis diferentes a depender da condição dos participantes. Porém, como relatado em outros estudos supracitados, atletas de alto desempenho não demonstram resultados suficientes para melhoria de desempenho.

Entretanto, nos estudos analisados por Calvo et al. (2020), variações mais positivas para a redução da fadiga muscular e da recuperação entre exercícios de força foram observadas em indivíduos que ingeriram uma dose aguda de suco de beterraba – 500 ml, em relação aos que adotaram ingestão crônica de nitrato – entre 70 ml e 140 ml. Tais controvérsias, podem ser explicadas pelas diferentes condições dos participantes e do ambiente em estudo, já que as alterações observáveis para os índices entre o consumo do nitrato e do placebo são muito pequenas, em todos os estudos.

## 6. CONCLUSÃO

Diante da suplementação de nitrato como um recurso nutricional ergogênico atribuídos a seus efeitos fisiológicos positivos no treinamento físico que ocasiona alterações cardiovasculares e hemodinâmicas atuando em funções relacionadas ao aumento do fluxo sanguíneo, troca gasosa, biogênese e eficiência mitocondrial e fortalecimento da contração muscular. Essas melhorias nos biomarcadores indicam que a suplementação pode ter efeito direto no desempenho e performance esportiva conforme verificado em protocolos com diversos públicos que levam em consideração a aptidão física com diferentes volumes e intensidades no treinamento e amostras de ambos os sexos, entretanto, os efeitos atribuídos a suplementação não é visto em todos os estudos, devido à influência de determinadas variáveis como condicionamento físico, tipo e duração do exercício, dose administrada, e indivíduos com menor condicionamento se beneficiaram melhor do que os indivíduos treinados, além de exercícios de alta intensidade terem melhores respostas com o uso dessa substância. Os estudos analisados nessa revisão incluíram a dose necessária para obter o efeito ergogênico parece ter relação direta com a condição física do atleta, sendo a dose aguda cerca de 6 a 12,4 mmol/dia de nitrato administrado 2-3 h antes do exercício, ou com a mesma quantidade dada como dose crônica ao longo de 6-15 dias. A maioria dos estudos avaliam os efeitos da suplementação em atividades envolvendo a resistência muscular e capacidade aeróbia, sendo ainda pouco discutido em exercícios resistidos, como no treinamento de força.

Embora a literatura científica demonstra resultados plausíveis sobre seu potencial efeito na prática esportiva acerca dos efeitos desta suplementação, ainda há uma discrepância de resultados para serem melhores esclarecidos a depender do tipo de exercício testado, além de estabelecerem um consenso de doses eficazes para cada vertente de treinamento, devido à influência de fatores que podem contribuir para a variabilidade dos efeitos da suplementação que incluem: diferenças interindividuais, como sexo biológico e aptidão física, além de

diferenças entre os parâmetros de desempenho (intensidade, tipo e duração do exercício) e parâmetros de suplementação (dose diária, período de dosagem e tempo).

## REFERÊNCIAS

- ALVIM, *et al.* Pathophysiological and Genetic Aspects. *International Journal of Cardiovascular Sciences*. Vol. 30. Num. 5. 2017. p. 433-441. Disponível em: <<https://doi.org/10.5935/2359-4802.20170053>>
- BAILEY, Stephen *et al.* Dietary nitrate supplementation reduces the O<sub>2</sub> cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 107. Num. 4. 2009. p. 1144-1155. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19661447/>>
- BAHADORAN, Zahra *et al.* The Nitrate-Independent Blood Pressure-Lowering Effect of Beetroot Juice: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in Nutrition*. Vol. 8. Num. 6. 2017. p. 930-938. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29141968/>>
- BESCÓS, Raúl *et al.* Acute administration of inorganic nitrate reduces VO<sub>2peak</sub> in endurance athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 43. Num. 10. 2011. p. 1979-1986. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21407132/>>
- BONILLA, Diego *et al.* Dietary Nitrate from Beetroot Juice for Hypertension: A Systematic Review. *Biomolecules*. Vol. 8. Num. 4. 2018. p. 134. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30400267/>>
- BURKE, Louise *et al.* International Association of Athletics Federations Consensus Statement 2019: Nutrition for Athletics. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 29. Num. 2. 2019. p. 73-84. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30952204/>>
- CALVO, Jorge *et al.* Influence of Nitrate Supplementation on Endurance Cyclic Sports Performance: A Systematic Review. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 6. 2020. p. 1796. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32560317/>>
- CHIBA, Tatsuo *et al.* Physiological role of nitric oxide for regulation of arterial stiffness in anesthetized rabbits. *Journal of Pharmacological Sciences*. Vol. 139. Num. 1. 2019. p.42-45. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30528468/>>
- CUENCA, Eduardo *et al.* Effects of Beetroot Juice Supplementation on Performance and Fatigue in a 30-s All-Out Sprint Exercise: A Randomized, Double-Blind Cross-Over Study. *Nutrients*. Vol. 10. Num. 9. 2018. p 1222. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30181436/>>
- DOMÍNGUEZ, Raúl *et al.* Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review. *Nutrients*. Vol. 9. Num. 1. 2017. p. 43. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28067808/>>
- FERREIRA, Leandro *et al.* Cardiovascular responses of beginner and advanced practitioners to different volume and intensity resistance exercise protocols. *European Journal of Human Movement*. Vol. 44. 2020. p. 80-94. Disponível em: <<https://www.eurjhm.com/index.php/eurjhm/article/view/545>>

FERNÁNDEZ-LÁZARO, Diego *et al.* The training of strength-resistance in hypoxia: effect on muscle hypertrophy. *Biomédica*. Vol. 39. Num. 1. 2019. p. 212-220. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31021559/>>

GUERRA, Camila *et al.* Nitrato derivado do suco de beterraba e suas influências no exercício de alta intensidade: uma revisão sistemática de ensaios clínicos randomizados. *RBNE - Revista Brasileira De Nutrição Esportiva*. Vol. 16. Num. 97. 2022. p. 107-117. Disponível em: <<http://www.rbne.com.br/index.php/rbne/article/view/1975>>

IVY, John L. Inorganic Nitrate Supplementation for Cardiovascular Health. *Methodist Debakey Cardiovasc Journal*. Vol. 15. Num. 3. 2019. p. 200-206. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31687099/>>

JONES, Andrew M. Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Medicine*. Vol. 44. Num. 1. 2014. p. 35-45. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24791915/>>

JONES, Andrew *et al.* Dietary Nitrate and Nitric Oxide Metabolism: Mouth, Circulation, Skeletal Muscle, and Exercise Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 53. Num. 2. 2021. p. 280-294. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32735111/>>

JURADO-CASTRO, Jose *et al.* Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Lower-Body Strength in Female Athletes: Double-Blind Crossover Randomized Trial. *Sports Health*. Vol. 14. Num. 6. 2022. p. 812-821. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35603411/>>

LARSEN, F.J. *et al.* Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. *Acta Physiologica*. Vol. 191. Num. 1. 2007. p. 59-66. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17635415/>>

LARSEN, F.J. *et al.* Dietary nitrate reduces maximal oxygen consumption while maintaining work performance in maximal exercise. *Free Radical Biology and Medicine*. Vol. 48. Num. 2. 2010. p. 342-347. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19913611/>>

LARSEN, F.J. *et al.* Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metabolism*. Vol. 13. Num. 2. 2011. p. 149-159. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21284982/>>

LOWINGS, Sam *et al.* Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Swimming Performance in Trained Swimmers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 27. Num. 4 2017. p. 377-384. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28182502/>>

LUNDBERG, Jon *et al.* The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature Reviews Drug Discovery*. Vol. 7. Num. 2. 2008. p. 156-167. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18167491/>>

MACUH, Matjaž; KNAP, Bojan. Effects of Nitrate Supplementation on Exercise Performance in Humans: A Narrative Review. *Nutrients*. Vol. 13. Num. 9. 2021. p. 3183. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34579061/>>

McMAHON, Nicholas *et al.* The Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Endurance Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. Vol. 47. Num. 4. 2017. p. 735-756. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27600147/>>

MOREIRA, Osvaldo *et al.* Cardiovascular Responses to Unilateral, Bilateral, and Alternating Limb Resistance Exercise Performed Using Different Body Segments. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 31. Num. 3. 2017. p. 644-652. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26382128/>>

MOREIRA, Osvaldo *et al.* Cardiovascular response to strength training is more affected by intensity than volume in healthy subjects. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*. Vol. 11. 2018. p. 1-5. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888754617300278>>

MOSHER, Scott *et al.* Ingestion of a Nitric Oxide Enhancing Supplement Improves Resistance Exercise Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 30. Num. 12. 2016. p. 3520-3524. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27050244/>>

OMAR, S.A. *et al.* Therapeutic effects of inorganic nitrate and nitrite in cardiovascular and metabolic diseases. *Journal of Internal Medicine*. Vol. 279. Num. 4. 2015. p. 315-336. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26522443/>>

ROJAS-VALVERDE, Daniel *et al.* Effectiveness of beetroot juice derived nitrates supplementation on fatigue resistance during repeated-sprints: a systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 61. Num. 20. 2020. p. 3395-3406. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32715742/>>

SAN JUAN, Alejandro *et al.* Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Weightlifting Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review. *Nutrients*. Vol. 12. Num 8. 2020. p. 2227. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32722588/>>

SENEFELD, Jonathon *et al.* Ergogenic Effect of Nitrate Supplementation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 52. Num. 10. 2020. p. 2250-2261. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32936597/>>

SHANNON, Oliver *et al.* Nitric oxide, aging and aerobic exercise: Sedentary individuals to Master's athletes. *Nitric Oxide*. Vol. 125-126. Num. 1. 2022. p. 31-39. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35705144/>>

TAN, Rachel *et al.* The Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Explosive Exercise Performance: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. Vol. 19. Num. 2. 2022. p. 762. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35055584/>

THOMPSON, Kevin *et al.* Influence of dietary nitrate supplementation on physiological and cognitive responses to incremental cycle exercise. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. Vol. 193. Num. 1. 2014. p. 11-20. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24389270/>>

UMBRELLA, Michele *et al.* The key role of nitric oxide in hypoxia: hypoxic vasodilation and energy supply-demand matching. *Antioxidants & Redox Signaling*. Vol. 19. Num. 14. 2013. p. 1690-1710.

Disponível

em:

[https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23311950/#:~:text=Nitric%20oxide%20\(NO\)%20is%20a,promoting%20utilization%20of%20alternative%20pathways](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23311950/#:~:text=Nitric%20oxide%20(NO)%20is%20a,promoting%20utilization%20of%20alternative%20pathways)

## **CAPÍTULO II**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DO SUCO DE BETERRABA RICO EM NITRATO NAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES E HEMODINÂMICA AO EXERCÍCIO DE FORÇA REFORÇADO EXCENTRICAMENTE: UM ENSAIO RANDOMIZADO CRUZADO, TRIPLO-CEGO E CONTROLADO POR PLACEBO**

## RESUMO

O suco de beterraba é um recurso nutricional bastante utilizado no esporte devido sua atividade ergogênica, possuindo um papel importante na regulação de parâmetros funcionais e fisiológicos relacionados ao desempenho esportivo devido sua ação vasodilatadora e hipotensiva, bem como no aumento da eficiência energética e na melhora da contração muscular, conversão de fibras musculares e redução do custo de oxigênio, no entanto, seu efeito na modulação do sistema nervoso autônomo ao treinamento de força ainda não foram amplamente estudados. Com isso, essa pesquisa teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação aguda do suco de beterraba rico nitrato na resposta cardiovascular e hemodinâmica ao treinamento de força reforçado excêntrica. Trata-se de um ensaio cruzado, triplo-cego e controlado por placebo. A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal de Viçosa (UFV) no *Campus* de Florestal – MG com 15 estudantes de graduação do sexo masculino do curso de educação física (idade  $22 \pm 3,64$  anos) e que atenderam os critérios elegíveis da pesquisa. Após o processo de randomização, cada participante recebeu uma bebida teste a base de concentrado de suco de beterraba contendo 400mg de nitrato padronizado em sua composição em comparação ao grupo placebo e foram analisados em dois momentos do experimento. O protocolo da sessão do experimento foi composto por uma sessão de treinamento de força reforçado excêntrica, em que os voluntários de ambas as condições (placebo e suplemento) e realizaram 4 séries de 8-12 repetições, com intensidade de 100% da força concêntrica máxima (all out) e velocidade máxima de execução na fase concêntrica, com frenagem de movimento na fase excêntrica, no exercício de cadeira extensora, onde foram respeitados noventa segundos de intervalo de recuperação entre as séries e imediatamente ao final de cada série foi avaliado a frequência cardíaca, pressão arterial, saturação de oxigênio e percepção subjetiva de esforço, bem como o número de repetições realizadas e o tempo sob tensão. A análise dos dados foi realizada no software estatístico SPSS 23, os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro Wilk; a transformação logarítmica (base 10) foi realizada para as variáveis dependentes que não possuísem distribuição normal, a análise descritiva foi apresentada com as médias e desvios-padrão, e a comparação dos valores do pré-teste das variáveis entre as condições (suplemento x placebo) foi realizada por meio do teste t para amostras relacionadas, a homogeneidade das variâncias foi determinada pelo teste M de Box e as comparações intragrupo (pré x pós) e intergrupo (placebo x suplemento) foram realizadas por meio de modelos lineares gerais de análise multivariada da variância (MANOVA), utilizando 2 fatores: fator de tempo para comparação intragrupo e fator suplemento para comparação entre as condições (placebo x suplemento). A significância estatística foi estabelecida como  $p < 0,05$ . Como principais resultados foram observados que a suplementação de NO<sub>3</sub>- induziu a um menor aumento da PAS em resposta ao exercício resistido reforçado excêntrica em comparação com o placebo, além disso a suplementação de NO<sub>3</sub>- induziu a uma diminuição da resistência vascular periférica observada pela diminuição da PAD na última série do exercício resistido reforçado excêntrica, porém, a suplementação não interferiu na resposta da FC, do DP e da SaO<sub>2</sub> quando comparada à condição placebo e também não interferiu no TST e na PSE em comparação com os grupos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Suco de beterraba. Nitrato. Treinamento de força. Resposta cardiovascular. Hemodinâmica.

## ABSTRACT

Beetroot juice is a nutritional resource widely used in sports due to its ergogenic activity, playing an important role in the regulation of functional and physiological parameters related to sports performance due to its vasodilator and hypotensive action, as well as in increasing energy efficiency and improving muscle contraction, muscle fiber conversion and oxygen cost reduction, however, its effect on modulating the autonomic nervous system to strength training has not yet been widely studied. Thus, this research aimed to evaluate the effects of acute supplementation of nitrate-rich beetroot juice on the cardiovascular and hemodynamic response to eccentrically reinforced strength training. This is a crossover, triple-blind, placebo-controlled trial. The research was developed at the Federal University of Viçosa (UFV) on the Campus of Florestal - MG with 15 male undergraduate students of the physical education course (age  $22 \pm 3.64$  years) who met the eligible research criteria. After the randomization process, each participant received a test drink based on beetroot juice concentrate containing 400mg of standardized nitrate in its composition compared to the placebo group and were analyzed in two moments of the experiment. The experimental session protocol consisted of an eccentrically reinforced strength training session, in which volunteers in both conditions (placebo and supplement) performed 4 sets of 8-12 repetitions, with an intensity of 100% of maximum concentric strength. (all out) and maximum execution speed in the concentric phase, with movement braking in the eccentric phase, in the leg extension exercise, where ninety seconds of recovery interval between series were respected and immediately at the end of each series the frequency was evaluated heart rate, blood pressure, oxygen saturation and subjective perception of exertion, as well as the number of repetitions performed and the time under tension. Data analysis was performed using the SPSS 23 statistical software, data were submitted to the Shapiro Wilk normality test; logarithmic transformation (base 10) was performed for dependent variables that did not have normal distribution, descriptive analysis was presented with means and standard deviations, and comparison of pre-test values of variables between conditions (supplement x placebo ) was performed using the t test for related samples, the homogeneity of variances was determined using the Box M test, and intragroup (pre x post) and intergroup (placebo x supplement) comparisons were performed using general linear models of multivariate analysis of variance (MANOVA), using 2 factors: time factor for intragroup comparison and supplement factor for comparison between conditions (placebo x supplement). Statistical significance was set at  $p < 0.05$ . As main results, it was observed that NO<sub>3</sub>-supplementation induced a smaller increase in SBP in response to eccentrically reinforced resistance exercise compared to placebo, in addition, NO<sub>3</sub>-supplementation induced a decrease in peripheral vascular resistance observed by the decrease in DBP in the last series of eccentrically reinforced resistance exercise, however, the supplementation did not interfere in the HR, DP and SaO<sub>2</sub> response when compared to the placebo condition and also did not interfere in the TST and PSE in comparison with the groups.

**KEYWORDS:** Beet juice. Nitrate. Strength training. Cardiovascular response. Hemodynamics.

## 1. INTRODUÇÃO

Os efeitos ergogênicos da suplementação do suco de beterraba têm sido um tópico de destaque na prática esportiva devido a presença do nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) em sua composição, com isso a suplementação poderia aumentar a biodisponibilidade de óxido nítrico (NO) através da via  $\text{NO}_3^-$ —nitrito—NO, que está envolvida em processos fisiológicos que podem, potencialmente, melhorar a função do músculo esquelético, especialmente em condições em que existe uma demanda aumentada por oxigênio, como no exercício físico (LORENZO et al., 2020; JUAN et al., 2020).

As respostas cardiovasculares agudas induzidas durante o treinamento de força variam em função do tipo, intensidade e duração do exercício. Os exercícios resistido executados em alta intensidade possuem um componente estático considerável, provocando um aumento da resistência vascular periférica, além disso, a oclusão do leito vascular que promove o acúmulo de metabólitos que acionam os quimiorreceptores musculares, estimulando o sistema nervoso simpático na liberação de catecolaminas e conseqüentemente, ocorre o aumento da frequência cardíaca e, sobretudo, da pressão arterial sistólica durante o esforço, levando a aumento do duplo produto, sendo um importante indicador de estresse cardíaco (ASSUNÇÃO et al., 2007; JONES, 2014).

Sabendo das respostas agudas geradas no treinamento de força, a suplementação de nitrato vem sendo estudada no desempenho esportivo, devido seus efeitos fisiológicos serem resumidos a uma dilatação do endotélio vascular, ocasionando um efeito vasodilatador e reduzindo a pressão arterial. Além disso, esses efeitos fisiológicos são interessantes para o desempenho esportivo, pois podem aumentar o fluxo sanguíneo muscular e melhorarem a remoção de lactato no exercício. Os efeitos da suplementação de  $\text{NO}_3^-$  foram comprovados em diferentes esportes de resistência, onde o sistema cardiovascular tem um papel importante no desempenho, mostrando um menor consumo de oxigênio ( $\text{VO}_2$ ) durante o exercício com uma melhora na síntese de trifosfato de adenosina (ATP) (JURADO-CASTRO et al., 2022).

Domínguez et al. (2017) aponta que foi demonstrado estudos em animais que o efeito de melhoria do fluxo sanguíneo do NO é maior para fibras musculares do tipo II quando comparado para as unidades motoras do tipo I e foi notado que a melhoria da produção de energia produzida em resposta ao a suplementação com suco de beterraba é específica para unidades motoras do tipo II, o autor aponta que isso ocorre porque esse tipo de unidade muscular tem maior capacidade de produção de energia e é projetada para obter energia por vias não oxidativas, isto se deve à maior capacidade destas unidades para armazenar glicogênio e

creatina muscular, bem como proteínas como a carnosina, que têm um efeito tampão a nível intracelular.

Estudos analisando os efeitos da suplementação de nitrato na resposta cardiovascular em especialmente nos níveis pressóricos, Bond et al. (2014) verificou um potencial de diminuição da PA, da resistência vascular e da demanda de oxigênio do miocárdio tanto em indivíduos em recuperação quanto em exercícios, já Vanhatalo et al. (2010) concluiu em seu estudo que a suplementação rica em nitrato reduziu apenas a PAS, enquanto Webb et al. (2008) indicaram que reduções na PA sistólica e diastólica foram observadas, respectivamente, 2,5 e 3 horas após a suplementação. Além disso, outro estudo verificou que a PA sistólica permaneceu diminuída após 24 horas após a ingestão, enquanto a PA diastólica voltou à linha de base (SAUDERS et al., 2016). Além disso, tem demonstrado que a ingestão de nitrato inorgânico é capaz de reduzir o  $VO_2$  pico para realização de exercícios máximos e submáximos podendo aumentar assim o tempo de exaustão (LARSEN et al., 2007; BAILEY et al., 2009; LARSEN et al., 2010; BESCÓS et al., 2011; LARSEN et al., 2011).

Dado os efeitos atribuídos a suplementação dietética do suco de beterraba no desempenho esportivo com sua atividade ergogênica no treinamento físico devido a melhorias em parâmetros fisiológicos no sistema cardiovascular que contribuem para uma melhor perfusão muscular, no entanto, esses efeitos na modulação do sistema nervoso autônomo ao treinamento de força ainda não foram amplamente estudados, portanto, espera-se analisar os efeitos agudos gerados da suplementação na resposta cardiovascular e hemodinâmica no treinamento de força reforçado excêntrica. Além disso, será possível avaliar os efeitos do suplemento em questão que possibilitarão a melhor compreensão de mecanismos fisiológicos de ação, e conseqüentemente, subsídios para embasar novos estudos e estabelecer condutas assertivas, além de contribuir para prática dos profissionais de Nutrição, Educação Física e outras áreas da saúde.

Nesse sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da suplementação aguda do suco de beterraba rica em nitrato nas respostas cardiovasculares e hemodinâmicas ao treinamento de força reforçado excêntrica.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Desenho do estudo e considerações éticas**

Trata-se de um ensaio randomizado cruzado, triplo-cego e controlado por placebo. A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Análise da Morfofisiologia Humana da

Universidade Federal de Viçosa (UFV) no *Campus* de Florestal – MG. Os avaliadores envolvidos na pesquisa passaram por um treinamento prévio para padronização da realização da coleta dos dados. Por se tratar de um estudo triplo-cego, foram cegados os participantes, os avaliadores e o estatístico. Todos os cuidados éticos e sanitários foram tomados para a prevenção do COVID-19 de acordo com as recomendações preconizadas pelo Ministério da Saúde.

Todos os procedimentos desenvolvidos na pesquisa obedeceram às Normas Éticas para pesquisa em Ciências do Exercício e do Esporte e realizados de acordo com a Declaração de Helsinki (WILLIAMS, 2008). A pesquisa foi aprovada e autorizada pelo comitê de ética da Universidade Federal de Lavras, sob o parecer nº 3.663.376 (ANEXO-A). A estruturação da pesquisa seguiu as diretrizes do CONSORT (SCHULZ et al., 2010).

Os estudantes foram convidados a participar voluntariamente do projeto de pesquisa, após informação, esclarecimento e assinatura de um TCLE específico (APÊNDICE A), mediante a assinatura no campo específico onde se encontrava a seguinte frase: “*Declaro que li o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e concordo em participar da pesquisa*”. Os participantes poderiam solicitar uma cópia do TCLE quando conveniente a qualquer momento.

Este é um estudo que apresentava riscos mínimos para sua população, que poderia gerar desconforto gastrointestinal associado a ingestão da suplementação, constrangimento e/ ou desconforto ao ter que responder questões sobre antecedentes pessoais e estilo de vida. O voluntário também poderia se sentir constrangido ao realizar a avaliação antropométrica e avaliação da composição corporal ou durante a aplicação dos testes. Foi assegurado ao participante conforto e segurança, tanto ao responder o questionário quanto na coleta de dados, minimizando o máximo possível alguma intercorrência. Cabe ressaltar, que mesmo classificada como uma pesquisa de risco mínimo, os pesquisadores ficaram atentos a qualquer manifestação dos participantes tomando-se as medidas necessárias.

## **2.2. Amostra**

A pesquisa contou com a participação voluntária de 15 adultos jovens do sexo masculino com idade média de  $22 \pm 3,64$  anos. Para o cálculo amostral levou-se em consideração o teste MANOVA para medidas repetidas, cálculo a priori, um tamanho de efeito "f<sup>2</sup>" de 0,57 para a FC (Moreira et al., 2017), um  $\alpha$  de 5% e um poder de 95%, o cálculo do tamanho da amostra foi realizado pelo programa G-Power® da Universidade de Dusseldorf, indicando um tamanho

total de amostra de 14 indivíduos, para um lambda de 18,19, um F crítico de 4,75, um V de Pillai de 0,57 e um poder de 0,97.

Os critérios de inclusão adotados na pesquisa foram: homens de 18 a 30 anos, aparentemente saudáveis, sem experiência de treinamento de força ou destreinados há pelo menos 3 meses que antecederesse a coleta, sem histórico de lesões musculares e que fossem clinicamente aptos, sem presença de comorbidades ou presença de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), sem uso de marca-passo cardíaco, não fumantes e que não faziam uso de medicamentos betabloqueadores ou anti-hipertensivos, esteroides anabolizantes ou suplementos ergogênicos como: creatina monohidratada, cafeína anidra, beta alanina, bicarbonato de sódio e nitrato. Os critérios de exclusão adotados foram: a quebra do período jejum prévio nos dias de testes, glicemia > 100mg/dl, frequência cardíaca acima 100 bpm, pressão arterial > 139X89 mmHg, estado febril ( $T > 37^{\circ}\text{C}$ ) e histórico de lesão aguda.

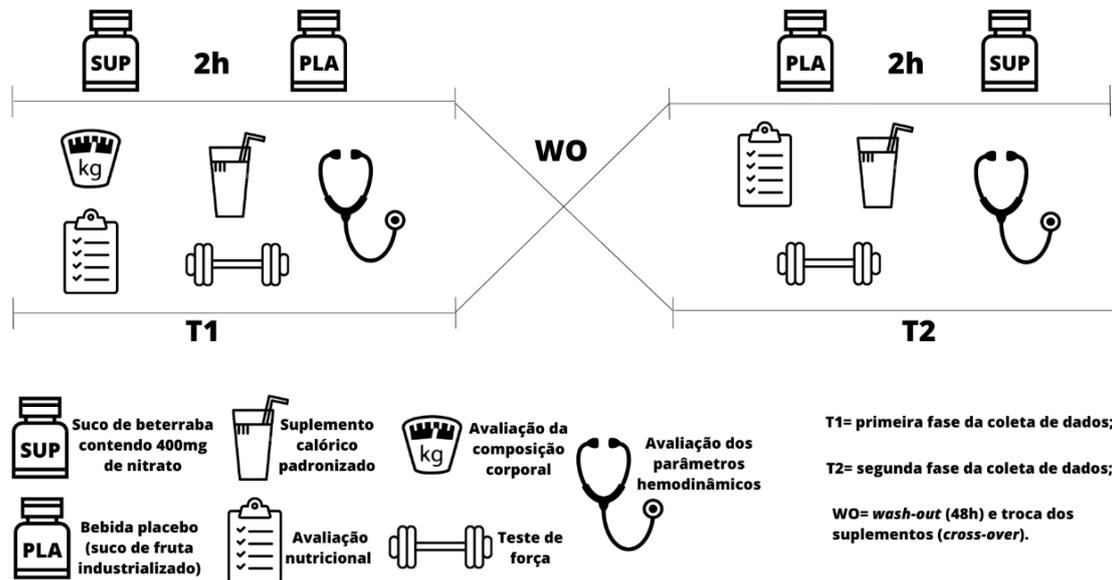
O recrutamento dos voluntários ocorreu mediante ao um convite à estudantes universitários que atendessem os critérios elegíveis da pesquisa e teve a duração de 1 mês. Os indivíduos pré-selecionados (dentro dos critérios de inclusão) foram comunicados em relação à data, horário e local da coleta de dados e receberam as devidas orientações necessárias.

### **2.3. Logística do estudo**

A coleta de dados ocorreu no Laboratório de Análise da Morfofisiologia Humana da Universidade Federal de Viçosa (UFV) no *Campus* de Florestal – MG. Cada indivíduo selecionado compareceu ao laboratório em duas ocasiões em que foram realizados os testes. Os voluntários se deslocaram de maneira autônoma até o local. As avaliações aconteceram em datas pré-estabelecidas no período da manhã e no mesmo horário. Foi orientado para que todos os participantes que chegassem em jejum prévio de 12h para a avaliação. Além disso, foi solicitado para que os participantes comparecessem com roupas leves. Foram orientados a evitar o consumo de álcool, alimentos ricos em nitratos, cafeína, tabaco, e exercícios físico 48h antes da pesquisa, além de evitar o uso de gomas de mascar e antisséptico bucal antibacteriano por 48h e escovação da língua antes da vinda ao laboratório, pois esses podem bloquear a conversão de  $\text{NO}_3^-$  para  $\text{NO}_2^-$  por bactérias na cavidade oral (APÊNDICE- B - lista de orientações para as sessões experimentais) (JURADO-CASTRO *et al.*, 2022). Devido a solicitação de estado de jejum, foi ofertado nos dias de experimentação 500ml de um suplemento calórico padronizado em nutrientes contendo em sua composição 351 kcal, 54g de carboidratos, 27g de proteínas e 3g de gorduras totais (*Growth Supplements*) para todos os

participantes da pesquisa. Chegando ao laboratório, os participantes preencheram o formulário com seus dados pessoais e permaneceram em repouso de 5 minutos antes da primeira aferição de repouso da frequência cardíaca (FCr), pressão arterial (PA), nível de saturação de oxigênio (SaO<sub>2</sub>) e glicemia capilar (GC). Também foi aferida a temperatura corporal dos participantes para descartar que estivessem apresentando estado febril. Em seguida, foram direcionados para avaliação física da composição corporal, pelo método de bioimpedância elétrica (ALVERO-CRUZA et al., 2011). Após o término da avaliação, foi ofertado o suplemento calórico padronizado em nutrientes (ANEXO-B) e 20 minutos após a sua ingestão o grupo intervenção tomou 70ml de uma bebida concentrada em beterraba contendo 400mg de nitrato padronizado na composição (Beet It Sport®, James White Drinks Ltd., Ipswich, Reino Unido) e o grupo placebo 70ml de uma bebida comercial com baixo teor em nitrato (Kapo®, Del Valle, Brasil; Bebida pasteurizada contendo 1,8mg de nitrato) (Bezerra, 2017), e aguardaram 2h antes de serem submetidos ao protocolo do exercício de força reforçado excêntrica. As bebidas testes foram entregues aos participantes em copo descartável opaco e individualmente. Enquanto os indivíduos aguardavam o tempo preconizado antes do primeiro teste, foram preenchendo a ficha de anamnese da pesquisa contendo informações sobre a história clínica e recordatório alimentar de 24h. Passado o tempo estabelecido, o indivíduo foi encaminhado para a realização do protocolo do exercício de força reforçado excêntrica. Já sentado e posicionado na cadeira extensora para execução do teste, foi avaliado a FC, PA e SaO<sub>2</sub> de repouso e imediatamente ao final de cada série executada. Foi avaliado também a percepção subjetiva de esforço (PSE) após a finalização de cada série, utilizando a escala OMNI-RES (ANEXO-C). Após 48h de *wash-out* os participantes retornaram ao laboratório para realização novamente do experimento. Os grupos foram invertidos (entre o placebo e o grupo intervenção da primeira fase que foram randomizados) e foi realizado a mesma dinâmica de experimentação, exceto o preenchimento do questionário e a avaliação da composição corporal. Foi utilizado o *wash-out* de 48h, pois estudos demonstram que após a ingestão de um suplemento de NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, os níveis plasmáticos de nitrato atingem o pico após 1–2 horas e os níveis plasmáticos de nitrito atingem o pico após 2–3 horas, ambos os níveis retornam gradualmente à linha de base após cerca de 24 horas (SENEFELD et al., 2020; WEBB et al., 2008).

**Figura 1:** Desenho experimental do estudo (n=15).



**Fonte:** Do autor.

#### 2.4. Protocolo de exercício de força reforçado excêntrica

O protocolo utilizado no presente estudo foi composto por uma sessão de exercício de força reforçado excêntrica, realizado em uma cadeira extensora com volantes isoinerciais (Physical Solutions, modelo Multi Leg Isoinercial, Santo Amaro/SP, Brasil) em que os voluntários de ambas as condições (placebo e suplemento) realizaram 4 séries de 12 repetições, com intensidade de 100% da força concêntrica máxima (all out) e velocidade máxima de execução na fase concêntrica, com frenagem de movimento na fase excêntrica, no exercício de extensão de joelhos. Foram respeitados noventa segundos de intervalo de recuperação entre as séries.

Imediatamente ao final de cada série foi avaliados os parâmetros de FC, PA, SpO<sup>2</sup> e PSE, bem como o número de repetições realizadas e o tempo sob tensão.

#### 2.5. Avaliação do consumo alimentar

Para avaliação do consumo alimentar foi aplicado o inquérito dietético do recordatório de 24 horas (R24h) nas duas fases do estudo, para ser registrado toda comida e bebida ingerida em suas respectivas quantidades nas últimas 24h de antecedência a experimentação. O consumo total de quilocalorias (energia) e dos macronutrientes (carboidratos, proteínas e lipídeos) foi

analisado afim de comprovar que a ingestão estava sendo similar nas duas etapas do estudo. Para os cálculos dietéticos foi utilizado o software *Web-Diet*®. Durante o período de experimentação também foi informado aos participantes que mantivessem seus hábitos alimentares e não iniciassem nenhum uso de suplemento alimentar.

## **2.6. Avaliação antropométrica e da composição corporal**

Para a avaliação antropométrica foi realizado a coleta das seguintes medidas para caracterização da população: massa corporal (Kg) e estatura (m). Para determinação da massa corporal foi utilizada a balança (Welmy, modelo 110CH), e a estatura foi aferida em estadiômetro portátil (Sanny).

Para análise da composição corporal, os voluntários foram submetidos a avaliação através do aparelho de bioimpedância elétrica tetrapolar da marca InBody (modelo 230). A avaliação seguiu o protocolo indicado pelo fabricante e recomendado aos participantes: não consumir álcool 48 horas antes do teste; fazer 12 horas de jejum e não realizar exercícios de intensidade moderada à elevada nas 12 horas antes da avaliação; não realizar o teste perante a presença de estado febril ou de desidratação; ir ao banheiro antes do teste; usar roupas leves e remover jóias e objetos metálicos ou implantes dentários com metal e não ingerir café antes do início do teste (ALVERO-CRUZA et al., 2011). A partir dos resultados da avaliação foi possível obter os dados referente à massa gorda, massa magra, água corporal total e o índice de massa corporal dos participantes.

## **2.7. Avaliação dos indicadores cardiovasculares e hemodinâmicos**

As aferições de PA, FC, SaO<sub>2</sub> foram realizados em 6 momentos da pesquisa, sendo a primeira aferição na chegada dos participantes ao laboratório após 5 minutos de descanso e sentados, e no segundo momento sendo aferido antes da aplicação ao teste de força já com o indivíduo posicionado antes de ser submetido ao teste, e imediatamente após a execução de cada série de executada (4 séries). A FC de repouso foi aferida considerando a média dos últimos dois minutos, com auxílio de um cardiofrequencímetro (Polar S610). A pressão arterial sistólica (PAS) e a pressão arterial diastólica (PAD) de repouso foram aferidas pelo método indireto auscultatório, com o auxílio de um esfigmomanômetro aneróide (Premium), seguindo as recomendações da Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC, 2010). Em exercício, a FC foi aferida registrando-se o maior valor apresentado ao final das séries e a PAS e PAD foram aferidas com o manguito sendo insuflado durante a última repetição e a leitura sendo realizada

em até máximo 10 segundos após o término da última repetição (MOREIRA et al., 2017). A avaliação da SaO<sub>2</sub> foi realizada no dedo indicador da mão direita, sendo a primeira aferição em repouso e as demais imediatamente após o término da última repetição executada em cada série do protocolo de exercício de força reforçado excêntrica, utilizando-se um oxímetro de pulso digital (G-TECH).

Dentre os aparelhos utilizados na avaliação hemodinâmica, a pressão arterial foi aferida utilizando um esfigmomanômetro analógico e estetoscópio e as medidas sendo expressas em mmHg, a frequência cardíaca foi aferida por meio de um frequencímetro cardíaco digital de fita de monitorização contínua expresso em batimentos por minuto, já o nível de saturação de oxigênio foi medido através de um oxímetro de pulso digital e expresso em porcentagem, e a glicemia capilar sendo dosada através de um glicosímetro utilizando lanceta e fita de mensuração descartáveis e os resultados obtidos foram expressos em mg/dl, a temperatura corporal foi aferida através de um termômetro digital sendo expresso a medida em graus celsius. Todos procedimentos foram padronizados seguindo as normas técnicas de aferições e um avaliador devidamente treinado.

## **2.8. Avaliação da carga interna da sessão de treinamento**

O monitoramento da carga interna da sessão de treinamento foi obtido através da percepção subjetiva de esforço, do *training impulse* (TRIMP) e da medida do custo cardíaco. A PSE foi avaliada imediatamente após a finalização de cada série executada, utilizando a escala OMNI-RES (ANEXO-C). O cálculo do TRIMP foi obtido utilizando a equação proposta por Banister et al. (1975), que leva em consideração na equação de uma sessão os dados do tempo de treinamento expresso em minutos multiplicado pela FC média em batimentos por minuto (TRIMP = tempo de treinamento (min) x FC média (bpm)). Para mensuração do custo cardíaco foi considerado o cálculo adaptado do estudo proposto por Shimazu et al. (2020) e levou em consideração a FC dividida pelo tempo sob tensão ( $CC = FC \text{ (bpm)} / TST \text{ (seg)}$ ).

## **2.9. Análise estatística**

A análise dos dados foi realizada no software estatístico SPSS 23. Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro Wilk; a transformação logarítmica (base 10) sendo realizada para as variáveis dependentes que não possuísem distribuição normal. A análise descritiva foi apresentada com as médias e desvios-padrão. A comparação dos valores do pré-teste das variáveis entre as condições (suplemento x placebo) foi realizada por meio do

teste t para amostras relacionadas. A homogeneidade das variâncias foi determinada pelo teste M de Box. As comparações intragrupo (pré x pós) e intergrupo (placebo x suplemento) foram realizadas por meio de modelos lineares gerais de análise multivariada da variância (MANOVA), utilizando 2 fatores: fator de tempo para comparação intragrupo e fator suplemento para comparação entre as condições (placebo x suplemento). A significância estatística foi estabelecida como  $p < 0,05$ . Também calculou-se o tamanho do efeito por meio do teste eta quadrado ( $\eta^2$ ), considerando os pontos de corte para definir efeitos pequenos ( $\eta^2 < 0,01$ ), médios ( $\eta^2$  entre 0,02 e 0,06) e grandes ( $\eta^2 > 0,14$ ) (Cohen, 1973).

### 3. RESULTADOS

Ao longo do estudo, monitorou-se os participantes e não foi observado e relatado nenhum dano nas duas fases de experimentação e também não ocorreram perdas durante a pesquisa.

Os valores de base para as características gerais, as variáveis antropométricas e as variáveis da composição corporal dos voluntários avaliados no presente estudo, estão apresentadas na tabela 1.

**Tabela 1.** Características gerais e de composição corporal da amostra.

	Media	SD	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	22,00	3,64	18,00	32,00
Estatura (cm)	175,41	5,61	164,00	183,50
Massa corporal (Kg)	66,31	6,38	52,50	75,80
TMB (Kcal)	1606,60	159,26	1348,00	1870,00
CMO (g)	3,21	,39	2,50	3,90
MLG (Kg)	57,18	7,37	45,20	69,40
MGC (Kg)	9,06	2,28	6,10	15,00
%GC (%)	13,87	4,08	8,40	24,30

TMB: taxa metabólica basal; CMO: conteúdo mineral ósseo; MLG: massa livre de gordura; MGC: massa de gordura corporal; %GC: percentual de gordura corporal.

Na comparação do consumo energético e de macronutrientes prévio a realização do exercício resistido reforçado excêntrica sob as duas condições experimentais: com suplementação de nitrato e com suplementação de placebo, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes, como apresentado na tabela 2. A única exceção foi a glicemia capilar de jejum, que se mostrou menor antes da condição experimental de suplementação de nitrato.

**Tabela 2.** Comparação da estimativa do consumo total de quilocalorias (energia) e dos macronutrientes (carboidratos, proteínas e lipídeos) da amostra.

	Suplementação de nitrato		Placebo		p
	Media	DP	Media	DP	
Kcal	2121,73	(999,43)	2062,07	(763,05)	0,865
CHO (g)	294,25	(139,27)	268,79	(108,33)	0,570
PTN (g)	106,25	(52,80)	98,64	(39,81)	0,975
LIP (g)	64,25	(40,95)	70,19	(36,76)	0,650
Gli_C (mg/dl)	79,53	(7,43)	83,47	(6,00)	0,024

Kcal: consumo total de quilocalorias; CHO: carboidratos; PTN: proteínas; LIP: lipídios; GLI\_C: glicemia capilar.

Na comparação das respostas hemodinâmicas e cardiovasculares dos avaliados, quando submetidos a exercício resistido reforçado excentricamente sob duas condições experimentais: com suplementação de nitrato e com suplementação de placebo, foi observado que os voluntários suplementados com suco de beterraba apresentaram menor resposta da PAS, quando comparados ao placebo, para todas as séries, com efeito cumulativo das séries. Para as outras variáveis (PAD, FC, DP e SaO<sub>2</sub>) não houve diferença significativa entre as duas condições experimentais analisadas.

Para a comparação entre as séries, nas duas condições experimentais avaliadas, observou-se um aumento da FC em relação ao repouso, com valores de pico sendo alcançados na última série. Para a PAD, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre as séries, com exceção da última série do grupo suplementado com nitrato, que apresentou uma redução, em comparação com a primeira série. Para o DP, observou-se um aumento crescente dos valores dessa variável, de acordo com o aumento das séries, nas duas condições experimentais. Por fim, para a SaO<sub>2</sub>, não houve diferença significativa entre as séries, conforme demonstrado na tabela 3.

**Tabela 3.** Comparação das respostas hemodinâmicas e cardiovasculares em sujeitos submetidos a exercício resistido reforçado excentricamente sob duas condições experimentais: com suplementação de nitrato e com administração de placebo.

	Suplementação de nitrato		Placebo		Fator Série			Fator Condição		
	Media	SD	Media	SD	F	p	η <sup>2</sup>	F	p	η <sup>2</sup>
PAS_REP	102,00	(5,61)	106,67	(8,16)	36,05	<0,001	0,93	13,8	0,002	0,50
PAS_S1	124,67	(11,72)*	133,67	(12,88)*						
PAS_S2	136,00	(11,37)* <sup>1</sup>	143,67	(14,94)* <sup>1</sup>						
PAS_S3	140,00	(11,95)* <sup>12</sup>	150,67	(17,10)* <sup>12</sup>						
PAS_S4	145,33	(13,43)* <sup>123</sup>	152,67	(19,44)* <sup>12</sup>						
PAD_REP	67,33	(7,04)	68,80	(6,61)	3,58	0,042	0,57	0,67	0,427	0,05
PAD_S1	69,33	(7,04)	72,47	(13,67)						
PAD_S2	66,00	(7,37)	70,47	(16,31)						

PAD_S3	66,00	(7,37)	68,47	(12,91)							
PAD_S4	64,33	(6,23) <sup>1</sup>	68,33	(19,43)							
FC_REP	73,33	(13,06)	71,87	(8,55)	90,13	<0,001	0,97	1,77	0,205	0,11	
FC_S1	144,47	(17,13)*	140,93	(14,38)*							
FC_S2	144,80	(17,69)*	141,67	(15,06)*							
FC_S3	146,80	(18,37)*	142,80	(15,72)*							
FC_S4	151,20	(20,42)* <sup>12</sup>	146,93	(14,10)* <sup>12</sup>							
DP_REP_a	74,96	(14,41)	76,78	(11,59)	49,89	<0,001	0,95	2,53	0,134	0,15	
DP_S1	181,05	(31,77)*	189,24	(31,63)*							
DP_S2	197,66	(32,43)* <sup>1</sup>	204,59	(36,52)* <sup>1</sup>							
DP_S3	206,20	(34,15)* <sup>12</sup>	216,51	(41,59)* <sup>12</sup>							
DP_S4	221,09	(41,60)* <sup>123</sup>	225,65	(43,80)* <sup>123</sup>							
SaO <sub>2</sub> _REP	98,07	(,59)	97,47	(1,88)	2,07	0,222	0,24	1,36	0,277	0,15	
SaO <sub>2</sub> _S1	96,92	(1,44)	96,14	(2,32)							
SaO <sub>2</sub> _S2	97,07	(1,39)	96,29	(1,59)							
SaO <sub>2</sub> _S3	97,58	(,51)	97,20	(,94)							
SaO <sub>2</sub> _S4	96,21	(1,48)	96,93	(1,58)							

\*: p<0,05 em comparação ao repouso; <sup>1</sup>: p<0,05 em comparação à S1; <sup>2</sup>: p<0,05 em comparação à S2; <sup>3</sup>: p<0,05 em comparação à S3; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; FC: frequência cardíaca; DP: duplo produto; SaO<sub>2</sub>: saturação de oxigênio; REP: repouso; S1: primeira série; S2: segunda série; S3: terceira série; S4: quarta série.

Como apresentado na tabela 4, nenhuma alteração significativa foi observada para o TST, seja em relação às séries, seja em relação à condição experimental. Já para a PSE, foi observado um aumento da percepção da carga interna de trabalho em relação à primeira série, com pico de carga interna sendo alcançado na última série, nas duas condições experimentais, sem diferença estatisticamente significativa entre essas condições. Outro marcador de carga interna avaliado foi o TRIMP e o, que não diferiu entre as condições suplementação x placebo (175,45±19,64 x 180,76±22,75; p=0,431), já em relação ao CC não ocorreu diferença estatisticamente significativa quando comparado entre os grupos, porém ocorreu um aumento do CC em ambos os grupos em comparação com as séries conforme o tempo da sessão foi progredindo.

**Tabela 4.** Comparação do tempo sob tensão e da carga interna de treinamento em sujeitos submetidos a exercício resistido reforçado excentricamente sob duas condições experimentais: com suplementação de nitrato e com suplementação de placebo.

	Suplementação de nitrato		Placebo		Fator Série			Fator Condição		
	Media	DP	Media	DP	F	p	η <sup>2</sup>	F	p	η <sup>2</sup>
TST_S1	19,12	(2,13)	18,71	(2,57)	1,17	0,605	0,15	0,01	0,980	0,05
TST_S2	18,64	(1,48)	18,71	(2,60)						
TST_S3	17,96	(1,39)	18,38	(2,98)						
TST_S4	18,29	(1,55)	18,27	(2,11)						
PSE_S1	5,40	(1,06)	5,07	(1,28)	27,26	<0,001	0,88	0,63	0,443	0,05

PSE_S2	6,00	(1,31) <sup>1</sup>	6,00	(1,31) <sup>1</sup>							
PSE_S3	6,33	(1,11) <sup>1</sup>	6,40	(1,30) <sup>1</sup>							
PSE_S4	7,29	(1,07) <sup>123</sup>	6,60	(1,18) <sup>123</sup>							
CC_S1	7,66	(1,34)	7,73	(1,68)	3,55	0,048	0,47	0,15	0,707	0,10	
CC_S2	7,83	(1,27)	7,77	(1,70)							
CC_S3	8,23	(1,25) <sup>12</sup>	8,04	(1,94) <sup>12</sup>							
CC_S4	8,35	(1,46) <sup>12</sup>	8,19	(1,51) <sup>12</sup>							

<sup>1</sup>: p<0,05 em comparação à S1; <sup>2</sup>: p<0,05 em comparação à S2; <sup>3</sup>: p<0,05 em comparação à S3; TST: tempo sob tensão; PSE: percepção subjetiva de esforço; CC: custo cardíaco; S1: primeira série; S2: segunda série; S3: terceira série; S4: quarta série.

#### 4. DISCUSSÃO

Até onde sabemos, este é o primeiro estudo que avalia o efeito do exercício resistido reforçado excentricamente sobre as respostas hemodinâmicas e cardiovasculares, associadas à duas condições experimentais: com suplementação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e com administração de placebo. Como principais resultados foram observados que: 1) A suplementação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> induziu menor aumento da PAS em resposta ao exercício, quando comparada à condição placebo; 2) A suplementação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> também induziu a redução da PAD na última série do exercício resistido reforçado excentricamente, quando comparada à condição placebo; 3) A suplementação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> não interferiu nas respostas da FC, do DP e da SaO<sub>2</sub> ao exercício, quando comparada à condição placebo; 4) A suplementação de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> também não interferiu no TST e na PSE ao exercício resistido reforçado excentricamente, quando comparada à condição placebo.

Entre os efeitos observados no presente estudo, o principal benefício cardiovascular da utilização do NO<sub>3</sub><sup>-</sup> foi induzir a um menor aumento da PAS em resposta ao exercício resistido reforçado excentricamente, em comparação com a administração do placebo, em todos os voluntários. Exercícios físicos, especialmente os que utilizam força, tendem a promover o aumento do fluxo sanguíneo e da pressão que este exerce sobre as paredes vasculares, além de gerar força de cisalhamento nas células endoteliais (LUNDBERG et al., 2008; THOMPSON et al., 2014; BAILEY et al., 2009). Rojas-Valverde et al. (2021) destacam que, por isso os exercícios físicos, ao serem combinados com o consumo recomendado de nitrato, podem melhorar a produção de NO, especialmente em condições em que existe uma demanda aumentada por oxigênio, como durante o exercício físico.

De modo geral, a redução da pressão arterial ocorreu de forma muito similar ao encontrado nos estudos realizados por Larsen et al. (2011), que utilizaram uma dose aguda de suco de beterraba (0,1 mmol kg/dia de nitrato de sódio em 3 doses), em comparação com uma bebida placebo durante um teste físico de ciclismo ergométrico em alta intensidade. Em estudo

realizado por Thompson et al. (2014) verificou-se um potencial de diminuição da pressão arterial, da resistência vascular e da demanda de oxigênio do miocárdio, tanto em indivíduos em recuperação, quanto em exercícios de ciclo contínuo, com duração de 20 minutos, utilizando a concentração de nitrato (0,1 mmol kg/dia em 3 doses). Já Bailey et al. (2009) em seu estudo concluíram que, a suplementação rica em nitrato (0,6 mmol kg/dia em dose única) antes de exercícios de baixa e alta intensidade, reduziu a PAS. Enquanto Omar et al. (2015) indicaram que reduções na PAS e PAD foram observadas, respectivamente, 2,5 e 3 horas após a suplementação de nitrato (0,1 a 1 mmol kg/dia), em indivíduos em repouso. Além disso, outro estudo verificou que a PAS permaneceu diminuída após 24 horas após a ingestão, enquanto a PAD voltou à linha de base, em atletas maratonistas que fizeram a ingestão de 0,25 mmol kg/dia de nitrato antes das provas (BURKE et al., 2019).

Segundo Cuenca et al. (2018), a utilização do  $\text{NO}_3^-$  dietético tem sido bastante discutida no meio científico a bastante tempo, por conta dos seus benefícios. Os autores também destacam que a redução da pressão arterial, em especial, da PAS é um consenso no meio acadêmico. Porém, estudos controversos demonstram pouca ou nenhuma variação em indivíduos considerados sedentários, conforme apontados por Macuh e Knap (2021). Neste estudo não foi possível constatar grandes variações entre o grupo que ingeriu  $\text{NO}_3^-$  (0,5 mmol kg/dia) antes de exercícios de média intensidade, com duração entre 10 a 17 minutos, em relação ao que ingeriu o placebo.

Domínguez et al. (2017), em seu estudo que avaliava o impacto da ingestão aguda de  $\text{NO}_3^-$  (6 a 8 mmol) na resistência cardiorrespiratória de atletas de endurance treinados, atribuiu a redução da pressão arterial ao fato de o nitrato dietético ser um precursor do NO, este possui potencial de atuar diretamente na função vascular. O NO é responsável por dilatar pequenos vasos e artérias, ampliar a contração dos cardiomiócitos e inibir a agregação plaquetária, além de ser um dos mais importantes mediadores de processos extracelulares e intracelulares (MACUH e KNAP, 2021).

Outro resultado decorrente da suplementação de  $\text{NO}_3^-$  foi a diminuição da resistência vascular periférica, observada pela diminuição da PAD na última série do exercício resistido reforçado excentricamente, quando comparada à condição placebo.

De modo geral, o corpo humano promove uma série de adaptações fisiológicas durante a prática de exercícios físicos, dentre os quais, alterações hemodinâmicas para manter homeostasia celular, mesmo em situações com maior demanda metabólica (LUNDBERG et al., 2007). A redução da resistência vascular periférica é comum durante a prática de exercícios de alta intensidade, como reforçado pelo estudo de Domínguez et al. (2017), em que atletas

normotensos foram avaliados durante a prática de exercícios físicos intensos. Segundo Larsen et al. (2011), o  $\text{NO}_3^-$  estimula a queda pressórica, especialmente, após uma série de exercícios físicos, pois estimula a liberação de vasodilatadores, como o NO. Os resultados encontrados pelo autor ao comparar indivíduos que utilizaram doses de  $\text{NO}_3^-$  com os que não utilizaram, confirmam a redução na resistência vascular.

Segundo McMahon et al. (2017), a resistência vascular periférica funciona como uma barreira ao fluxo sanguíneo, decorrendo, principalmente, do atrito do sangue contra as paredes dos vasos, isso significa, que quanto maior o diâmetro do vaso sanguíneo, menor será a resistência vascular. Por conta disso, Cuenca et al. (2018) destaca que o  $\text{NO}_3^-$  estimula a vasodilatação do músculo esquelético, conseqüentemente, reduz-se a resistência periférica ao fluxo sanguíneo. Simultaneamente, a vasoconstrição que ocorre nos tecidos não exercitados busca equilibrar a vasodilatação. A liberação do NO é ampliada com o consumo do  $\text{NO}_3^-$ , tornando a queda pressórica um pouco maior que a normal (LUNDBERG et al., 2007). Cuenca et al. (2018), ainda destaca que como resultado da redução da resistência vascular periférica durante a prática do exercício físico, ocorre a redução da PAD, o que pode auxiliar na manutenção de longos períodos de esforço sem repouso prolongado.

A suplementação de  $\text{NO}_3^-$  não interferiu na resposta da FC, do DP e da  $\text{SaO}_2$  ao exercício resistido reforçado excentricamente, quando comparada à condição placebo. As variações observadas em relação a indivíduos em repouso se apresentaram dentro da normalidade, tanto para o exercício com o consumo do nitrato, quanto no caso do placebo utilizado em estudo (MOREIRA et al., 2017; MOREIRA et al. 2017; FERREIRA et al., 2020).

Os resultados encontrados por Jones et al. (2014) para indivíduos que ingeriram 0,25 mmol kg/dia de  $\text{NO}_3^-$  durante três dias, também não demonstraram variações significativas nos índices de FC, DP e  $\text{SaO}_2$  quando comparado enquanto realizavam exercícios físicos de intensidade moderada. Porém, um estudo realizado por Bescós et al. (2012) demonstrou que a ingestão diária de  $\text{NO}_3^-$  (0,1 mmol kg/dia) por mais de uma semana, pode reduzir a FC durante a prática de exercícios físicos de alta intensidade e melhora na  $\text{SaO}_2$ , especialmente, se comparado aos indivíduos que ingerem  $\text{NO}_3^-$  e praticam exercícios físicos esporadicamente.

San Juan et al. (2020) destacam que, a possível melhora na eficiência de oxigênio se relaciona a redução do deslizamento da bomba de prótons mitocondriais. Essa redução ocorre especialmente por conta do aumento da eficiência da oxidação fosforilativa. Larsen et al. (2009) constataram que os indivíduos suplementados com  $\text{NO}_3^-$  a taxa de  $\text{SaO}_2$  era ligeiramente maior que o grupo placebo, pois o NO reduz a expressão proteínas desacopladoras e age como acceptor final de elétrons no sistema respiratório. As diferenças em nosso estudo podem ser justificadas

pelo tipo de treinamento através das vias metabólicas que são demandadas durante o exercício, o estudo comparativo avaliou em ciclismo ergométrico e se tratando de um exercício de resistência aeróbica há um predomínio do consumo de oxigênio no metabolismo aeróbio quando comparado com treinamentos resistidos em que há predominância da via anaeróbica. Segundo Siqueira (2013), a ingestão de  $\text{NO}_3^-$  inorgânico tem a capacidade de redução do  $\text{VO}_2$  pico para realização de exercícios máximos e submáximos em exercícios de resistência. O  $\text{VO}_2$  pico é um marcador correspondente ao volume de oxigênio consumido durante a prática de um exercício físico, sendo um indicador relacionado ao desempenho cardiovascular (REZAEI et al., 2021). Bailey et al. (2009) verificou que a suplementação crônica de três dias consecutivos de suco de beterraba rico em  $\text{NO}_3^-$  reduziu o custo de  $\text{O}_2$  significativamente para realização de exercícios submáximos, sendo um outro ponto que poderia justificar a não diferença no parâmetro de oxigenação entre os grupos neste presente estudo, é que utilizou-se o protocolo da suplementação aguda.

A suplementação de  $\text{NO}_3^-$  também não interferiu no TST e na PSE ao exercício resistido reforçado excentricamente, quando comparada à condição placebo. O resultado não apresentou nenhuma variação e não seguiu nenhum padrão contínuo de aumento ou redução, e pode ser justificada pela condição dos participantes ao longo do estudo, sem relação clara com a administração do  $\text{NO}_3^-$ .

O estudo realizado por Jones (2018), com teste até a exaustão em praticantes de treino de hipertrofia muscular, demonstrou resultados similares para TST e PSE entre a utilização do  $\text{NO}_3^-$  e de placebo. De forma semelhante, Bescós et al. (2012) realizaram testes com corredores, após a ingestão de uma dose aguda de suco de beterraba, também não encontrando diferenças entre a suplementação de  $\text{NO}_3^-$  e de placebo para PSE. Porém, outros estudos demonstram benefícios para atividades de força, mesmo que intermitentes, como nos casos de Mosher et al. (2016) e Thompson et al. (2014), que utilizaram dosagens entre 0,3 e 0,5 mmol/kg/dia para atletas praticantes de exercícios de força. Entre os benefícios, os autores apontaram a redução do tempo de repouso e uma maior duração de cada série.

Tal fato ocorre por conta da maior velocidade de recuperação proporcionada pelas altas doses de NO produzidas, que facilitam a passagem de oxigênio e lactato na corrente sanguínea, auxiliando a utilização pelas fibras musculares esqueléticas (MOSHER et al., 2016). Os resultados comprovam que, principalmente, em práticas de exercícios físicos intermitentes não é possível observar uma melhora na redução de percepção subjetiva de esforço através da administração de  $\text{NO}_3^-$ , porém, em atividades de longa duração, como o caso dos estudos de Bescós et al. (2012) e Shannon et al. (2017), a melhora torna-se perceptível. Segundo estes

pesquisadores, tal fato pode se justificar pelo aumento de NO produzido ao longo das atividades, mas que a cada interrupção cai bruscamente sua produção, logo, em exercícios ininterruptos de longa duração, os impactos se tornam mais perceptíveis.

Em relação às doses suplementadas nos estudos, de modo geral, os trabalhos analisados não apresentaram um consenso nas quantidades de administração de  $\text{NO}_3^-$ , tampouco sua conformidade quanto a melhor dose resposta e seu tempo estabelecido de suplementação, sendo que a maioria dos estudos avaliados apontam para uma dosagem indicada individualizada entre 0,1 e 0,5 mmol kg/dia de  $\text{NO}_3^-$  ou trabalham com uma dose padrão que varia em média de 6 a 12,4 mmol/dia de  $\text{NO}_3^-$ , sendo em sua grande maioria privilegiando o consumo agudo antes dos exercícios físicos programados, com uma janela que variava entre 20 minutos a até 3 horas que antecede, porém, alguns estudos utilizaram a suplementação crônica (3 – 15 dias) ou com doses fracionadas. Apesar dos protocolos de suplementação com  $\text{NO}_3^-$  estudo não demonstrarem consistentes para o treino de força (com exceção da PAS), outros estudos indicam índices melhores de PA, FC, DP e  $\text{SaO}_2$ , principalmente, na prática de exercícios físicos de longa duração, como no caso do endurance. A ingestão de suco de beterraba tem sido associada a melhorias no desempenho físico em sua grande maioria em esportes de resistência aeróbica. Para o treinamento resistido a literatura científica ainda é escassa e inconclusiva, e novos estudos precisam serem realizados comparando diferentes dosagens de  $\text{NO}_3^-$ , a partir da ingestão aguda de suco de beterraba para praticantes de exercícios de força.

Apesar dos resultados encontrados, é importante mencionar as limitações encontradas nesta pesquisa. Como principais limitações temos: (1) A falta de análise de mais dias do recordatório alimentar, para uma melhor investigação da alimentação desses indivíduos; (2) Maior tempo de estudo, para comparar diferentes dosagens e tipos de ingestão da suplementação; (3) A aferição da PA ocorreu por método indireto através de técnica auscultatória, registrada no braço empregando o esfigmomanômetro aneróide, e por se tratar de um método indireto pode apresentar desvantagens na possibilidade de erros, como: subjetividade na ausculta da pressão arterial e aproximação das medidas. Porém, é um método de aferição validado e utilizado amplamente em estudos científicos com treinamento resistido; (4) Impossibilidade de realização da determinação dos níveis de  $\text{NO}_3^-$  e nitrito plasmático. Todas as limitações relatadas reduzem a possibilidade de extrapolação dos resultados obtidos no presente estudo, contudo, não diminuem o mérito dos resultados encontrados e sua colaboração para a literatura científica.

## 5. APLICAÇÕES PRÁTICA

O presente estudo tem como possíveis desdobramentos para aplicações práticas, tanto para treinadores, quanto para nutricionistas, a avaliação da necessidade de utilização de  $\text{NO}_3^-$  como um recurso nutricional ergogênico em praticantes de exercícios resistidos, tanto em atletas de alta performance, quanto em praticantes recreacionais, visto que os principais efeitos observados no presente estudo se devem ao efeito vasodilatador do NO produzido endogenamente a partir do  $\text{NO}_3^-$  dietético. Esse efeito pode contribuir para melhorias no desempenho físico, portanto, a suplementação parece ser uma boa estratégia para homens jovens saudáveis que praticam treinamento de força, sendo um recurso nutricional de baixo risco e acessível.

## 6. CONCLUSÃO

A partir dos resultado do presente estudo é possível concluir que a ingestão do suco de beterraba concentrado em  $\text{NO}_3^-$  é capaz de auxiliar na atenuação do aumento da PAS durante a prática de exercícios de força, assim como, pode reduzir a PAD, como resultado da resistência vascular periférica durante a realização de séries múltiplas de treinamento resistido. Além disso, não ocorreu variação significativa nas respostas da FC, DP e  $\text{SaO}_2$  após a ingestão aguda do suco de beterraba, se comparado à condição placebo, assim como, não houveram alterações no TST e PSE.

Contudo, destacamos a importância de mais pesquisas na área que evidenciem as respostas da suplementação de suco de beterraba rica em  $\text{NO}_3^-$ , de maneira individualizada no treinamento de força, sobre as repostas cardiovasculares e hemodinâmicas, bem como na manipulação das variáveis relacionadas à prescrição do treinamento (intensidade, volume, tipo e frequência do exercício) e relacionadas à prescrição da suplementação (dose, período de dosagem e tempo).

## REFERÊNCIAS

ALVERO-CRUZA, J.R. *et al.* La bioimpedancia eléctrica como método de estimación de la composición corporal, normas prácticas de utilización. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. Vol. 4. Num. 4. 2011. p. 167-174. Disponível em: < <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-articulo-la-bioimpedancia-electrica-como-metodo-X1888754611937896>>

WEBB, Andrew *et al.* Acute blood pressure lowering, vasoprotective, and antiplatelet properties of dietary nitrate via bioconversion to nitrite. *Hypertension*. Vol. 51. Num. 3. 2008. p. 784-90. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18250365/>

BAILEY, Stephen *et al.* Dietary nitrate supplementation reduces the O<sub>2</sub> cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *Journal of Applied Physiology*. Vol. 107. Num. 4. 2009. p. 1144-1155. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19661447/>

BESCÓS, Raúl *et al.* Acute administration of inorganic nitrate reduces VO<sub>2</sub>(peak) in endurance athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 43. Num. 10. 2011. p. 1979-1986. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21407132/>

BEZERRA, À.D.L. Efeito da suplementação de nitrato dietético na forma de uma dose aguda de suco de beterraba na resposta pressórica pós-exercício em homens com obesidade / Ágnes Denise de Lima Bezerra – 2017.93f.:il.

BURKE, Louise *et al.* International Association of Athletics Federations Consensus Statement 2019: Nutrition for Athletics. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. Vol. 29. Num. 2. 2019. p. 73-84. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30952204/>

CALVO, Jorge *et al.* Influence of Nitrate Supplementation on Endurance Cyclic Sports Performance: A Systematic Review. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 6. 2020. p. 1796. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32560317/>

COHEN, J. (1973). Eta-squared and partial eta-squared in fixed factor ANOVA designs. *Educational and Psychological Measurement*, 33, 107-112. doi: 10.1177/001316447303300111

CUENCA, Eduardo *et al.* Effects of Beetroot Juice Supplementation on Performance and Fatigue in a 30-s All-Out Sprint Exercise: A Randomized, Double-Blind Cross-Over Study. *Nutrients*. Vol. 10. Num. 9. 2018. p. 1222. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30181436/>

DOMÍNGUEZ, Raúl *et al.* Effects of Beetroot Juice Supplementation on Cardiorespiratory Endurance in Athletes. A Systematic Review. *Nutrients*. Vol. 9. Num. 1. 2017. p. 43. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28067808/>

DOMÍNGUEZ, Raúl *et al.* Effects of Beetroot Juice Supplementation on a 30-s High-Intensity Inertial Cycle Ergometer Test. *Nutrients*. Vol. 9. Num. 12. 2017. Disponível em: < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5748810/>>

FERREIRA, Leandro *et al.* Cardiovascular responses of beginner and advanced practitioners to different volume and intensity resistance exercise protocols. *European Journal of Human Movement*. Vol. 44. 2020. p. 80-94. Disponível em: <https://www.eurjhm.com/index.php/eurjhm/article/view/545>

JONES, Andrew M. Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports Medicine*. Vol. 44. Num. 1. 2014. p. 35-45. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24791915/>

JONES, Andrew M. Influence of dietary nitrate on the physiological determinants of exercise performance: a critical review. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. Vol. 39. Num. 9. 2014. p. 1-10. Disponível em: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25068792/>>

JONES, Andrew *et al.* Dietary Nitrate and Nitric Oxide Metabolism: Mouth, Circulation, Skeletal Muscle, and Exercise Performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 53. Num. 2. 2021. p. 280-294. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32735111/>

JURADO-CASTRO, Jose *et al.* Acute Effects of Beetroot Juice Supplements on Lower-Body Strength in Female Athletes: Double-Blind Crossover Randomized Trial. *Sports Health*. Vol. 14. Num. 6. 2022. p. 812-821. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35603411/>>

LARSEN, F.J. *et al.* Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. *Acta Physiologica*. Vol. 191. Num. 1. 2007. p. 59-66. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17635415/>

LARSEN, F.J. *et al.* Dietary nitrate reduces maximal oxygen consumption while maintaining work performance in maximal exercise. *Free Radical Biology and Medicine*. Vol. 48. Num. 2. 2010. p. 342-347. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19913611/>

LARSEN, F.J. *et al.* Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell Metabolism*. Vol. 13. Num. 2. 2011. p. 149-159. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21284982/>

LUNDBERG, Jon *et al.* The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature Reviews Drug Discovery*. Vol. 7. Num. 2. 2008. p. 156-167. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18167491/>

MACUH, Matjaž; KNAP, Bojan. Effects of Nitrate Supplementation on Exercise Performance in Humans: A Narrative Review. *Nutrients*. Vol. 13. Num. 9. 2021. p. 3183. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34579061/>

McMAHON, Nicholas *et al.* The Effect of Dietary Nitrate Supplementation on Endurance Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. Vol. 47. Num. 4. 2017. p. 735-756. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27600147/>

MOREIRA, Osvaldo *et al.* Cardiovascular Responses to Unilateral, Bilateral, and Alternating Limb Resistance Exercise Performed Using Different Body Segments. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 31. Num. 3. 2017. p. 644-652. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26382128/>

MOREIRA, Osvaldo *et al.* Cardiovascular response to strength training is more affected by intensity than volume in healthy subjects. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*. Vol. 11. 2018. p. 1-5. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1888754617300278>

MOSHER, Scott *et al.* Ingestion of a Nitric Oxide Enhancing Supplement Improves Resistance Exercise Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 30. Num. 12. 2016. p. 3520-3524. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27050244/>

OMAR, S.A. *et al.* Therapeutic effects of inorganic nitrate and nitrite in cardiovascular and metabolic diseases. *Journal of Internal Medicine*. Vol. 279. Num. 4. 2015. p. 315-336. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26522443/>

POLITO, Marcos; FARINATTI, Paulo. Considerações sobre a medida da pressão arterial em exercícios contra-resistência. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. Rio de Janeiro. Vol. 9. n. 1. 2003. p. 1-9. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbme/a/PcBDjrRdpkFHQFMtxzQT9Wt/?lang=pt>

REZAEI, Shahla *et al.* The effect of L-arginine supplementation on maximal oxygen uptake: A systematic review and meta-analysis. *Physiological Reports*. Vol. 9. Num. 3. 2021. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33587327/>

ROBERTSON, Robert *et al.* Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale for Resistance Exercise. *Official Journal of the American College of Sports Medicine*. Vol. 55. Num. 4. 2003. p. 333-341. Disponível em <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12569225/>

ROJAS-VALVERDE, Daniel *et al.* Effectiveness of beetroot juice derived nitrates supplementation on fatigue resistance during repeated-sprints: a systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. Vol. 61. Num. 20. 2020. p. 3395-3406. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32715742/>

SAN JUAN, Alejandro *et al.* Effects of Dietary Nitrate Supplementation on Weightlifting Exercise Performance in Healthy Adults: A Systematic Review. *Nutrients*. Vol. 12. Num 8. 2020. p. 2227. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32722588/>

SENEFELD, Jonathon *et al.* Ergogenic Effect of Nitrate Supplementation: A Systematic Review and Meta-analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Vol. 52. Num. 10. 2020. p. 2250-2261. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32936597/>

SCHULZ, Kenneth *et al.* CONSORT Group. CONSORT 2010 statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ*. 2010 Mar 23;340:c332. doi: 10.1136/bmj.c332. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2844940/>

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA; SOCIEDADE BRASILEIRA DE HIPERTENSÃO; SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEFROLOGIA. VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*. Rio de Janeiro. Vol. 95. Num.1. 2010. p. 1-51.

SHANNON, Oliver *et al.* Nitric oxide, aging and aerobic exercise: Sedentary individuals to Master's athletes. *Nitric Oxide*. Vol. 125-126. Num. 1. 2022. p. 31-39. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35705144/>

SHIMAZU, Wataru *et al.* Relationship between Cardiovascular Drift and Performance in Marathon Running. *International Journal of Sport and Health Science*. Vol. 18. 2020. p. 197-206. Disponível em: <http://taiiku-gakkai.or.jp/>

SIQUEIRA, Maria Carolina. Efeitos da suplementação aguda com nitrato de sódio no balanço redox, pressão artificial, VO<sub>2</sub> pico e desempenho de homens fisicamente ativos durante exercício máximo. 2013. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

THOMPSON, Kevin *et al.* Influence of dietary nitrate supplementation on physiological and cognitive responses to incremental cycle exercise. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. Vol. 193. Num. 1. 2014. p. 11-20. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24389270/>

UMBRELLO, Michele *et al.* The key role of nitric oxide in hypoxia: hypoxic vasodilation and energy supply-demand matching. *Antioxidants & Redox Signaling*. Vol. 19. Num. 14. 2013. p. 1690-1710. Disponível em: [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23311950/#:~:text=Nitric%20oxide%20\(NO\)%20is%20a,pr omoting%20utilization%20of%20alternative%20pathways](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23311950/#:~:text=Nitric%20oxide%20(NO)%20is%20a,pr omoting%20utilization%20of%20alternative%20pathways)

WILLIAMS, Jhon. The Declaration of Helsinki and public health. *Bull World Health Organ*. Vol 86. Num. 8. 2008. p. 650-652. Disponível em <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2649471/>

## CONCLUSÃO GERAL

Por meio dos resultados encontrados diante dos capítulos apresentados neste presente trabalho, podemos concluir como desfecho que a suplementação de nitrato apresenta resultados plausíveis diante do treinamento físico melhorando a performance e desempenho esportivo através das respostas fisiológicas geradas no sistema cardiovascular com a utilização da suplementação, entretanto, estes efeitos não são vistos em todos os estudos, devido à influência de determinadas variáveis como: tipo de treinamento, condicionamento físico, duração do exercício e doses administradas.

O trabalho ainda possibilita concluirmos que através da suplementação aguda do suco de beterraba rica em nitrato poderia contribuir na redução da pressão arterial durante o treinamento de força (resultados significativos encontrados na pesquisa), já que a presença do  $\text{NO}_3^-$  reduz a resistência vascular ao fluxo sanguíneo e estimula a diminuição da PA a partir da vasodilatação provocada pela liberação de NO, o que poderia gerar um aumento do fluxo sanguíneo para o músculo esquelético melhorando assim a perfusão muscular e contribuindo para um melhor desempenho esportivo. Contudo, ainda precisamos de mais estudos que embasem resultados nas respostas cardiovasculares na prática de exercícios resistidos, como no treinamento de força.

## ANEXOS

### Anexo A – Parecer Consubstanciado do CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
LAVRAS



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** SUPLEMENTOS NUTRICIONAIS E AS RESPOSTAS A DISTINTOS PROGRAMAS DE ATIVIDADE FISICA

**Pesquisador:** Sandro Fernandes da Silva

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 20221419.7.0000.5148

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Lavras

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.663.376

##### Apresentação do Projeto:

A utilização de suplementos nutricionais sem a devida prescrição é uma realidade no dia a dia, essa utilização indiscriminada não está diretamente relacionada a melhora do rendimento físico. Assim estudar uma gama de suplementos nutricionais e verificar as distintas respostas no desempenho é uma forma de se esclarecer o funcionamento biopsicofisiológico desses suplementos e ainda apresentar a sociedade quais são seguros e confiáveis a população.

##### Objetivo da Pesquisa:

Analisar o efeito de diferentes suplementos nutricionais no rendimento físico de homens e mulheres em diferentes atividades físicas

##### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Bem delineados

##### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante e exequível

##### Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Declaração das academias foram anexadas.

##### Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências éticas.

**Endereço:** Campus Universitário Cx Postal 3037

**Bairro:** PRP/COEP

**CEP:** 37.200-000

**UF:** MG

**Município:** LAVRAS

**Telefone:** (35)3829-5182

**E-mail:** coep@nintec.ufla.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
LAVRAS**



Continuação do Parecer: 3.663.376

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Ao Final do experimento o pesquisador deverá enviar relatório final, indicando ocorrências e efeitos adversos quando houver.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1428579.pdf	25/09/2019 13:59:12		Aceito
Outros	CARTAACADEMIAS.pdf	25/09/2019 13:59:00	Sandro Fernandes da Silva	Aceito
Outros	cartaresposta.doc	25/09/2019 13:58:32	Sandro Fernandes da Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projetosuplementos0409.pdf	04/09/2019 11:15:51	Sandro Fernandes da Silva	Aceito
Outros	Comentarioseticossuplementos.docx	04/09/2019 11:14:26	Sandro Fernandes da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLESuplementos.docx	04/09/2019 11:12:12	Sandro Fernandes da Silva	Aceito
Folha de Rosto	folharostoasinada.pdf	04/09/2019 11:11:13	Sandro Fernandes da Silva	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

LAVRAS, 25 de Outubro de 2019

Assinado por:  
**RAMON GOMES COSTA**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Campus Universitário Cx Postal 3037

**Bairro:** PRP/COEP

**CEP:** 37.200-000

**UF:** MG **Município:** LAVRAS

**Telefone:** (35)3829-5182

**E-mail:** coep@nintec.ufla.br

**Anexo B** – Rótulo do suplemento calórico padronizado ofertado aos participantes

### Informação Nutricional

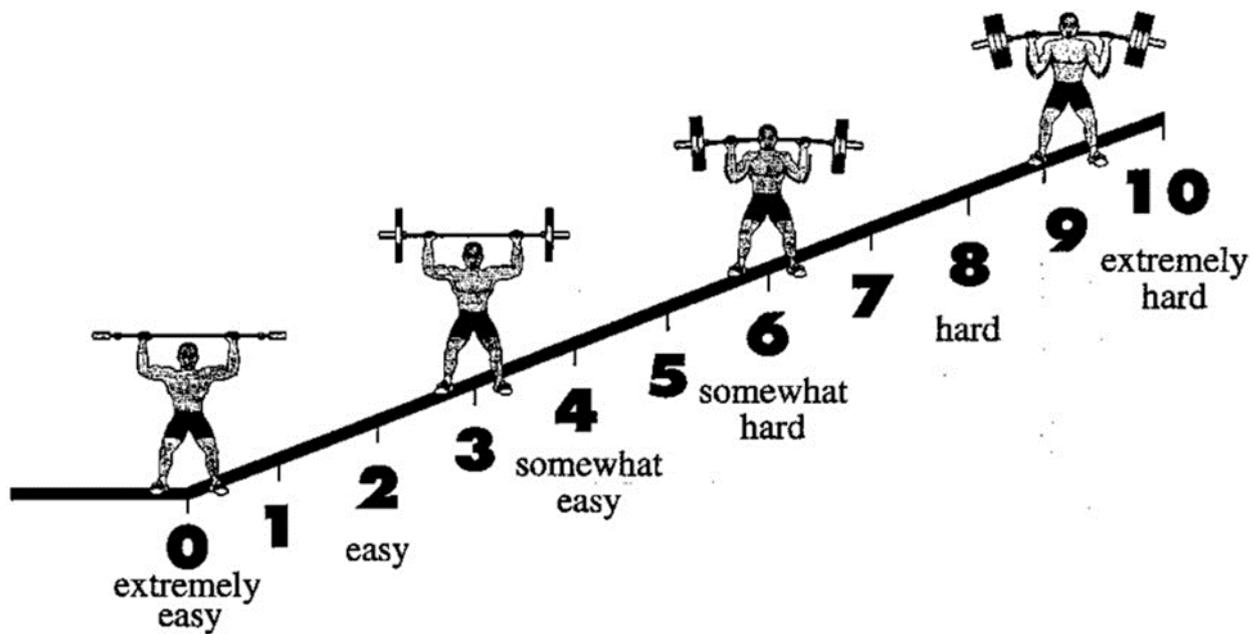
Porção: 90g (6 dosadores)

Peso líquido: 1000g

<b>Quantidade por Porção</b>		<b>%VD*</b>
Valor Energético	351kcal = 1475kJ	17
Carboidratos	54g	18
Proteínas	27g	54
Gorduras Totais	3g	5
Gorduras Saturadas	0,9g	4
Gorduras Trans	0g	0
Fibra alimentar	0g	0
Sódio	220mg	11

(\*) % Valores diários com base em uma dieta de 2000 kcal e 8400 kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Anexo C – Escala de esforço percebido para exercícios de resistência (OMNIRES)



**Anexo D** – Carta de aceite de artigo para publicação na Revista Brasileira de Nutrição Esportiva (RBNE)

**CARTA DE ACEITE**  
Revista Brasileira de Nutrição Esportiva

---

Prezados Autores

Mateus Chaves Primo  
Osvaldo Costa Moreira

**Artigo Original**

INFLUÊNCIA DA INGESTÃO DE NITRATO NAS RESPOSTAS CARDIOVASCULARES, HEMODINÂMICAS E NO DESEMPENHO AO TREINAMENTO DE FORÇA: UMA REVISÃO CRÍTICA

E-mail para correspondência:  
osvaldo.moreira@ufv.br

É com muita satisfação que declaro que o trabalho com o título e autores descritos foi aceito para publicação na Revista Brasileira de Nutrição Esportiva - RBNE.

Cordiais Saudações

**Prof. Dr. Francisco Navarro**  
**Editor Chefe**

## APÊNDICES

### Apêndice A – TCLE

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado a participar como voluntário da pesquisa **“Efeitos da suplementação aguda do suco de beterraba rico em nitrato na resposta cardiovascular e hemodinâmica ao treinamento de força reforçado excentricamente”**. Neste estudo pretendemos avaliar os efeitos do suplemento nos parâmetros hemodinâmicos e suas alterações, verificando a resposta cardiovascular e sua eficácia no treinamento de força.

Para a pesquisa, será aplicado por um profissional capacitado. Os voluntários deste estudo serão suplementados com uma bebida a base de beterraba em uma dosagem de 400mg de nitrato na composição OU uma bebida placebo a base de refresco de fruta industrializado. Nenhuma das bebidas testes é considerado tóxico e os voluntários bem como os pesquisadores que realizarão os testes não saberão o conteúdo da suplementação oferecida até o final do estudo. Esta suplementação será oferecida nos dias da experimentação. Questionamentos a respeito da alimentação, assim como orientação básica alimentar serão realizados.

Durante o período de experimentação será realizado a avaliação da composição corporal, a partir de medidas de peso, estatura e exame de bioimpedância elétrica, além da aplicação de um questionário sobre seu histórico de saúde e alimentação. Durante a experimentação será aferido parâmetros de pressão arterial, frequência cardíaca, temperatura corporal e saturação de oxigênio, e todos procedimentos serão obtidos de maneira não invasiva, exceto a glicemia capilar que é um procedimento minimamente invasivo para coleta de uma pequena amostra de sangue em um dos dedos das mãos para dosagem.

A dosagem do suplemento ofertado não apresenta riscos à saúde, uma vez que as quantidades utilizadas para avaliar seus efeitos são seguras – entretanto alguns indivíduos podem apresentar algum desconforto intestinal após a ingestão.

O teste de força será realizado de forma intensa, podendo chegar a apresentar sinais como: dor muscular com lenta recuperação, fadiga, perda de fôlego durante o período de treino, aumento da pressão arterial e batimentos cardíacos, insônia e queda do sistema imune.

Se ocorrer qualquer intercorrência ou dano pessoal decorrentes dos procedimentos aos quais será submetido, lhe será garantido assistência adequada a todo o momento. A pesquisa pode beneficiar nos entendimentos dos efeitos da suplementação estudada e ter sua aplicabilidade na prática esportiva através dos resultados obtidos.

Para participar deste estudo o Sr. não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. O Sr. será esclarecido sobre o estudo em qualquer aspecto que desejar e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Poderá retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que é atendido pelo pesquisador. O pesquisador irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. O Sr. não será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Em qualquer etapa do estudo, o Sr. terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável, na Universidade Federal de Viçosa – Campus

Florestal e a outra via será fornecida a você. Caso haja danos decorrentes dos riscos previstos, o pesquisador assumirá a responsabilidade pelos mesmos.

Eu, \_\_\_\_\_, portador do documento de Identidade \_\_\_\_\_ fui informado dos objetivos do estudo **“Efeitos da suplementação aguda do suco de beterraba rico em nitrato na resposta cardiovascular e hemodinâmica ao treinamento de força reforçado excêntrica”** de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar.

Nome do Pesquisador: Mateus Chaves Primo

Orientador: Prof. Dr. Osvaldo Costa Moreira

Endereço: Departamento de Educação Física da Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal, situada na Rodovia LMG-818, Km 06, s/n - Zona Rural, Florestal - MG, 35690-000

Telefone: (31) 3602-1417

e-mail: [mateus.primo@estudante.ufla.br](mailto:mateus.primo@estudante.ufla.br); [osvaldo.moreira@ufv.br](mailto:osvaldo.moreira@ufv.br)

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

CEP/UFV – Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Edifício Arthur Bernardes, piso inferior Av. PH Rolfs, s/n – Campus Universitário; Cep: 36570-900; Viçosa/MG

Telefone: (31)3899-2492

e-mail: [cep@ufv.br](mailto:cep@ufv.br)

Declaro que concordo em participar desse estudo.

\_\_\_\_\_  
Assinatura

Florestal-MG, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022.

**Apêndice B** – Lista de orientações para as sessões experimentais

Não é necessário você modificar os seus hábitos alimentares, porém alguns cuidados serão necessários durante o período dos experimentos:

1. Evite o uso de cafeína (café, chá preto, chá verde, coca-cola, energéticos e termogênicos), tabaco (cigarro), com 24h e o consumo de bebidas alcoólicas 48h de antecedência à sua vinda ao laboratório;
2. Evite os alimentos ricos em nitrato (beterraba, alface, espinafre, couve, rúcula, repolho, alcachofra, aspargo, aipo e agrião), embutidos (linguiça, salame, calabresa, salsicha, presunto, apresuntado e mortadela) e enlatados (carnes em conserva, molhos de tomate e azeitonas) nas últimas 24h antes do experimento;
3. Evite realizar exercício físico durante o período de 48h que antecede cada visita ao laboratório;
4. Evite o consumo de goma de mascar e o anti-séptico bucal (enxaguante bucal) antibacteriano durante o período de 24h que antecede a sua vinda ao laboratório;
5. Evite a raspagem da língua ao escovar os dentes;
6. Não modifique sua alimentação habitual e na medida do possível, siga um padrão alimentar nos dias anteriores as visitas ao laboratório;
7. Nos dias dos testes, você deverá vir ao laboratório em jejum de 12h e com roupas leves para a avaliação.

## Apêndice C - Questionário da pesquisa

<b>FICHA DE IDENTIFICAÇÃO</b>
-------------------------------

Nome do Participante: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Fone/cel: (    ) \_\_\_\_\_

Data de Nascimento: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Profissão: \_\_\_\_\_

**Patologias:** (    ) Hipertensão (    ) Diabetes (    ) Obesidade (    ) Dislipidemias (    ) Câncer  
 (    ) Infarto (    ) Outros: \_\_\_\_\_

Tabagista? (    ) Sim (    ) Não

Fez uso de bebidas alcoólicas nas últimas 48h? (    ) Sim (    ) Não

Alergia a medicamentos? (    ) Sim (especificar) \_\_\_\_\_ (    ) Não

Alergia ou intolerância alimentar? (    ) Sim (especificar) \_\_\_\_\_ (    ) Não

Faz uso de algum medicamento? (    ) Sim (especificar) \_\_\_\_\_ (    ) Não

Faz uso de suplementação? (    ) Sim (especificar) \_\_\_\_\_ (    ) Não

Praticou algum tipo de exercício físico nos últimos 3 meses? (    ) Sim (    ) Não

<b>AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL</b>	
<b>MEDIDAS</b>	<b>RESULTADOS</b>
Peso (kg)	
Altura (cm)	
Massa magra (kg)	
Massa magra (%)	
Massa gorda (kg)	
Massa gorda (%)	
Massa residual (kg)	

Participante: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**RECORDATÓRIO ALIMENTAR - 24h**

<b>Horário</b>	<b>Refeição</b>	<b>Alimento</b>	<b>Quantidade</b>

Ingestão hídrica diária: \_\_\_\_\_

<b>AVALIAÇÕES</b>
-------------------

**Participante:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

<b>AFERIÇÃO DOS PARÂMETROS HEMODINÂMICOS EM REPOUSO/JEJUM</b>				
---	--	--	--	--

PA repouso	FC repouso	SpO <sup>2</sup> %	Temperatura	Glicemia Capilar
/				

Legenda: PA=pressão arterial; FC=frequência cardíaca; SpO<sup>2</sup>=saturação de oxigênio

<b>AVALIAÇÕES – TREINAMENTO DE FORÇA</b>						
--	--	--	--	--	--	--

	PA (mmHg)	FC (bpm)	SpO <sup>2</sup> %	Repetições	Tempo sob Tensão	PSE (0 a 10)
Antes da série	/			-----	-----	-----
Série 1	/					
Série 2	/					
Série 3	/					
Série 4	/					