



ISABELLA CRISTINA PIMENTA AMANCIO

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE NITRATO NO
DESEMPENHO FÍSICO EM EXERCÍCIOS DE ENDURANCE,
INTERMITENTES E DE FORÇA**

**LAVRAS - MG
2022**

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE NITRATO NO DESEMPENHO FÍSICO EM EXERCÍCIOS DE ENDURANCE, INTERMITENTES E DE FORÇA

Isabella Cristina Pimenta Amancio¹, Liliana Kataryne Ferreira Souza¹, Wilson César de Abreu¹

¹Departamento de Nutrição, Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Federal de Lavras

Resumo

Atletas e desportistas estão sempre buscando métodos para melhorar o rendimento físico. Os suplementos alimentares, como o nitrato, constituem estratégias que são o foco de pesquisas que visam investigar seus possíveis efeitos benéficos à prática esportiva. O presente estudo teve como objetivo analisar os efeitos da suplementação de nitrato, que é encontrado no suco de beterraba concentrado, em exercícios de endurance, intermitentes e força. Foi feito um levantamento bibliográfico nas bases de dados eletrônicas PubMed (National Library of Medicine) e Google Scholar com o objetivo de selecionar artigos científicos disponíveis na íntegra que tratavam do tema proposto. As pesquisas mostraram que nos exercícios de endurance, o nitrato apresentou efeitos positivos de maneira aguda e crônica, promovendo redução no tempo de execução do teste contrarrelógio, aumento da $[\text{NO}_2^-]$ plasmático e maior tempo até a exaustão. Já nos exercícios intermitentes e de força, a suplementação, que aparentou ser mais vantajosa de modo crônico, provocou aumento no índice de força relativa, peso total levantado, distância percorrida, no número de repetições e melhora no tempo necessário para atingir o pico de potência. Considerando os resultados observados, fica evidente a eficácia da suplementação em diversas modalidades esportivas e tipos de exercícios, isto, de maneira aguda (2 a 3h antes do exercício) e crônica (3 a 8 dias, ou até 30 dias) utilizando 6,4 até 19,5 mmol de nitrato.

Palavras-chave: Suplementação alimentar. Óxido nítrico. Nutrição no Esporte. Desempenho atlético.

Abstract

Athletes and sportsmen are always looking for methods to improve physical performance. Food supplements, such as nitrate, are strategies that are the focus of research aimed at investigating their possible beneficial effects on sports practice. The present study aimed to analyze the effects of nitrate supplementation, which is found in concentrated beetroot juice, on endurance, intermittent and strength exercises. A bibliographic survey was carried out in the electronic databases PubMed (National Library of Medicine) and Google Scholar to select fully available scientific articles that addressed the proposed topic. Research has shown that in endurance exercises, nitrate had positive effects both acutely and chronically, promoting a reduction in the execution time of the time trial test, an increase in plasma $[\text{NO}_2^-]$ and a longer time to exhaustion. In intermittent and strength exercises, supplementation, which appeared to be more advantageous in a chronic manner, caused an increase in the relative strength index, total weight lifted, distance covered, the number of repetitions and an improvement in the time needed to reach peak power. Considering the observed results, it is evident the effectiveness of supplementation in various sports and types of exercises, that is, acutely (2 to 3 hours before exercise) and chronically (3 to 8 days, or up to 30 days) using 6,4 up to 19.5 mmol of nitrate.

Key words: Food supplementation. Nitric oxide. Nutrition in Sport. Athletic performance.

Introdução

Ganho de força, aumento da massa muscular, redução da gordura corporal, aumento da capacidade aeróbica, redução da fadiga, rápida recuperação muscular e outros fatores que melhoram o desempenho físico, são objetivos comuns entre atletas e praticantes de atividade física (Becker e colaboradores, 2016). Por conseguinte, os mesmos têm buscado exponencialmente o uso de suplementos alimentares visando suprir uma possível lacuna deixada pela alimentação, melhorar seus resultados e alcançar seus objetivos (Júnior, 2016). Dessa forma, diversos suplementos como a

creatina, cafeína, beta alanina, bicarbonato de sódio e o nitrato vêm sendo foco de pesquisas que abordam seus possíveis efeitos sobre o exercício físico (Pencharz, Elango e Ball, 2012).

O nitrato (NO_3^-) é um composto presente em vegetais cuja suplementação tem demonstrado benefícios no desempenho físico (Ghiarone e colaboradores, 2014). Estima-se que o consumo diário de nitrato seja de 30 a 180 mg e que aproximadamente 80% seja proveniente do consumo de vegetais, entre os quais se destaca a beterraba, classificada como uma das fontes mais ricas em nitrato (> 250 mg de $\text{NO}_3^-/100\text{g}$) (Loureiro e Santos, 2017). Segundo o Comitê Olímpico Internacional, a recomendação de consumo para melhora no desempenho esportivo é de 5 a 9 mmol de nitrato (310 a 560mg) 2 a 3h antes do exercício, mas períodos prolongados (>3 dias) também parecem ser benéficos. O suco de beterraba é utilizado como suplemento devido a sua maior palatabilidade e seu alto teor de NO_3^- (Domínguez e colaboradores, 2017), que ao ser convertido em nitrito (NO_2^-), poderá elevar a biodisponibilidade de óxido nítrico (NO) (Kelly e colaboradores, 2013).

O NO é responsável por diversos efeitos, como vasodilatação (Umbrello e colaboradores, 2013), redução no custo e consumo de oxigênio (O_2) (Larsen e colaboradores, 2007) e melhora na eficiência da contratilidade muscular (Coggan e Peterson, 2018). Ele é um gás relativamente estável, de meia vida curta e altamente lipofílico, podendo se difundir livremente nas membranas de suas células-alvo (Vanni e colaboradores, 2007). A síntese do óxido nítrico ocorre através da ação da enzima óxido nítrico sintase (NOS), essa catalisa a formação de L-citrulina e NO a partir da L-arginina, utilizando o O_2 e a nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato (NADPH) como co-substratos (Vanni e colaboradores, 2007), e é, posteriormente, oxidado a nitrito e nitrato. Além disso, pode ser sintetizado a partir da conversão enzimática do $\text{NO}_3^- \leftrightarrow \text{NO}_2^- \leftrightarrow \text{NO}$, um efeito que é aumentado à medida que a disponibilidade de O_2 no tecido é pequena. Assim, o consumo de alimentos ricos em nitrato inorgânico pode elevar as reservas corporais de nitrato e nitrito, havendo a possibilidade de que, durante o exercício, a dependência da via nitrato-nitrito-NO para a geração de NO seja aumentada (Loureiro e Santos, 2017).

Estudos apontam que a suplementação de NO_3^- tem o potencial de provocar efeitos como a diminuição do consumo de O_2 , aumento da eficiência da respiração mitocondrial, melhora da contração muscular, relaxamento, entre outros (Bailey e colaboradores, 2009; Jones, 2014; Coggan e Peterson, 2018; Domínguez e

colaboradores, 2018; Santana e colaboradores, 2019; Hlinský e Vajda, 2020, Silva e colaboradores, 2022). Os efeitos da suplementação com suco concentrado de beterraba têm sido observados em diversos tipos de exercícios como sprints (Clifford e colaboradores, 2016), exercícios resistidos (Mosher e colaboradores, 2016), corrida de 10km (Santana e colaboradores, 2019), exercícios intermitentes utilizados em esportes coletivos (Wylie e colaboradores, 2013a), entre outros.

A utilização do nitrato relacionado às diversas categorias de exercício físico e suas diferentes necessidades, sobretudo por meio de suco concentrado de beterraba, é uma estratégia recente. Por conseguinte, o objetivo deste estudo é identificar os efeitos da suplementação de nitrato na literatura em exercícios de endurance, intermitentes e de força.

Metodologia

A fim de explorar os efeitos da suplementação de nitrato no desempenho físico, foi realizada uma revisão da literatura do tipo narrativa. Para selecionar os artigos sobre o tema, foi feito um levantamento bibliográfico nas bases de dados eletrônicas: PubMed (National Library of Medicine) e Google Scholar. Foram usados descritores de busca na Língua Inglesa e Portuguesa com o objetivo de encontrar trabalhos científicos cujo conteúdo abordasse as palavras-chave: (“nitrato e desempenho físico”, “suco de beterraba e desempenho físico”, “nitrato e exercício de endurance”, “nitrato e exercício de força” e “nitrato e exercício intermitente”).

Os critérios de inclusão foram: artigos publicados no idioma da Língua Inglesa e Portuguesa, que analisaram os efeitos do nitrato nos exercícios de endurance, intermitentes e de força, disponíveis com texto na íntegra de forma gratuita, com consumo de nitrato na forma de suco concentrado e que não houvesse outra suplementação concomitante. Foram considerados artigos publicados em qualquer época.

Mecanismos de ação do NO

O aumento do NO a partir do consumo de alimentos ricos em nitrato, como o suco de beterraba, tem sido associado a efeitos benéficos no desempenho físico. Como o NO é uma molécula lipofílica e pequena, atravessa velozmente, por difusão ativa ou por transportadores de NO_3^- (Silva e colaboradores, 2022), as membranas das células endoteliais atingindo a camada de músculo liso vascular subjacente provocando relaxamento (Siqueira, 2013). O mecanismo de ação principal é mediado pela nitrosilação do ferro hêmico na guanilato ciclase (GC), gerando uma elevação na síntese de monofosfato cíclico de guanosina (cGMP). A ativação da proteína quinase dependente de cGMP (PKG) ativa proteínas quinases que regulam as atividades quinase e fosfatase da miosina de cadeia leve, levando a uma menor fosforilação da miosina e, possivelmente vasodilatação (Umbrello e colaboradores, 2013). Outro modo que o NO pode causar a vasodilatação é pelo seu papel na conversão de Guanosina Trifosfato (GTP) em cGMP, promovendo a abertura dos canais de cálcio (Ca_2^+), resultando em relaxamento (Silva e colaboradores, 2022).

Ademais, o NO pode reduzir o custo e consumo de O_2 potencializando indiretamente a fosforilação oxidativa, pela inibição parcial da citocromo c oxidase, que diminui o vazamento de prótons, conservando a produção de ATP em um nível superior ao consumo de O_2 , assim, elevando a taxa de produção de ATP por O_2 consumido (razão P/O) (Larsen e colaboradores, 2007).

Tem sido sugerido que a suplementação com NO_3^- pode melhorar a eficiência da contratilidade muscular, apesar dos possíveis mecanismos responsáveis por esse efeito ainda não estarem elucidados (Siqueira, 2013). A taxa de renovação de ATP nos miócitos esqueléticos em contração é predominantemente determinada por duas vias, a actomiosina-ATPase e Ca_2^+ -ATPase. A Ca_2^+ -ATPase é responsável pelo bombeamento de Ca_2^+ do retículo sarcoplasmático (RS) (Bailey e colaboradores, 2010) e, segundo Coggan e Peterson (2018), o aumento da concentração de NO induzido pelo consumo de NO_3^- provoca a nitrosilação do RS, que eleva a liberação de Ca_2^+ ao bloquear esse canal na configuração aberta. Este aumento da $[\text{Ca}_2^+]$ contribui para as melhorias na força de contração, taxa de desenvolvimento de força (TDF), velocidade máxima de encurtamento estimada (V_m) e potência máxima (P_{max}) do músculo (Coggan e Peterson, 2018).

Outro possível mecanismo para explicar a melhora da contratilidade muscular é que o aumento da $[Ca_2^+]$ resulta na ativação da quinase da cadeia leve da miosina (MLCK) do músculo esquelético através da via Ca_2^+ -CaM e, logo, uma elevação na fosforilação da cadeia leve reguladora da miosina (RLC). O aumento de NO também resulta na ativação de guanilato ciclase solúvel (sGC) e, por conseguinte, no aumento na produção de cGMP, que estimula a atividade de PKG e, essa, aumenta a fosforilação da cadeia leve reguladora e a sensibilidade ao Ca_2^+ , melhorando função contrátil do músculo (Coggan e Peterson, 2018).

Efeitos sobre o desempenho em exercícios de endurance

Diversos estudos demonstram efeitos benéficos da suplementação de nitrato em exercícios de endurance, como aumento significativo da potência média, grande redução no tempo de execução na corrida, diminuição na pressão arterial sistólica (PAS), melhora no tempo até exaustão, entre outros (Lansley e colaboradores, 2011; Satyanand, Vali, e Krishna, 2014; Santana e colaboradores, 2019). Entretanto, outros trabalhos não detectaram efeitos positivos na economia de corrida, volume de oxigênio máximo (VO_{2max}), percepção de fadiga e desempenho no teste contrarrelógio (Boorsma, Spriet e Whitfield, 2014; Fernández e colaboradores, 2018; Shannon e colaboradores, 2017).

Santana e colaboradores (2019) avaliaram dezesseis homens saudáveis, corredores recreativos, que foram divididos aleatoriamente em dois grupos, nitrato e placebo, de oito pessoas. O grupo nitrato ingeriu 750mg/dia (~12 mmol) de nitrato mais 5g de amido resistente, divididas em três vezes ao dia e o grupo placebo ingeriu 6g de amido resistente, divididas em três vezes ao dia, ambos por 30 dias. Todas as variáveis foram avaliadas antes do período de testes e semanalmente. Um TT de corrida de 10 km foi realizado 3 vezes/semana. O tempo em um teste contrarrelógio diminuiu significativamente apenas no grupo suplementado com nitrato nas primeira e segunda semanas (-3,2 minutos mais rápido na semana dois do que na um), permanecendo estável na terceira e quarta. Assim, a suplementação melhorou o desempenho dos corredores no teste de 10km.

Em um estudo cruzado e randomizado, Lansley e colaboradores (2011) avaliaram o desempenho de nove ciclistas masculinos competitivos que consumiram 0,5L de suco de beterraba (6,2 mmol de NO_3^-) ou 0,5L de suco de beterraba sem nitrato (0,0047 mmol de NO_3^-) 2,5h antes de um teste contrarrelógio (TT) em cicloergômetro de 4 e 16,1 km. Foi demonstrado que a suplementação de suco de beterraba aumentou a [nitrito] no plasma. Os valores de $\text{VO}_{2\text{max}}$ durante o teste de tempo não foram significativamente diferentes entre os grupos em ambos os testes. No entanto, assim como no estudo de Santana e colaboradores (2019), a ingestão do suco de beterraba reduziu o tempo de conclusão, melhora apresentada em todos os indivíduos, com uma redução média de 2,8% no teste de 4 km e de 2,7% no de 16,1 km. Também foi observado aumento significativo da potência média durante os testes de 4 km e 16,1 km com a suplementação de nitrato.

Já o estudo de Shannon e colaboradores (2017) foram avaliados oito corredores ou triatletas treinados do sexo masculino. Na primeira visita ao laboratório, os indivíduos completaram um teste de exercício incremental até a exaustão para determinar sua taxa máxima de consumo de oxigênio. Após um período de descanso de aproximadamente 20 minutos, os sujeitos completaram a familiarização do TT de 1500 m em esteira elétrica. Na segunda visita ao laboratório, os indivíduos completaram a familiarização do TT de 10.000 m. A terceira a sexta visitas incluiu cada um dos seguintes testes de desempenho: 1500 m TT precedido por suplementação de suco de beterraba rico em nitrato (BRJ), 1500 m TT precedido de suplementação de suco de beterraba com depleção de nitrato (PLA), TT de 10.000 m precedido de suplementação de BRJ e 10.000 m TT precedido de suplementação de PLA. Foi administrado 3h antes do exercício a suplementação com 140 ml de BRJ (~12,5 mmol de NO_3^-) ou PLA (~0,01 mmol de NO_3^-). O BRJ elevou consideravelmente a $[\text{NO}_2^-]$ plasmática, assim como no estudo acima, já a pressão arterial (PA) de repouso e o $\text{VO}_{2\text{max}}$ não foram significativamente diferentes entre os grupos. Entretanto, a concentração de lactato sérico pós teste foi maior no grupo BRJ após o teste de 1,5km, além do desempenho ter sido significativamente mais rápido em BRJ vs. PLA (319,6 ± 36,2 vs. 325,7 ± 38,8 s), porém, não houve diferença entre as condições no teste de 10 km.

Em um estudo de Boorsma, Spriet e Whitfield (2014), aleatório, duplo-cego, cruzado, oito corredores de longa distância de elite do sexo masculino utilizaram a suplementação de suco de beterraba (BRJ: 210 ml, 19,5 mmol de nitrato) ou um

placebo sem nitrato (PLA) 2,5h antes do teste por 8 dias. Inicialmente, cada sujeito completou um teste de corrida incremental até a exaustão em uma esteira para determinação do VO_{2pico} e a velocidade de corrida necessária para obter 50, 65 e 80% do VO_{2pico} . Nos dias 1 (suplementação aguda) e 8 (suplementação crônica), os indivíduos completaram uma corrida submáxima de 1,5 km em uma pista interna de 200 m, onde correram por 7 min a 50% VO_{2pico} , seguidos sem parar por 7 min de corrida a 65% VO_{2pico} e 5 min a 80% VO_{2pico} . As medições de velocidade de corrida foram $10,7 \pm 1,3$, $14,2 \pm 1,2$ e $17,5 \pm 1,3$ km/h para 50%, 65% e 80% de VO_{2pico} , respectivamente. O nitrato plasmático aumentou consideravelmente com suplementação aguda e crônica de BRJ. Em ambas as condições não foi reduzido o VO_{2max} , assim como no estudo anterior, e não houve melhora no desempenho no teste contrarrelógio, apenas dois indivíduos melhoraram seu tempo após BRJ aguda e crônica.

Em um experimento de Fernández e colaboradores (2018), doze homens corredores de elite de média e longa distância completaram um teste incremental de corrida até a exaustão em esteira, antes e após 15 dias de suplementação no café da manhã. Os participantes começaram com 3 minutos de aquecimento a 10 km/h, em seguida, o protocolo continuou com 3 etapas de estado estacionário de 3 min cada, a 15, 17,1 e 20 km/h e, posteriormente, a velocidade foi aumentada para 0,2 km/h a cada 12 segundos até a exaustão. O grupo experimental consumiu diariamente um suco de beterraba rico em nitrato (6,5 mmol NO_3^- /70 ml) e o outro grupo ingeriu uma bebida placebo (0,065 mmol NO_3^- /70 ml). O tempo até a exaustão, economia de corrida, saturação de O_2 do músculo vasto lateral, rigidez da perna e percepção subjetiva de esforço (PSE) foram medidas a 15, 17,1 e 20 km/h durante o teste. Melhorias no grupo suplementado com NO_3^- foram observadas para a PSE (diferença média padronizada (DMP) = -2,17, IC 90% = -3,23, -1,1), saturação de oxigênio do vasto lateral (DMP = 0,72, IC 90% = 0,03, 1,41) e tempo até exaustão (DMP = 1,18, IC 90% = -0,14, 2,5) em comparação com o grupo que consumiu o placebo. Nenhuma outra variável fisiológica ou biomecânica apresentou melhoras substanciais após o período de suplementação.

Em um projeto randomizado de Satyanand, Vali e Krishna (2014), foram selecionados 100 voluntários saudáveis do sexo masculino com idades entre 12-30 anos, onde 50 foram designados a consumir suco placebo e a outra metade dos indivíduos 250 ml de suco concentrado de beterraba por nove semanas. Após o teste

de corrida contrarrelógio de 6 minutos livre, foi demonstrado uma diminuição na pressão arterial sistólica ($123 \pm 1,6$ com o suco de beterraba vs. $121 \pm 1,4$ com suco placebo). Esse resultado pode ser associado ao mecanismo pelo qual o nitrato exerce efeitos benéficos na função muscular com aplicações no desempenho esportivo e um potencial papel terapêutico em condições associadas à fraqueza muscular. Além disso, o grupo com suplementação de BRJ percorreu distância de $464 \pm 114,7$ metros, enquanto os sujeitos do placebo cobriram a distância de $410 \pm 78,7$ metros. Demonstrando que o desempenho no contrarrelógio foi melhorado pela ingestão do suco de beterraba.

Foi notável em alguns dos estudos que a suplementação de NO_3^- ocasionou uma redução no tempo de execução do teste e aumento da $[\text{NO}_2^-]$ plasmático (Lansley e colaboradores, 2011; Shannon e colaboradores, 2017; Santana e colaboradores, 2019), mostrando uma eficácia em TT com suplementação aguda e crônica. Também foi demonstrado uma melhora na PSE, saturação de oxigênio do vasto e tempo até exaustão (Fernández e colaboradores, 2018). Em contrapartida, outros estudos mostraram que não houve variação no VO_2 , VO_2max , pressão arterial de repouso (Lansley e colaboradores, 2011; Boorsma, Spriet e Whitfield, 2014; Shannon e colaboradores, 2017), haja vista que todos utilizaram a suplementação aguda, poderia haver diferenças no consumo de forma crônica, como demonstrado por Satyanand, Vali, e Krishna (2014) com utilização por três dias consecutivos até completar um período de nove semanas, demonstrando resultados positivos na pressão arterial sistólica e desempenho no TT, mas não por Boorsma, Spriet e Whitfield (2014) em oito dias. Os trabalhos são resumidos na tabela 1.

Tabela 1 – Resumo dos efeitos sobre o desempenho em exercícios de endurance

Estudos	Participantes	Consumo	Teste	Resultados
Santana e colaboradores, 2019	16 homens corredores recreativos	12mmol 3 vezes ao dia por 30 dias	Contrarrelógio de 10km de corrida 3 vezes por semana	↓ tempo do teste na semana 1 para 2, mas estável na semana 3 e 4. [lactato] permaneceu estável
Lansley e colaboradores, 2011	9 homens ciclistas competitivos	6,2mmol 2,5h antes	Contrarrelógio (TT) de 4 e 16,1km em cicloergômetro	↑ [NO ₂ -] plasmático. ↓ tempo de conclusão. ↑ potência média. S/ ≠ VO ₂ durante o teste
Shannon e colaboradores, 2017	8 homens corredores ou triatletas treinados	12,5mmol 3h antes	TT em esteira de 1,5km na 1 ^a visita, 10km na 2 ^a , 3 ^a a 6 ^a 1,5 e 10km alternando com e sem NO ₃ - cada	↑ [NO ₂ -] plasmática. S/ ≠ pressão arterial de repouso e o VO ₂ max. ↑ [lactato] sérico e velocidade apenas em 1,5km
Boorsma, Spriet e Whitfield, 2014	8 homens corredores de elite de longa distância	19,5mmol por 8 dias 2,5h antes	Corrida submáxima de 1,5km a 50, 65 e 80% do VO ₂ pico em pista interna, medido dia 1 e 8	Em ambas ↑ NO ₃ -plasmático e sem ≠ VO ₂ max e melhora no desempenho
Fernández e colaboradores, 2018	12 homens corredores de elite de média e longa distância	6,5mmol no café da manhã por 15 dias	Corrida em esteira em 4 etapas de 3 minutos cada de 10, 15, 17,1 e 20 km/h, após aumentando 0,2 km/h a cada 12s até a exaustão	Melhorou PSE, saturação de O ₂ do vasto lateral e tempo até a exaustão. Sem ≠ na economia de corrida e rigidez da perna
Satyanand, Vali e Krishna, 2014	100 voluntários de ambos os sexos saudáveis	250ml por 9 semanas	Contrarrelógio de corrida livre por 6 minutos	↓ pressão arterial sistólica e ↑ da distância percorrida

Efeitos sobre o desempenho em exercícios intermitentes e de força

Assim como há estudos relatando efeitos benéficos da suplementação de nitrato em exercícios de endurance, também existem trabalhos mostrando benefícios em exercícios intermitentes e de força. Diversos estudos têm observado redução da frequência cardíaca, percepção subjetiva do esforço (PSE), dores musculares e fadiga, aumento do número de repetições em exercícios de força, do peso total levantado, maior potência média e do tempo até a exaustão, redução no tempo de execução de sprints e uma melhora para atingir o pico de potência (Nogueira e Viebig 2015; Mosher e colaboradores, 2016; Wylie e colaboradores, 2016; Nyakayiru e colaboradores, 2017; Cuenca e colaboradores 2018; Jonvik e colaboradores, 2018; Husmann e colaboradores, 2019; Sanchez e colaboradores, 2020). Todavia, outras pesquisas não encontraram efeitos positivos, relatando que não houve diferença no índice de fadiga, contrações voluntárias isométricas máximas, estresse oxidativo, indicadores locais ou gerais de fadiga, ativação voluntária, entre outros (Clifford e colaboradores, 2016; Mosher e colaboradores, 2016; Cuenca e colaboradores 2018; Husmann e colaboradores, 2019).

Nyakayiru e colaboradores (2017) realizaram um estudo cruzado, duplo-cego e randomizado com 32 jogadores de futebol do sexo masculino. Todos os indivíduos participaram de dois dias de teste nos quais o desempenho de corrida intermitente de alta intensidade foi avaliado usando o Yo-Yo teste de recuperação intermitente nível 1 (IR1). Os indivíduos ingeriram suco de beterraba rico em NO_3^- (140 ml, ~ 12,9 mmol de NO_3^- /dia; BRJ) ou um suco de beterraba sem NO_3^- (PLA) 3h antes dos testes por seis dias subsequentes, com pelo menos oito dias de wash-out entre os ensaios. O teste consistiu em sprints repetidos de 2 x 20 m entre uma linha de partida, virada e chegada (área de 5x2m) em uma velocidade progressivamente crescente controlada por bipes de um sistema de áudio. Entre cada sprint os sujeitos tiveram um período de recuperação ativa de 10 s. Foi observado que a suplementação de BRJ elevou as concentrações plasmáticas e salivares de NO_3^- e NO_2^- em comparação com PLA e, além disso, uma melhora média na distância percorrida durante o teste de $3,4 \pm 1,3\%$ foi observada. A FC média foi menor no ensaio BRJ (172 ± 2) vs. PLA (175 ± 2) e, dessa forma, o estudo mostrou que seis dias de ingestão de BRJ melhora

efetivamente o desempenho do exercício do tipo intermitente de alta intensidade em jogadores de futebol treinados.

Já no estudo duplo-cego, randomizado e cruzado de Mosher e colaboradores (2016), 12 homens praticantes de treino resistido, com no mínimo 3 anos de experiência, ingeriram 70 ml de suco concentrado de beterraba (6,4 mmol ou 400 mg de NO_3^-) ou uma bebida placebo de groselha por seis dias. Os participantes completaram uma sessão de exercício resistido no supino em uma intensidade de 60% de uma repetição máxima (1RM), por três séries até a falha com dois minutos de intervalo entre as séries. As repetições completadas, o peso total levantado, a percepção local e geral de esforço (PSE) e o lactato sanguíneo foram medidos. Os resultados mostraram diferença significativa nas repetições até a falha e peso total levantado. No entanto, não houve grande diferença entre o lactato sanguíneo ao longo dos dois ensaios, e nenhuma diferença nos indicadores locais ou gerais de fadiga medidos pelo PSE, demonstrando que a suplementação de NO_3^- tem o potencial de melhorar o desempenho do treinamento de resistência muscular e a produção de trabalho.

No estudo de Sanchez e colaboradores (2020), 12 homens saudáveis praticantes recreativos de treino resistido realizaram um teste de treinamento incremental (agachamento livre e supino) com três séries, a 60%, 70% e 80% da repetição máxima (1RM). Os participantes suplementaram duas horas antes de cada teste 70 ml de suco concentrado de beterraba (BRJ; 6,4 mmol de NO_3^-) ou suco placebo de groselha empobrecido em NO_3^- (PLA). Variáveis de velocidade de movimento, número total de repetições realizadas até falha concêntrica, lactato sanguíneo e avaliações de esforço percebido pós treinamento foram medidos. Um maior número de repetições foi registrado com BRJ em comparação com PLA (diferença média: $13,8 \pm 14,4$ repetições; $p < 0,01$; tamanho do efeito = 0,6). Foram encontradas diferenças a 60% 1RM (9 ± 10 repetições) e 70% 1RM ($3,1 \pm 4,8$ repetições), no entanto, não foram observadas diferenças em 80% 1RM ($1,7 \pm 1$ repetições). Um maior número de repetições foi realizado no agachamento livre ($13,4 \pm 13$ repetições), assim como no estudo anterior, mas não foram detectadas diferenças no supino ($0,4 \pm 5,1$ repetições). Não foram observadas diferenças no lactato sanguíneo e esforço percebido, como no estudo acima, e no restante das variáveis. É perceptível que o estudo de Sanchez e colaboradores (2020) e de Mosher e colaboradores (2016) tem participantes, doses de consumo e testes muito

parecidos, apresentando resultados positivos e negativos iguais ou parecidos, evidenciando os efeitos e a eficácia da suplementação.

Cuenca e colaboradores (2018) realizaram um estudo cruzado randomizado, duplo-cego, controlado por placebo, onde 15 homens saudáveis com pelo menos 18 meses de experiência com exercícios de resistência ($22,4 \pm 1,6$ anos) ingeriram 70 ml de suco de beterraba ($6,4$ mmol de NO_3^-) ou placebo ($0,04$ mmol de NO_3^-). Três horas depois, os participantes realizaram um teste de Wingate de 30 segundos em bicicleta ergométrica. Antes e após o teste e aos 30 s e 180 s pós-exercício, três saltos de contramovimento (SCM) foram realizados e a concentração de lactato sanguíneo foi avaliada. Comparado ao placebo, o consumo do suco de beterraba melhorou a potência pico (placebo vs. BRJ, 848 ± 134 vs. 881 ± 135 W; $p = 0,049$) e média (641 ± 91 vs. 666 ± 100 W; $p = 0,023$) e também reduziu o tempo para atingir W_{pico} no teste de Wingate ($8,9 \pm 1,4$ vs. $7,3 \pm 0,9$ s; $p = 0,003$). Não foram encontradas diferenças nos níveis de lactato, assim como os dois estudos anteriores, no índice de fadiga e na potência no SCM. Os achados apontam que, embora a suplementação com o suco de beterraba tenha melhorado o desempenho no sprint de ciclismo de 30 s, essa melhora não foi acompanhada por diferenças na fadiga durante ou após esse tipo de exercício.

Clifford e colaboradores (2016) analisaram os efeitos do suco de beterraba (BRJ) na recuperação entre dois testes de sprint repetidos. Foram selecionados 20 jogadores de esportes coletivos do sexo masculino para consumir placebo (PLA) ou BRJ (2 x 250 ml) por 3 dias após um teste inicial de sprint repetido (20 x 30 m; TSR1) e após um segundo teste de sprint repetido (TSR2), realizado 72 h depois. Uma garrafa foi consumida 30 minutos após cada tentativa e outra com uma refeição noturna por 3 dias. Contrações voluntárias isométricas máximas (CVIM), saltos de contramovimento (SCM), índice de força relativa (IFR), limiar de dor à pressão (LDP) e outros marcadores foram medidos antes, depois e em tempos definidos entre os testes. SCM e IFR foram 7,6% e 13,8% maiores no BRJ vs. PLA, respectivamente. O LDP foi 10,4% maior no BRJ comparado ao PLA 24 h após o TSR2, mas equivalente em outros momentos. Nenhuma diferença de grupo foi encontrada para o tempo médio e mais rápido de sprint, CVIM ou os marcadores bioquímicos medidos. O índice de fadiga não apresentou diferenças, como relatado também no estudo acima. O BRJ reduziu o decréscimo no SCM e IFR, mas não teve efeito no desempenho no sprint ou no estresse oxidativo.

Em um estudo cruzado randomizado, duplo-cego e controlado por placebo realizado por Jonvik e colaboradores (2018), foram analisados 52 indivíduos, sendo dez atletas de elite, 22 competitivos e 20 recreativos. Os participantes foram submetidos a dois períodos de suplementação, ambos durante seis dias e durante o café da manhã, em que receberam 140 ml de suco de beterraba rico em NO_3^- (BRJ; ~ 800 mg/d) ou 140 ml de suco de beterraba empobrecido em NO_3^- (PLA; $\sim 0,5$ mg/d) por dia. Os voluntários foram submetidos a um aquecimento de 15 a 17 minutos a $1,5$ W/kg, incluindo dois sprints de 3 s. Em seguida, foi realizada uma série de três testes de Wingate completos, intercalados por períodos de recuperação de 4 minutos. Durante os períodos de recuperação, os sujeitos continuaram pedalando contra uma resistência de 50 Watts. Todos os testes foram realizados em bicicletas ergométricas. A potência de pico e médio não variou nos três Wingates entre BRJ e PLA. Em contraste, o tempo até a potência de pico melhorou em $\sim 2,8\%$ após BRJ vs PLA. Esse efeito de BR não foi dependente do nível de esporte ou sexo, e não foi diferente entre os três Wingates consecutivos. A suplementação de suco de beterraba reduziu o tempo para atingir o pico de potência, o que pode melhorar a capacidade de acelerar durante tarefas de alta intensidade e sprint em atletas recreativos e de elite.

Wylie e colaboradores (2016) avaliaram dez jogadores de esportes coletivos do sexo masculino familiarizados com exercício intermitente intenso, esses participantes completaram testes de ciclismo intermitente de alta intensidade durante períodos separados de suplementação de 5 dias com suco de beterraba rico em NO_3^- (BRJ; $8,2$ mmol NO_3^-) e suco de beterraba empobrecido em NO_3^- (PLA; $0,08$ mmol NO_3^-) dividido metade pela manhã e metade pela noite. Foram realizados 24 sprints de 6 segundos intercalados com 24 segundos de recuperação, sete sprints completos de 30 s intercalados com 240 s de recuperação e seis esforços máximos de 60 s intercalados com 60 s de recuperação, nos dias 3, 4 e 5 de suplementação, respectivamente. A $[\text{NO}_2^-]$ no plasma foi 237% maior nos ensaios BRJ. A potência média foi significativamente maior com BRJ em relação a PLA no protocolo de 24×6 s (568 ± 136 vs. 539 ± 136 W), mas não durante os 7×30 s (558 ± 95 vs. 562 ± 94 W) ou 6×60 s (374 ± 57 vs. 375 ± 59 W). O aumento da $[\text{lactato}]$ no sangue nos protocolos de 24×6 s e 7×30 s foi maior com BRJ, mas não houve diferença no protocolo de 6×60 s. Sendo assim, BRJ pode melhorar o desempenho durante períodos curtos e repetitivos de exercícios de intensidade máxima intercalados com períodos curtos de recuperação, mas não necessariamente em intervalos mais longos

ou quando são aplicadas durações de recuperação mais longas. Esses achados sugerem que o BRJ pode ter um impacto na melhora do desempenho durante tipos específicos de exercícios intermitentes.

Em um estudo randomizado, duplo-cego e cruzado de Husmann e colaboradores (2019), 12 homens ativos recreativamente completaram um teste após 5 dias de suplementação com NO_3^- via suco de beterraba (BR; $\sim 6,5$ mmol de NO_3^- por 70 ml) e suco de beterraba sem NO_3^- (PLA; $\sim 0,04$ mmol de NO_3^- por 70 ml) todas as manhãs e duas horas antes das visitas ao laboratório. Durante a primeira visita, os indivíduos foram completamente familiarizados com o protocolo de exercício dinâmico unipodal (EDU) dos extensores do joelho e na segunda e terceira visita, realizaram um aquecimento de dois minutos a 10% de potência de pico, seguido por um EDU dos extensores do joelho até exaustão e de alta intensidade (85% da potência de pico). Testes neuromusculares foram realizados antes e depois de cada condição pareada por tempo. A fadiga muscular foi quantificada como mudança percentual no torque voluntário máximo do pré ao pós-exercício (TVM). Mudanças na ativação voluntária (AV) e torque de contração do quadríceps (TCQ) foram usados para quantificar os fatores centrais e periféricos de fadiga muscular, respectivamente. Saturação muscular de O_2 , atividade muscular do quadríceps, bem como dados de PSE e dor muscular na perna foram registrados durante o exercício. O tempo até a exaustão foi melhorado com BRJ ($12:41 \pm 07:18$ min) em comparação com PLA ($09:03 \pm 04:18$ min) e BRJ resultou em TVM e TCQ mais baixos em comparação com PL, já AV não distinguiu entre as condições. BRJ diminuiu a fadiga muscular ao reduzir as deficiências induzidas pelo exercício na função muscular contrátil, além de reduzir a PSE e dores musculares nas pernas, demonstrando que a suplementação de NO_3^- melhora a tolerância ao exercício.

Nogueira e Viebig (2015), realizaram um estudo randomizado, duplo-cego, cruzado e placebo-controlado, onde nove atletas adolescentes do gênero feminino, praticantes de handebol, foram submetidas a duas situações distintas. Um grupo ingeriu 500 ml de suco de beterraba (250 ml de suco puro de beterraba batida, 30 ml de xarope de groselha e 220 ml de água) e o outro um líquido placebo (60 ml xarope de groselha e 440 ml de água), três horas antes de realizar um teste de corrida composto por 6 sprints x 18m com 10s de intervalo entre os sprints. Embora não tenha sido observado alterações significativas na PSE, como nos estudos de Mosher e colaboradores (2016) e Sanchez e colaboradores (2020), PA, frequência cardíaca

houve redução significativa no tempo de execução do teste (-2,3%) no grupo que ingeriu o suco de beterraba.

O consumo de NO_3^- levou a um maior número de repetições nos estudos de Mosher e colaboradores (2016) e Sanchez e colaboradores (2020), mas em ambas as pesquisas a suplementação não apresentou diferenças significativas no lactato sanguíneo e PSE. As duas investigações utilizaram 6,4 mmol de NO_3^- , o que possivelmente seria melhor com uma dose maior ou mais tempo de uso. No estudo de Husmann e colaboradores (2019) foi utilizado uma dose similar (6,5 mmol de NO_3^-), porém diferente da administração do suplemento 2,5h antes da atividade ou por 6 dias, foi consumido por 5 dias e apresentou redução da PSE, dor muscular, fadiga muscular e melhor tempo até a exaustão. Além disso, foi demonstrado um aumento no índice de força relativa e peso total levantado, menor FC média e maior concentração plasmática e salivar de NO_3^- e NO_2^- (Clifford e colaboradores, 2016; Mosher e colaboradores, 2016; Nyakayiru e colaboradores, 2017).

Wylie e colaboradores (2016) mostraram que a utilização de NO_3^- aumentou a distância percorrida ao longo de períodos curtos e repetitivos de exercícios de intensidade máxima alternados com períodos curtos de recuperação, mas não necessariamente em intervalos mais longos ou quando são utilizadas durações de recuperação mais longas. Além disso, não houve diferença no tempo médio e mais rápido de sprint, potência de pico e potência média, apenas redução para atingir o pico de potência na pesquisa de Jonvik e colaboradores (2018), diferente do estudo de Nogueira e Viebig (2015), onde ocorreu uma redução significativa no tempo de execução do teste, e no de Cuenca e colaboradores (2018), que houve melhora na potência pico e média e também reduziu o tempo necessário para atingir a potência no teste de Wingate no grupo que ingeriu o suco de beterraba. Ademais, os estudos de Mosher e colaboradores (2016), Cuenca e colaboradores (2018) e Sanchez e colaboradores (2020) não demonstraram diferenças nos níveis de lactato. Os trabalhos são resumidos na tabela 2.

Tabela 2 – Resumo dos efeitos sobre o desempenho em exercícios intermitentes e de força

Estudos	Participantes	Consumo	Teste	Resultados
Nyakayiru e colaboradores, 2017	32 homens jogadores amadores de futebol	12,9mmol 3h antes	Sprints de 2x20m em velocidade progressivamente crescente com 10s de descanso	↑ [NO ₃ -] plasmática e salivar. Melhora média na distância percorrida. ↓ frequência cardíaca
Mosher e colaboradores, 2016	12 homens com experiência em treino resistido	6,4mmol por 6 dias, teste após	3 séries de supino com carga de 60% da 1RM até a falha com 2 minutos de intervalo	↑ peso total levantado e repetições até a falha. Sem ≠ no lactato sanguíneo e PSE
Sanchez e colaboradores, 2020	12 homens com experiência em treino resistido	6,4mmol 2h antes	3 séries de agachamento livre e supino a 60, 70 e 80% da 1RM	↑ nº reps apenas a 60 e 70% no agachamento. Sem ≠ lactato sanguíneo, velocidade do movimento e esforço percebido
Cuenca e colaboradores, 2018	15 homens com experiência em treino resistido	6,4mmol 3h antes	Teste de Wingate de 30s em bicicleta ergométrica	↓ tempo para atingir Wpico. Melhorou a potência pico e média. Sem ≠ índice de fadiga, SCM e níveis lactato
Clifford e colaboradores, 2016	20 homens jogadores de esportes coletivos	250ml 30m após cada tentativa e 250ml com refeição noturna por 3 dias	Sprints de 20x30m de esforço máximo com 30s de recuperação	Saltos de contra movimento, índice de força relativa e limiar de dor à pressão foram maiores
Jonvik e colaboradores, 2018	52: 10 elite (5 homens, 5 mulheres), 22 competitivos (14H, 8M) e 20 recreativos (10H, 10M)	800mg no café da manhã por 6 dias	3 testes de Wingate completos com recuperação de 4 min. pedalando contra resistência de 50 Watts	Sem ≠ na potência de pico e média. Melhorou tempo até a potência de pico

Wylie e colaboradores, 2016	10 homens familiarizados com exercícios intermitentes intensos	8,2mmol dividido pela manhã e noite por 6 dias	A partir do dia 3: 24x6s 24s rec., 7x30s 240s rec., 6xMáx de 60s 60s recuperação em bicicleta ergométrica	↑ [NO ₂]. ↑ potência média apenas em 24x6s. ↑ [lactato] sanguíneo 24x6s e 7x30s
Husmann e colaboradores, 2019	12 homens ativos recreativamente	6,5mmol todas as manhãs e 2h antes por 5 dias	Exercício dinâmico unipodal dos extensores do joelho de alta intensidade a 85% da potência de pico até a exaustão	Melhora no tempo até a exaustão. Torque voluntário máximo e torque de contração do quadríceps mais baixos. ↓ fadiga muscular, PSE e dor muscular na perna. Sem ≠ ativação voluntária
Nogueira e Viebig, 2015	9 mulheres praticantes de handebol	250ml de suco puro 3h antes	Sprint de corrida 6x18m com 10s de intervalo	↓ tempo de execução do teste. Sem ≠ significativa PA, FC e PSE

Aplicações práticas

Considerando os resultados observados nos estudos apresentados nos tópicos anteriores, fica claro que o NO₃⁻ representa um auxílio ergogênico eficaz para aprimorar o desempenho físico através de diferentes mecanismos, sendo benéfico em diversas modalidades esportivas e tipos de exercícios. A análise comprova a eficácia do consumo de NO₃⁻ em exercícios de endurance, como corrida e ciclismo, em testes TT de 1,5 a 16,1 km e de força e intermitente, como agachamento, supino e sprints, com 60 a 70% RM e curtos períodos de recuperação.

A quantidade a ser suplementada difere entre os estudos, utilizando 6,4 até 19,5 mmol de NO₃⁻, sendo que o Comitê Olímpico Internacional indica o consumo de 5 a 9 mmol (310 a 560mg). Aparentemente há um certo limite máximo da quantidade de nitrato para as vantagens da suplementação, os estudos que utilizaram doses maiores (12 a 19,5 mmol) não foram superiores a estudos com doses menores (6,2 a

8,2 mmol), o que é corroborado na pesquisa de Wylie e colaboradores (2013b), que mostrou inexistência de benefícios maiores com 16,8mmol (1041mg) versus 8,4mmol (521mg).

Ademais, a suplementação por meio do suco concentrado de beterraba de forma aguda (2h a 3h antes do exercício) e crônica (3 a 8 dias, ou até 30 dias) tem efeitos benéficos no desempenho esportivo, sendo a crônica a mais corroborada em exercícios intermitentes e de força. Para Larsen e colaboradores (2011), isso pode ser explicado pelo fato de que mesmo o NO_2^- sendo um intermediário obrigatório na conversão de NO_3^- em NO, é inesperável que a administração aguda de NO_2^- provoque alterações na expressão de proteínas contráteis, enquanto três dias de tratamento com NO_3^- podem ser suficientes para permitir que tais transformações ocorram.

Considerações finais

A suplementação de nitrato provoca o aumento da eficiência da respiração mitocondrial, promove vasodilatação, redução do custo e consumo de O_2 e melhora na eficiência da contratilidade muscular, logo, pode ser associado a efeitos benéficos no desempenho físico. Nos exercícios de endurance promove redução no tempo de execução do teste, aumento da $[\text{NO}_2^-]$ plasmático e maior tempo até a exaustão, mostrando eficácia com suplementação aguda e crônica. Já nos exercícios intermitentes e de força, provocou aumento no índice de força relativa, peso total levantado, distância percorrida, no número de repetições e melhora no tempo necessário para atingir o pico de potência.

Os riscos e a ergogenicidade da utilização de NO_3^- a longo prazo são desconhecidos, isto posto, mais estudos devem ser realizados para que o consumo seja seguro e viável em períodos extensos, mesmo que com fontes naturais de NO_3^- , como vegetais inteiros ou sucos de vegetais conforme utilizado nos estudos analisados, não seja previsto nenhum risco agudo (Larsen e colaboradores, 2011). Além disso, aparentemente há um certo limite máximo da quantidade de nitrato para as vantagens da suplementação, pois maiores doses não demonstram mais ou maiores benefícios.

A maioria das pesquisas foram feitas com homens praticantes de algum esporte ou praticantes recreativos. Logo, faz-se necessário um aprofundamento da suplementação em mulheres e atletas de elite para que haja melhor especificidade dos efeitos nesses sujeitos, haja vista que os benefícios do consumo de NO_3^- podem depender de uma variedade de condições, como idade, sexo, saúde, dieta, condicionamento físico e grau de treinamento. É necessário analisar se há aversão ao sabor do suplemento, incômodo com a coloração da urina e fezes, desconforto gastrointestinal ou qualquer tipo de dificuldade para consumi-lo e, possivelmente, prejudicar a adesão a suplementação.

Referências

- 1- Bailey, S.J.; Fulford, J.; Vanhatalo, A.; Winyard, P.G.; Blackwell, J.R.; DiMenna, F.J.; Wilkerson, D.P.; Benjamin, N.; Jones, A.M. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. *Journal of applied physiology*. Vol. 109. Num. 1. 2010. p. 135-148.
- 2- Bailey, S.J.; Winyard P.; Vanhatalo, A.; Blackwell, J.R.; Dimenna, F.J.; Wilkerson, D.P.; Tarr, J.; Benjamin, N.; Jones, A.M. Dietary nitrate supplementation reduces the O_2 cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. *Journal of applied physiology*. 2009.
- 3- Becker, L.K.; Pereira, A.N.; Pena, G.E.; Oliveira, E.C.; Silva, M.E. Efeitos da suplementação nutricional sobre a composição corporal e o desempenho de atletas: uma revisão. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*. Vol.10. Num. 55. 2016. p. 93-111.
- 4- Boorsma, R.K.; Whitfield, J.; Spriet, L.L. Beetroot juice supplementation does not improve performance of elite 1500-m runners. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 46. Num.12. 2014. p. 2326-2334.
- 5- Clifford, T.; Berntzen, B.; Davison, G.W.; West, D.J.; Howatson, G.; Stevenson, E.J. Effects of beetroot juice on recovery of muscle function and performance between bouts of repeated sprint exercise. *Nutrients*. Vol. 8. Num. 8. 2016. p. 506.

- 6- Coggan, A.R.; Peterson, L.R. Dietary Nitrate Enhances the Contractile Properties of Human Skeletal Muscle. *Exercise and sport sciences reviews*. Vol. 46. Num. 4. 2018. p. 254-261.
- 7- Cuenca, E.; Jodra, P.; Pérez-López, A.; González-Rodríguez, L.G.; Fernandes da Silva, S.; Veiga-Herreros, P.; Domínguez, R. 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.
- 8- Domínguez, R.; Cuenca, E.; Maté-Muñoz, J.L.; García-Fernández, P.; Serra-Paya, N.; Estevan, M.C.L.; Herreros, P.V. Garnacho-Castaño, M.V. Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. A systematic review. *Nutrients*. Vol.9. Num. 1. 2017. p. 43.
- 9- Domínguez, R.; Maté-Muñoz, J.L.; Cuenca, E.; García-Fernández, P.; Mata-Ordoñez, F.; Lozano-Estevan, M.C.; Veiga-Herreros, P.; da Silva, S.F.; Garnacho-Castaño, M.V. Effects of beetroot juice supplementation on intermittent high-intensity exercise efforts. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. Vol. 15. Num. 1. 2018. p. 2.
- 10- Fernández, C.; Moraleda, B.; Cupeiro, R.; Peinado, A.B.; Butragueño, J.; Benito, P.J. The effects of beetroot juice supplementation on exercise economy, rating of perceived exertion and running mechanics in elite distance runners: A double-blinded, randomized study. *PloS one*, Vol. 13. Num. 7. 2018. p. e0200517.
- 11- Ghiarone, T.; de Ataíde, T.; Bertuzzi, R.; Lima-Silva, A.E. Suplementação de nitrato e sua relação com a formação de óxido nítrico e exercício físico. *Acta Brasileira do Movimento Humano*. Vol. 4. Num. 4. 2014. p. 103-135.
- 12- Hlinský, T.; Kumstát, M.; Vajda, P. Effects of dietary nitrates on time trial performance in athletes with different training status: Systematic review. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 9. 2020. p. 2734.
- 13- Husmann, F.; Bruhn, S.; Mittlmeier, T.; Zschorlich, V.; Behrens, M. Dietary nitrate supplementation improves exercise tolerance by reducing muscle fatigue and perceptual responses. *Frontiers in physiology*. Vol. 10. 2019. p. 404.
- 14- Jones, A.M. Dietary nitrate supplementation and exercise performance. *Sports medicine*. Vol. 44. Num. 1. 2014. p. 35-45.

- 15- Jonvik, K.L.; Nyakayiru, J.; Van Dijk, J.W.; Maase, K.; Ballak, S.B.; Senden, J.M.; Van Loon, L.J.C.; Verdijk, L.B. Repeated-sprint performance and plasma responses following beetroot juice supplementation do not differ between recreational, competitive and elite sprint athletes. *European journal of sport Science*. Vol. 18. Num. 4. 2018. p. 524-533.
- 16- Júnior, M.P. Efeito da suplementação de aminoácidos de cadeia ramificada no desempenho físico humano. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*. Vol. 10. Num. 56. 2016. p.157-164.
- 17- Kelly, J.; Fulford, J.; Vanhatalo, A.; Blackwell, J.R.; French, O.; Bailey, S.J.; Gilchrist, M.; Winyard, P.G.; Jones, A.M. Effects of short-term dietary nitrate supplementation on blood pressure, O₂ uptake kinetics, and muscle and cognitive function in older adults. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. Vol. 304. Num. 2. 2013. p. R73-R83.
- 18-Lansley, K.E.; Winyard, P.G.; Bailey, S.J.; Vanhatalo, A.; Wilkerson, D.P.; Blackwell, J.R.; Gilchrist, M.; Benjamin, N.; Jones, A.M. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 43. Num. 6. 2011. p.1125-1131.
- 19- Larsen, F.J.; Schiffer, T.A.; Borniquel, S.; Sahlin, K.; Ekblom, B.; Lundberg, J.O.; Weitzberg, E. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. *Cell metabolismo*. Vol. 13. Num. 2. 2011. p. 149-159.
- 20- Larsen, F.J.; Weitzberg, E.; Lundberg, J.O.; Ekblom, B. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. *Acta physiologica*. Vol. 191. Num. 1. 2007. p. 59-66.
- 21- Loureiro, L.L.; Santos, G.B. Nitrato: suplementação, fontes dietéticas e efeitos na performance. *Revista Brasileira de Nutrição Funcional*. Vol. 36. Num. 71. 2017. p. 7-16.
- 22- Mosher, S.L.; Sparks, S.A.; Williams, E.L.; Bentley, D.J.; Mc Naughton, L.R. Ingestion of a nitric oxide enhancing supplement improves resistance exercise performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Vol. 30. Num. 12. 2016. p. 3520-3524.

- 23- Nogueira, T.D.R.; Viebig, R.F. Efeitos ergogênicos do consumo de suco de beterraba em adolescentes do gênero feminino praticantes de handebol. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. Vol. 9. Num. 56. 2015. p. 635-642.
- 24- Nyakayiru, J.; Jonvik, K.L.; Trommelen, J.; Pinckaers, P.J.; Senden, J.M.; Van Loon, L.J.; Verdijk, L.B. Beetroot juice supplementation improves high-intensity intermittent type exercise performance in trained soccer players. *Nutrients*. Vol. 9. Num. 3. 2017. p. 314.
- 25- Pencharz, P.B.; Elango, R.; Ball, R.O. Determination of the Tolerable Upper Intake Level of Leucine in Adult Men. *The Journal of Nutrition*. Canada. Vol. 142. 2012. p. 22205-22245.
- 26- Sanchez, A.; Bernier, V.M.; Villagran, D.; Alonso, C.; Cantarero, F.J.; Perez, J.; Castro, J.M. Acute effects of beetroot juice supplements on resistance training: a randomized double-blind crossover. *Nutrients*. Vol. 12. Num. 7. 2020. p. 1912.
- 27- Santana, J.; Madureira, D.; de França, E.; Rossi, F.; Rodrigues, B.; Fukushima, A.; Billaut, F.; Lira, F.; Caperuto, E. Nitrate supplementation combined with a running training program improved time-trial performance in recreationally trained runners. *Sports*. Vol. 7. Num. 5. 2019. p. 120.
- 28- Satyanand, V.; Vali, S.M.; Krishna, B.P. A study of beet root derived dietary nitrate efficacy on performance of Runners. *Ind. J. Basic Appl. Med*. Vol. 3. 2014. p. 690-695.
- 29- Shannon, O.M.; Barlow, M.J.; Duckworth, L.; Williams, E.; Wort, G.; Woods, D.; Siervo, M.; O'Hara, J.P. Dietary nitrate supplementation enhances short but not longer duration running time-trial performance. *European journal of applied physiology*. Vol. 117. Num. 4. 2017. p. 775-785.
- 30- Silva, J.C.L.; de Meira Lins, N.C.; dos Santos Gomes, W.; Campos, E.Z.; dos Santos Costa, A. Suplementação de nitrato no desempenho durante exercício intermitente de alta intensidade: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Nutrição Esportiva*. Vol.16. Num. 96. 2022. p. 53-62.
- 31- Siqueira, M.C. Efeitos da suplementação aguda com nitrato de sódio no balanço redox, pressão artificial, VO₂ pico e desempenho de homens fisicamente ativos durante exercício máximo. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2013.

- 32- Umbrello, M.; Dyson, A.; Feelisch, M.; Singer, M. 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.
- 33- Vanni, D.S.; Horstmann, B.; Benjo, A.M.; Daher, J.P.L.; Kanaan, S.; Sleiman, M. Óxido nítrico: inibição das plaquetas e participação na formação do trombo. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*. Vol. 43. 2007. p. 181-189.
- 34- Wylie, L.J.; Bailey, S.J.; Kelly, J.; Blackwell, J.R.; Vanhatalo, A.; Jones, A.M. Influence of beetroot juice supplementation on intermittent exercise performance. *European journal of applied physiology*. Vol. 116. Num. 2. 2016. p. 415-425.
- 35- Wylie, L.J.; Kelly, J.; Bailey, S.J.; Blackwell, J.R.; Skiba, P. F.; Winyard, P.G.; Jeukendrup, A.E.; Vanhatalo, A.; Jones, A.M. Beetroot juice and exercise: pharmacodynamic and dose-response relationships. *Journal of applied physiology*. Vol. 115. Num. 3. 2013b. p. 325-336.
- 36- Wylie, L.J.; Mohr, M.; Krustrup, P.; Jackman, S.R.; Ermidis, G.; Kelly, J.; Black, M.I.; Bailey, S.J.; Vanhatalo, A.; Jones, A.M. Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. *European journal of applied physiology*. Vol. 113. Num. 7. 2013a. p. 1673-1684.