



LUDMILA DIAS DOS SANTOS LEAL

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NO_3^- NO
DESEMPENHO DE CORREDORES DE FUNDO**

**LAVRAS-MG
2022**

LUDMILA DIAS DOS SANTOS LEAL

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NO₃⁻ NA
DESEMPENHO DE CORREDORES DE FUNDO**

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. Sandro Fernandes da Silva
Orientador

**LAVRAS-MG
2022**

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

Leal, Ludmila Dias dos Santos.

Efeito da Suplementação Aguda de NO_3^- no Desempenho de
Corredores de Fundo / Ludmila Dias dos Santos Leal. - 2022.
88 p. : il.

Orientador(a): Sandro Fernandes da Silva.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2022.
Bibliografia.

1. Nutrição Esportiva. 2. Suplementação. 3. Nitrato. I. da Silva,
Sandro Fernandes. II. Título.

LUDMILA DIAS DOS SANTOS LEAL

**EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NO₃⁻ NO DESEMPENHO DE
CORREDORES DE FUNDO**

**EFFECT OF ACUTE NO₃⁻ SUPPLEMENTATION ON THE ENDURANCE
RUNNERS**

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 10 de fevereiro de 2022

Dr. Wilson César de Abreu UFLA

Dr. Reginaldo Gonçalves UFMG

Prof. Dr. Sandro Fernandes da Silva – UFLA

Orientador

**LAVRAS-MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Ao meu querido orientador professor Dr. Sandro Fernandes da Silva pela oportunidade de realização do mestrado. Obrigada pela atenção, compreensão das minhas dificuldades e ajuda incondicional durante todo o meu trajeto. Meu Muito Obrigada.

Aos meus pais que me trouxeram ao mundo e sempre me apoiaram incondicionalmente. Vocês são responsáveis por minhas vitórias! Obrigado por estarem sempre ao meu lado e por me ensinarem tanto! O meu agradecimento mais sincero é por sempre serem presentes na minha vida. Ter vocês comigo é tudo o que preciso!

Ao estúdio Metta pela disponibilidade do espaço, equipamentos e auxílio durante os testes, em especial ao amigo Glênio pelo auxílio incondicional durante o processo.

A Universidade Federal de Lavras – UFLA pelo apoio sempre concedido.

Aos corredores da equipe Viagens Runners - Varginha, bem como os treinadores (as) que com grande carinho me acolheram, abraçaram minha pesquisa e fizeram possível o trabalho acontecer. Meu eterno carinho, respeito e gratidão a cada um de vocês. Torço muito pelo sucesso de cada um!

A querida amiga Maria Paula pelo auxílio e disponibilidade, e a seu filho Lucas pela mão amiga que me estendeu quando muito precisei. Obrigada! A Thaís pelo empenho e imensa ajuda antes e durante a pesquisa. Sua ajuda foi essencial.

A República Batom Vermelho, em especial Mari, Nay e Dani pelas distrações, muitas risadas e fazer dessa trajetória bem mais leve. Saudades imensas de vocês família!!!

A todos os indivíduos que participaram do estudo direta e/ou indiretamente. Sem vocês não seria possível a realização deste.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

Acima de tudo, a Deus. Sem a Sua presença essa pesquisa seria inviável, pois é Dele proveniente todo o conhecimento.

“Todo cientista é um espião dos mistérios de Deus”

Josué Montello

RESUMO

O nitrato (NO_3^-) vem se consolidando como ergogênico capaz de otimizar o desempenho esportivo, principalmente em indivíduos não-treinados. Tal efeito contribui para uma maior sustentação do exercício. O objetivo foi avaliar o efeito da suplementação de NO_3^- no rendimento em um teste progressivo em corredores de fundo. Propomos ainda de maneira original a utilização da frequência cardíaca (FC) conjuntamente aos seus subprodutos - Ponto de Inflexão da Frequência Cardíaca (PIFC) e de Deflexão da FC (PDFC) para detecção dos pontos de transição metabólica (PTM). Trata-se de uma pesquisa de natureza experimental, duplo-cega, crossover. Uma amostra de 13 homens corredores de fundo de uma equipe de corrida de rua da cidade de Varginha – Minas Gerais foram submetidos a um teste progressivo incremental - TPI em esteira ergométrica onde os sujeitos executaram o teste em 2 momentos distintos - Momento Nitrato (MN) e Momento Placebo (MP). A suplementação de NO_3^- foi realizada 2 horas antes dos testes com 70 ml de suco de beterraba concentrado rico em NO_3^- (~6,4mmol de NO_3^- - 400mg - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK) ou placebo empobrecido em NO_3^- (0,04 mmol de NO_3^- >0,8g/L - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK). Foram realizadas aferição da FC, Percepção subjetiva de Esforço (PSE) tempo e velocidade final. Para análise dos dados foi adotado o teste de Shapiro-Wilk para verificar a distribuição da amostra e o teste de Levene para a homogeneidade da variância, e a análise das variáveis foram utilizados o Teste T pareado. Além de comparação das médias, também foram determinados o delta de variação (Δ) dos resultados e o tamanho do efeito da amostra através do teste de Cohen (d), com nível de significância adotado de $p < 0.05$. Os resultados revelaram que o nitrato não foi capaz de aprimorar os parâmetros estudados, todavia observamos uma tendência de melhorias no MN relação ao MP nas variáveis tempo, velocidade e distância, respectivamente ($d=0,035$; $d=0,026$; $d=0,036$), havendo uma diminuição do tempo em cerca de 2-3% ($21,04 \pm 4,17$ x $19,54 \pm 3,96$ minutos). Não detectamos diferença entre Frequência Cardíaca Máxima ($\text{FC}_{\text{MÁX}}$), PSE e volume máximo de oxigênio ($\text{VO}_{2\text{MÁX}}$) no MN em relação ao MP respectivamente ($p=0,573$; $p=1,108$; $p=0,102$). Os PTM's não mostraram diferença estatística entre momentos MN e MP no PIFC e PDFC respectivamente ($p=0,216$; $p=0,508$). Com relação ao consumo de oxigênio no PIFC e no PDFC, observamos que na MN e MP ocorreram respectivamente em $37,49 \pm 3,00 \text{ml.kg.min}^{-1}$ Vs. $36,98 \pm 1,36 \text{ml.kg.min}^{-1}$ ($p=0,562$), e $46,77 \pm 6,47 \text{ml.kg.min}^{-1}$ Vs. $44,45 \pm 5,66 \text{ml.kg.min}^{-1}$ ($p=0,971$), revelando uma diferença de $9,27 \pm 4,76 \text{ml.kg.min}^{-1}$ Vs. $7,46 \pm 4,95 \text{ml.kg.min}^{-1}$ ($p=0,945$). Os achados sobre o $\text{PSE}_{\text{limiar}}$ também não mostram diferença estatística nos parâmetros $\text{PSE}_{\text{limiar}}$ ($p=0,678$); FC no $\text{PSE}_{\text{limiar}}$ ($p=0,668$); Velocidade na $\text{PSE}_{\text{limiar}}$ ($p=0,222$). $\text{VO}_{2\text{MÁX}}$ na $\text{PSE}_{\text{limiar}}$ ($p=0,574$). Não observamos diferenças estatísticas quanto a velocidade imprimida na corrida nos PTM's entre MN e MP respectivamente ($p=0,562$); ($p=0,971$), todavia, detectamos uma diferença de $2,76 \pm 1,42 \text{Km/h}^{-1}$ Vs. $2,23 \pm 1,48 \text{Km/h}^{-1}$ ($p=0,820$) entre os pontos. Os percentuais de $V_{\text{máx}}$ e V_{pico} nos PTM's também não demonstraram diferença estatística entre grupos MN e MP no PIFC e PDFC respectivamente ($V_{\text{máx}}$ $p=0,524$; $p=0,361$) - ($\%V_{\text{pico}}$ $p=0,598$; $p=0,295$). Em suma, a suplementação com nitrato não interfere no rendimento de corredores amadores de fundo durante um TPI. Todavia, obtivemos uma tendência a sutis melhorias no MN em todas as variáveis estudadas, o que em termos práticos, poderia colaborar para um aprimoramento no rendimento destes atletas.

Palavras-chave: Corrida. Desempenho atlético. Suplementação aguda de nitrato. Exercício aeróbico

ABSTRACT

Nitrate (NO_3^-) has been consolidated as an ergogenic capable of optimizing sports performance, especially in untrained individuals due to its vasodilation capacity. This effect contributes to greater support for the exercise. The objective was to evaluate the effect of NO_3^- supplementation on performance in a progressive test in long-distance runners. We also propose, in an original way, the use of heart rate (HR) together with its by-products - Heart Rate Inflection Point (HRIP) and HR Deflection Point (HRDP) for detection of metabolic transition points (MTP). research of an experimental, double-blind, crossover nature. A sample of 13 men runners from a street running team in the city of Varginha - Minas Gerais were submitted to a progressive incremental test - PIT on a treadmill where the subjects performed the test at 2 different times - Nitrate Moment (NM) and Placebo Moment (PM). NO_3^- supplementation was carried out 2 hours before testing with 70 ml of concentrated beet juice rich in NO_3^- (~6.4mmol NO_3^- - 400mg - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK) or depleted placebo in NO_3^- (0.04 mmol NO_3^- >0.8g/L - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK). Measurement of HR, Subjective Effort Perception (RPE), time, and final velocity were performed. For data analysis, the Shapiro-Wilk test was used to verify the sample distribution and the Levene test for the homogeneity of variance, and for the analysis of variables, the paired T-test was used. In addition to comparing the means, the delta of variation (Δ) of the results and the size of the sample effect were also determined using the Cohen test (d), with a significance level of $p < 0.05$. The results revealed that the nitrate was not able to improve the studied parameters, however, we observed a tendency of improvements in the NM about the PM in the variables time, speed, and distance, respectively ($d=0.035$; $d=0.026$; $d=0.036$) a time decrease of about 2-3% (21.04 ± 4.17 x 19.54 ± 3.96 minutes). We did not detect any difference between Maximum Heart Rate (HR_{MAX}), RPE and maximum oxygen volume ($\text{VO}_{2\text{MAX}}$) in NM in relation to PM respectively ($p=0.573$; $p=1.108$; $p=0.102$). The MTP's showed no statistical difference between NM and PM moments in HRIP and HRDP respectively ($p=0.216$; $p=0.508$). Regarding oxygen consumption in HRIP and HRDP, we observed that in NM and PM, they occurred respectively at $37.49 \pm 3.00\text{ml.kg.min}^{-1}$ Vs. $36.98 \pm 1.36\text{ml.kg.min}^{-1}$ ($p=0.562$), and $46.77 \pm 6.47\text{ml.kg.min}^{-1}$ vs. $44.45 \pm 5.66\text{ml.kg.min}^{-1}$ ($p=0.971$), revealing a difference of $9.27 \pm 4.76\text{ml.kg.min}^{-1}$ vs. $7.46 \pm 4.95\text{ml.kg.min}^{-1}$ ($p=0.945$). The findings on the $\text{RPE}_{\text{threshold}}$ also show no statistical difference in the $\text{RPE}_{\text{threshold}}$ parameters ($p=0.678$); HR in the $\text{RPE}_{\text{threshold}}$ ($p=0.668$); Velocity in $\text{RPE}_{\text{threshold}}$ ($p=0.457$); $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ in $\text{RPE}_{\text{threshold}}$ ($p=0.574$). We did not observe statistical differences regarding the printed speed in running in the TMP's between NM and PM respectively ($p=0.562$; $p=0.971$), however, we detected a difference of $2.76 \pm 1.42\text{ km/h}$ -1 vs. $2.23 \pm 1.48\text{ km/h}$ -1 ($p=0.820$) between the points. The percentages of V_{max} and V_{peak} in PTM's also did not show statistical difference between NM and PM groups in HRIP and HRDP respectively ($\%V_{\text{max}}$ $p=0.524$; $p=0.361$) - ($\%V_{\text{peak}}$ $p=0.598$; $p=0.295$). In summary, nitrate supplementation does not interfere with the performance of amateur long-distance runners during a PIT. However, we obtained a tendency to subtle improvements in NM in all studied variables, which, in practical terms, could contribute to an improvement in the performance of these athletes.

Keywords: Run. Athletic performance. Acute nitrate supplementation. Aerobic Exercise

LISTA DE FIGURAS

| | | | |
|-----------|---|--|----|
| Figura 1 | – | Vias de obtenção do NO | 6 |
| Figura 2 | - | Efeito do exercício físico estimulando a produção de NO ₃ ⁻ - NO ₂ ⁻ - NO e/ou sua biodisponibilidade. | 7 |
| Figura 3 | - | Desenho Experimental Parâmetros Aeróbicos. | 14 |
| Figura 4 | – | <i>Squeezes</i> utilizados para a padronização. | 16 |
| Figura 5 | – | Esquema do fluxo das coletas e protocolo de segurança adotado. | 18 |
| Figura 6 | - | Nuvem de palavras da categoria “Tipos de alimentos consumidos”. | 23 |
| Figura 7 | – | Tempo; Velocidade e Distância. | 24 |
| Figura 8 | – | Comparação entre FC _{MÁX} ; PSE e VO _{2MÁX} . | 25 |
| Figura 9 | – | FC _{MÁX} e seus respectivos Pontos de Transição Metabólica. | 26 |
| Figura 10 | – | Limiar da PSE e Comparações da FC e seu percentual no Limiar da PSE. | 27 |
| Figura 11 | – | Comparação da Velocidade e seu percentual na PSE _{limiar} . | 28 |
| Figura 12 | – | Volume e percentual de VO ₂ nos pontos de transição metabólica: | 29 |
| Figura 13 | – | Consumo do VO ₂ no limiar anaeróbio da PSE. | 29 |
| Figura 14 | – | Velocidade e sua diferença nos pontos PIFC e PDFC; V _{máx} e V _{pico} . | 31 |
| Figura 15 | – | Consumo Alimentar Total Médio dos atletas comparados a Referência | 32 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|---------|
| Tabela 1. Classificação dos alimentos quanto ao conteúdo de nitrato em 100 g de alimento fresco | 3 - 4 |
| Tabela 2 - Avaliação da Composição Corporal (n= 13) | 22 |
| Tabela 3 - Parâmetros dos corredores (n= 13) | 22 |
| Tabela 4- Avaliação do Consumo Alimentar (n= 13) | 22 - 23 |
| Tabela 5 – Valores de glicose capilar entre condições nos momentos pré e pós teste | 25 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|------------------------------|--|
| ADP | Difosfato de Adenosina |
| AMPK | Proteína Quinase Ativada por Monofosfato de Adenosina |
| ATP | Trifosfato de Adenosina |
| BPM | Batidas por minuto |
| CHO | Carboidrato |
| CO ₂ | Dióxido de Carbono |
| D _{máx} | Terminologia utilizada para a maior diferença entre valores ajustados por uma linha polinomial de 3º ordem e um ajuste linear unindo os extremos |
| eNOS | Endothelial Constitutive NO synthase |
| FC. | Frequência cardíaca |
| FC _{limiar} | Limiar da Frequência Cardíaca |
| FC _{MÁX} | Frequência Cardíaca Máxima |
| GMPC | Monofosfato Cíclico de Guanosina PTM – Ponto de Transição Metabólica |
| H ⁺ | Íons Hidrogênio |
| Kcal. | Quilocaloria |
| Km | Quilômetro |
| LIP | Lipídio |
| MN | Momento Nitrato |
| MP | Momento Placebo |
| mμ | Milimol |
| NO | Óxido Nítrico |
| NO ₂ ⁻ | Nitrito |
| NO ₃ ⁻ | Nitrato |
| PCr | Creatina Fosfato |
| PDFC | Ponto de Deflexão |
| PIFC | Ponto de Inflexão |
| PSE | Percepção Subjetiva de Esforço |
| PSE _{limiar} | Limiar da Percepção Subjetiva de Esforço |
| PTN | Proteína |
| Rec 24h | Recordatório 24 horas |
| VO _{2MÁX.} | Volume máximo de Oxigênio |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 2 |
| 2.1 Nutrição e Rendimento Físico | 2 |
| 2.2 Nitrato - NO₃⁻: Fontes, Biodisponibilidade, Biossíntese e Mecanismo de Ação no Esporte | 3 |
| 2.3 Esportes de Resistência e Encontro dos Pontos de Transição Metabólica | 8 |
| 3. JUSTIFICATIVA | 11 |
| 4. OBJETIVOS | 12 |
| 4.1 Objetivo Geral | 12 |
| 4.2 Objetivos Específicos | 12 |
| 5. MATERIAS E MÉTODOS | 12 |
| 5.1 Delineamento do Estudo | 12 |
| 5.2 Amostra | 13 |
| 5.3 Desenho Experimental | 14 |
| 5.4 Procedimento do Estudo | 14 |
| 5.5 Administração do Suco rico em Nitrato (NO₃⁻) | 15 |
| 5.6 Definição de Variáveis | 16 |
| 5.7 Cálculo da Amostra e Análise Estatística | 20 |
| 6. RESULTADOS | 21 |
| 6.1 Caracterização da Amostra: Composição Corporal, Parâmetros dos Corredores, Consumo Alimentar. | 21 |
| 6.2 Parâmetros de Corrida: Tempo, Velocidade, Distância | 23 |
| 6.3 Controle de Carga: Frequência Cardíaca (FC), Percepção Subjetiva de Esforço (PSE), Glicemia e Volume Máximo de Oxigênio – VO_{2MÁX.} | 24 |
| 6.4 Limiares de Transição: FC_{MÁX.}; PSE; VO₂ e Velocidade | 26 |
| 6.4.1 Ponto de Inflexão e Deflexão da Frequência Cardíaca | 26 |
| 6.4.2 Limiar Anaeróbio da PSE | 26 |
| 6.5 Parâmetros Submáximos de Consumo de Oxigênio | 28 |
| 6.6 Estimativa dos Pontos de Transição Metabólica a partir da Velocidade, %V_{pico} e %V_{máx} | 30 |
| 7. DISCUSSÃO | 31 |
| 7.1 Parâmetros Dietéticos | 32 |
| 7.2 Atuação do NO₃⁻ nos Parâmetros da Corrida | 33 |
| 7.3 Ação da Suplementação de NO₃⁻ no Controle de Carga | 35 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 7.4 | Incidência dos Limiares de Transição na Suplementação de NO_3^- | 38 |
| 7.4.1 | Detecção dos Pontos de Transição através da FC; Consumo de O_2, ; $V_{\text{máx}}$ e V_{pico}.. | 41 |
| 8. | CONCLUSÃO..... | 47 |
| 9. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 49 |
| | APÊNDICES | 57 |
| | ANEXOS..... | 62 |

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

O óxido nítrico (NO), produto final da conversão de nitrato pela via (NO_3^-) – nitrito (NO_2^-) – óxido nítrico (NO), constitui uma das menores e mais simples moléculas biossintetizadas pelo corpo. Trata-se de um potente sinalizador capaz de afetar as funções celulares em muitos tecidos do corpo, inclusive aumentar a capacidade de contratilidade muscular devido ao maior aporte sanguíneo, diferenciação de miócitos e homeostase da glicose e cálcio (MORRIS JR; BILLIAR, 1994).

Recentemente, o NO_3^- tem despertado interesse de pesquisadores devido a seus efeitos sobre o desempenho atlético e aumento na biodisponibilidade de NO (BEZERRA, 2017).

A utilização de suplementos alimentares no âmbito esportivo é cada vez maior (HOON et al., 2014; JONES et al., 2011). O suco de beterraba rico em NO_3^- ganhou sua popularidade devido aos efeitos comprovados como ergogênico esportivo (NOGUEIRA; VIEBIG, 2015). Existem fortes evidências que a suplementação de (NO_3^-) via alimentos fontes como vegetais folhosos verde escuros e o suco de beterraba são capazes de aumentar a biodisponibilidade de NO (BOGDANOVSKA; KOTSURUBA; MALIKOV, 2011; JONES; BAILEY; VANHATALO, 2012). Os primeiros estudos apontando a suplementação dietética de NO_3^- como potencializador ergogênico foram publicados por Larsen et al., (2007, 2010, 2011). Após três dias de suplementação de nitrato de sódio, os autores encontraram menor necessidade de oxigênio, melhorias na eficiência mitocondrial e menos oxigênio sendo usado para produzir ATP. Bailey et al., (2009) também foram pioneiros ao estudar o efeito da suplementação de (NO_3^-) no desempenho do exercício, já encontrando achados promissores para o suplemento. A utilização de nitrato em corredores de resistência de longa duração

Atualmente, muitas pesquisas já demonstram que a suplementação de NO_3^- pode aumentar o tempo até a exaustão e melhorar o desempenho devido a uma melhora da performance aeróbica em corredores de resistência de longa duração principalmente em indivíduos com baixo e médio treinamento (BAILEY et al., 2009; BOND et al., 2013; CERMAK et al., 2012, 2012; KELLY et al., 2013; LANSLEY et al., 2011a, 2011b; MUGGERIDGE et al., 2013; VANHATALO et al., 2010; WYLIE et al., 2013).

Diante a isso, o objetivo deste estudo foi o de avaliar o desempenho e nível de esforço de corredores de fundo através da suplementação aguda de (NO_3^-) via suco de beterraba, devido

a crescente aderência a prática de corrida e a necessidade de explorar os efeitos distintos do nitrato via suplementação alimentar nesse público-alvo. Ademais, nosso estudo demonstra de maneira inédita o encontro dos limiares de transição e como estes pode ser uma ferramenta fundamental para o treinamento desse público.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Nutrição e Rendimento Físico

Para Tirapegui, (2012) a relação entre alimentação e o bem-estar físico - mental do ser humano não pode ser dissociado. Diante a tal afirmação, a alimentação do indivíduo fisicamente ativo segue parâmetros e necessidades distintas que fornecem a base fundamental para a integridade da saúde do mesmo (FERRARIS et al., 2019). Uma alimentação balanceada e diversificada, requerida para todo e qualquer ser humano para a manutenção de seu estado físico ótimo, proporciona um melhor desempenho físico e um bom funcionamento do organismo (KERKSICK et al., 2018). A necessidade de uma nutrição específica ao rendimento físico é relatada desde a antiguidade, onde era observado o uso de suplementos por soldados para otimizar seu desempenho em guerras e em treinamentos típicos da época (APPLEGATE; GRIVETTI, 1997).

Vários fatores que influem na qualidade de uma dieta são capazes de determinar e influenciar o desempenho atlético (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016). Uma distribuição adequada de macro nutrientes em qualidade e quantidade para desportistas, em especial para corredores os carboidratos e proteínas, e micronutrientes é um fator crucial para desempenho físico, vindo a somar em seu desempenho e garantir a manutenção da saúde de forma geral e também melhorias expressivas durante o treinamento do praticante (BURKE et al., 2019).

A utilização de suplementos alimentares contribuem no programa de nutrição específico para praticantes de exercícios físicos, otimizando seu rendimento (GUEST et al., 2019). Segundo o posicionamento da Academia de Nutrição e Dietética, Dietistas do Canadá e da *American College of Sports Medicine* (ACSM), tanto o desempenho quanto a recuperação em atividades esportivas podem ser melhoradas mediante a adoção de estratégias nutricionais bem escolhidas e acompanhadas por profissional nutricionista (SPRIET, 2014). Tais condutas endossam diretrizes para uma boa nutrição e a utilização segura de suplementos alimentares destinados a fins de desempenho esportivo, promovendo assim saúde e desempenho ideais para cenários e praticantes distintos.

Muito se discute sobre a periodização nutricional, onde as metas e requisitos não se comportam de maneira estática durante a preparação atlética, levando em consideração as necessidades das sessões diárias, mensais e anuais de treinamento e objetivos nutricionais gerais (WILSON et al., 2014). É observado uma personalização individual do planejamento nutricional, gerando assim resultados ainda mais expressivos às necessidades de cada indivíduo (BURKE et al., 2019; THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016).

2.2 Nitrato - NO_3^- : Fontes, Biodisponibilidade, Biossíntese e Mecanismo de Ação no Esporte

O NO_3^- é um dos suplementos nutricionais com comprovação de eficácia segundo a classificação do Instituto Australiano de Esportes (AIS) (*Australian Institute of Sports*, 2020). Mediante as 4 categorias existentes da AIS, o NO_3^- encontra-se na primeira categoria A – que é composta pelos suplementos com efeito comprovado pela ciência, sendo o suco de beterraba industrializado apontado como alimento ergogênico devido ao seu alto teor de NO_3^- (CERMAK; GIBALA; VAN LOON, 2012; MUGGERIDGE et al., 2013).

Apesar de o suco de beterraba ser uma fonte de nitrato inorgânico mais utilizada em pesquisas científicas, podemos encontrar tal molécula em diversos alimentos como vegetais verde escuro como espinafre, alface, rúcula, cenoura, aipo que podem ser adicionados a dieta para uma estratégia alimentar para aumento do consumo de nitrato (HORD; TANG; BRYAN, 2009). Outras fontes alimentares são folhas de mostarda, alface, espinafre, rúcula, agrião, salsa, e a beterraba (COOPER; GIULIVI, 2007; DEJAM et al., 2004). Alguns alimentos podem aumentar a geração de NO no trato gastrointestinal por seu conteúdo polifenólico, como por exemplo a maçã ou vinho tinto (GAGO et al., 2007; PERI et al., 2005). Ademais, foi demonstrado também que o suco de romã protege o NO da oxidação enquanto aumenta sua atividade biológica e, a melancia como uma boa fonte de L- citrulina, precursora de NO (JONES, 2014a).

Tabela 1. Classificação dos alimentos quanto ao conteúdo de nitrato em 100 g de alimento fresco

| NO_3^- (mg)/100 g de alimento fresco | Classificação | Alimento |
|---|---------------|----------|
|---|---------------|----------|

| | | |
|----------|-------------|---|
| > 250 mg | Muito alto | Aipo, agrião, alface, beterraba, espinafre e rúcula |
| < 250 mg | Alto | Avelã, repolho chinês, endívia, funcho, alho-poró, salsinha |
| < 100 mg | Moderado | Repolho, endro e nabo |
| < 50 mg | Baixo | Brócolis, cenoura, couve-flor, pepino, abóbora e chicória |
| < 20 mg | Muito baixo | Aspargo, cebola, feijão, cogumelos, ervilha, pimenta, tomate, melancia e alho |

Fonte: Traduzido e adaptado de: Hord, Tang e Bryan, 2009.

O consumo diário de nitrato é estimado em cerca de 30 a 180 mg (GANGOLLI et al., 1994; MENSINGA; SPEIJERS; MEULENBELT, 2003) e desses, aproximadamente, 80% seja proveniente do consumo de vegetais (GANGOLLI et al., 1994; PETERSEN; STOLTZE, 1999). Jonvik et al, 2005 discorre que atletas europeus de alto nível consomem, em média, 105 mg ao dia de nitrato (JONVIK et al., 2015), sendo que, as doses usuais observadas em estudos científicos variam de 300 a 900 mg, com média de 400 mg de nitrato (DOMÍNGUEZ et al., 2017; JONES; BAILEY; VANHATALO, 2012; WEBB et al., 2008), evidenciando assim a necessidade em manipulação dietética como estratégia de suplementação para o desempenho esportivo. Outro ponto importante a ser observado é quanto a quantidade de nitrato inorgânico nos alimentos. A mesma pode variar acordo com solo, a região, método de cultivo, presença de agrotóxicos (TAMME et al., 2006). Ademais, e tão importante ressaltar que ainda há poucos trabalhos realizados com alimentos produzidos em solo brasileiro, portanto a variedade de concentração de nitrato em alimentos brasileiros ainda é uma lacuna a ser observada.

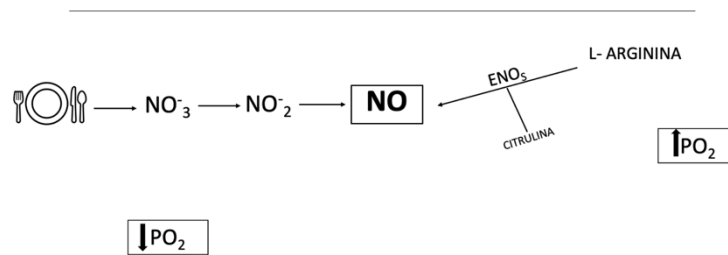
A biodisponibilidade de NO₃ após a ingestão é completamente absorvido para a corrente sanguínea pelo trato gastrointestinal superior. Cerca de 25% no nitrato presente no plasma é secretado na saliva através das glândulas salivares (LUNDBERG; GOVONI, 2004). Após ingestão, o nitrato salivar atinge concentrações de 10 – 20 vezes maiores que seus níveis plasmáticos basais (TANNENBAUM; WEISMAN; FETT, 1976), sendo sua meia vida útil no plasma de aproximadamente 8 horas (WEBB et al., 2008). Sabe-se ainda que as bactérias

anaeróbias facultativas presentes na cavidade oral que utilizam o nitrato como aceptor final de elétrons para gerar ATP em condições menores de concentração de oxigênio reduzem o nitrato em nitrito com bastante eficiência. Nas mitocôndrias então, os componentes da cadeia respiratória de elétrons também são capazes de converter nitrito em óxido nítrico, atuando como carreadores de elétron quando o nitrito é convertido (NOHL et al., 2000)

Após a ingestão, o NO_3^- absorvido atinge a circulação sistêmica em cerca de 2 horas, onde a maioria (75%) é excretado pelos rins, mas cerca de 25% entra no sistema entero salivar e é reduzido a NO_2^- por bactérias comensais presentes na cavidade oral (COOPER; GIULIVI, 2007) Este NO_3^- é então parcialmente reduzido a NO pelos ácidos do estômago, e posteriormente é absorvido no intestino. Uma parte deste NO_2^- entra no corrente sanguínea e, em condições de baixos níveis de oxigênio, como no exercício intenso, será convertido em NO provocando uma variedade de resultados fisiológicos. O NO_3^- que não foi reduzido na cavidade oral, entra novamente na circulação sistêmica (DOMÍNGUEZ et al., 2017; MCDONAGH et al., 2018). Para Lundberg; Weitzberg; Gladwin, (2008) o NO_3^- parece ser um nutracêutico ergogênico que pode melhorar o desempenho no exercício. No nível muscular, a redução de NO_2^- para NO é facilitada por hipóxia e baixo pH. Dessa forma, o NO_2^- mantém a biodisponibilidade de NO em condições de hipóxias e acidose que podem estar presentes durante o exercício.

Os benefícios agudos no desempenho físico (Figura 1) são geralmente observados dentro de 2 a 3 horas após uma ingestão de NO_3^- de 5 a 9 mmol (310 a 560 mg). Períodos prolongados de ingestão de NO_3^- (> 3 dias) também parecem benéficos para o desempenho e podem ser uma estratégia positiva para atletas altamente treinados, onde os ganhos de desempenho com a suplementação de NO_3^- parecem mais difíceis de obter (MAUGHAN et al., 2018). O efeito agudo e crônico do exercício sobre ação do NO pode induzir a ajustes positivos no sistema cardiovascular, hepático, muscular esquelético, entre outros (BLOOMER et al., 2011). Segundo Busconi; Michel, (1993), o óxido nítrico comporta-se como um mensageiro intracelular nos mamíferos mais evoluídos. O mecanismo de sinalização intercelular é, em geral, realizado por meio de receptores de membrana celular na célula alvo; estes receptores são, habitualmente, transmembranosos e apresentam contato com o citoplasma desencadeando uma “cascata” de sinais intracelulares que provocarão alterações na célula (HOON et al., 2014).

Figura1-Vias de obtenção do NO.



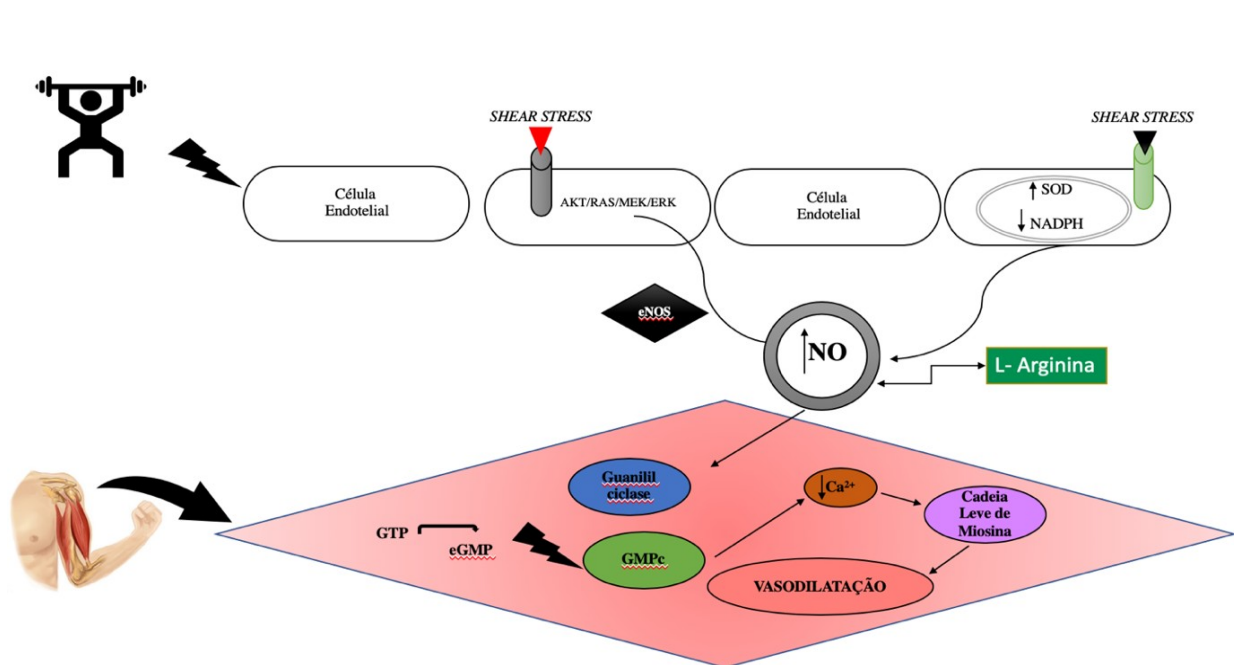
Legenda: Vias de obtenção do NO. Via dietética de nitrato e Via do aminoácido L-Arginina facilitadas com a presença de enzimas - nitrato redutase; xantina oxidase; desoxihemoglobina; neuroglobina; xantina oxidase; aldeído oxidase; óxido nítrico sintase. Fonte: Da Autora (2022).

Partindo da premissa que atletas de resistência de longa duração possuem suas necessidades energéticas aumentadas devido ao seu alto gasto energético durante o exercício (MODIN et al., 2001), o aumento na concentração de nitrato via dietética é capaz de aumentar a disponibilidade de óxido nítrico no organismo, e que por consequência atua de forma sistêmica no organismo, como por exemplo sua ação a nível mitocondrial promovendo efeitos importantes no consumo de oxigênio durante o exercício como diminuição do consumo de oxigênio, aumento da biogênese mitocondrial e da eficiência da respiração mitocondrial quanto pela melhora da contração muscular (HORD; TANG; BRYAN, 2009). Ainda temos que a suplementação dietética de nitrato acarreta o aumento na potência e no tempo de exaustão durante exercícios de alta intensidade, melhora no desempenho em exercícios contrarrelógio e redução significativa no consumo de oxigênio pulmonar em intensidades submáximas (GHIARONE et al., 2014). Ainda temos que a suplementação com NO_3^- também foi descrita para melhorar o manejo de cálcio e aumentar a taxa de desenvolvimento de força em fibras musculares tipo II (HERNÁNDEZ et al., 2012).

O NO pode ser produzido endogenamente através das enzimas NOSs que promovem a oxidação do aminoácido L-arginina (Lim et al., 1996), desempenhando inúmeras funções fisiológicas, dentre elas, regulação do fluxo sanguíneo, neurotransmissor, homeostase da glicose e cálcio, contratilidade muscular e respiração mitocondrial (COOPER; GIULIVI, 2007; DEJAM et al., 2004). A suplementação com NO_3^- via suco de beterraba recentemente ganhou considerável atenção no âmbito esportivo como um potente ergogênico por aumentar a biodisponibilidade do NO e, consequentemente favorecer o desempenho de atletas (HORD; TANG; BRYAN, 2009).

O aumento do fluxo sanguíneo, denominado de *shear stress* é capaz de ativar proteínas de membrana que fosforilam a enzima eNOS, (*endothelial constitutive NO synthase*) que por sua vez, produzem NO (ZAGO; SILVEIRA; KOKUBUN, 2010). O estímulo do exercício físico ainda é capaz de elevar diretamente a atividade da enzima antioxidante superóxido dismutase (SOD) e/ou reduzir a atividade do complexo enzimático NADPH oxidase que aumenta a biodisponibilidade do NO para a célula muscular lisa (BOND et al., 2013). O NO produzido na célula endotelial, por sua vez se transloca para a musculatura lisa gerando a formação de monofosfato cíclico de guanosina (GMPc) (COUTTS; WALLACE; SLATTERY, 2007). A formação de GMPc induz a redução do cálcio intracelular e promove o relaxamento do músculo liso vascular em sua camada interna. Esse relaxamento, reduz a resistência vascular periférica causando vasodilatação, gerando diminuição da hipertensão arterial, bronco dilatação, angiogênese, biogênese mitocondrial, captação de glicose e maior sensibilidade ao íon cálcio (DOMÍNGUEZ et al., 2017). (FIGURA 2).

Figura 2 - Efeito do exercício físico estimulando a produção de NO_3^- - NO_2^- - NO e/ou sua biodisponibilidade.



Legenda. Mecanismo de ação do NO. O aumento do fluxo sanguíneo (*shear stress*) ocasionado pelo exercício físico aciona algumas proteínas de membrana que fosforilam enzimas específicas (eNOS) e também atua na maior expressão da enzima antioxidante SOD-1 que, em contra partida reduz a atividade da enzima oxidante, NADPH oxidase. Tal efeito ocasiona em maior biodisponibilidade do NO para as células musculares lisas. Tal efeito aciona uma cascata intra - molecular, onde o GMPc induzirá a redução do íon cálcio intracelular, promovendo assim o relaxamento da musculatura lisa vascular,

reduzindo a resistência vascular periférica e, conseqüentemente, reduzindo os valores de pressão. Fonte: Da Autora (2022).

Estudos recentes vêm demonstrando que o consumo de NO_3^- de forma aguda ou crônica, melhora o desempenho em exercícios de resistência de longa duração e de força, gerando menos gastos de energia durante a atividade, resistência a fadiga muscular central e melhora de força e desempenho físico (SILVA, 2018).

2.3 Esportes de Resistência e Encontro dos Pontos de Transição Metabólica

Esportes de resistência de longa duração, ou treinamento de resistência, são aqueles onde há uma predominância da via metabólica aeróbia oxidativa (HAWLEY, 2002). Corridas do tipo maratonas e ciclismo de estrada são exemplos de esportes de resistência de longa duração mais comumente observados (SEILER, 2010).

O treinamento de resistência é capaz de gerar uma vasta gama do processo de adaptações do corpo ao exercício e que são afetadas diretamente pelo volume, intensidade e status do treinamento e também pelas escolhas nutricionais que trabalham de maneira conjunta ao treino e que pode ser capaz de melhorar ou prejudicar a resposta ao treinamento (ROTHSCHILD; BISHOP, 2019). Atualmente no âmbito científico, muito se sabe sobre a importância do $\text{VO}_2\text{MÁX}$ nos esportes de resistência de longa duração e sua importância na capacidade aeróbia do atleta (ROTHSCHILD; EARNEST, 2018). O processo fisiológico encontrado nestes desportistas decorrentes do treinamento, revelam maiores adaptações ao metabolismo aeróbio (HAWLEY, 2002). As adaptações observadas revelam parâmetros específicos, tais como números aumentados de capilares na musculatura esquelética, maior concentração de enzimas oxidativas e de mitocôndrias nas células musculares (EGAN; ZIERATH, 2013). É observado também uma eficiência quanto a capacidade de oxidação de substratos energéticos como carboidrato e gordura principalmente, elevação do débito cardíaco e maior volume plasmático (ROTHSCHILD; EARNEST, 2018).

A corrida vem se tornando um dos tipos de atividades físicas mais frequente e popular do mundo (VAN MIDDELKOOP et al., 2008). Por ser uma atividade de baixo custo, fácil execução, muitas pessoas vem adquirindo a prática da corrida com benefícios e melhora da qualidade de vida e saúde, gerando assim um campo maior para a especialização e acurácia da técnica das corridas (HESPANHOL JUNIOR et al., 2012). É crescente o número de adeptos às mais diversas modalidades de corrida, dentre elas maratonas como a mais comum e corridas de rua (BUIST et al., 2010). No Brasil, observa-se um indicativo de 2,8% de praticantes de corrida

como principal prática esportiva, tornando-se um dos esportes mais praticados no país (CRUZ; BERNAL; CLARO, 2018; THUANY et al., 2021)

As respostas metabólicas às cargas de trabalho e condicionamento físico de corredores são distintas, visto que existe nesse público todo um trabalho de treinamento quanto a rendimento esportivo, otimização do treinamento, técnicas e táticas apuradas para a economia de energia durante a corrida e também a questão alimentar e de suplementação que hoje é um dos alicerces para o êxito no esporte (HESPANHOL JUNIOR et al., 2012). Sabe-se que efeito ergogênico da suplementação de nitrato em exercícios de alta intensidade e longa duração se dá devido a alterações metabólicas como a diminuição do consumo de O_2 ; aumento da biogênese mitocondrial e por consequência melhora da eficiência da respiração mitocondrial e melhora da contração muscular (BAILEY et al., 2010; LARSEN et al., 2011). Jones et al. (2016) em sua revisão esclarece que o nitrato dietético é capaz de desempenhar suas funções especificamente nas fibras do tipo II, ou fibras rápidas, desencadeando respostas fisiológicas e metabólicas tais como o aumento da pressão parcial microvascular de O_2 reduzindo, por exemplo, a degradação de PCr e acúmulo de ADP e Pi e a modulação do metabolismo de cálcio no músculo, resultando na melhora da função contrátil muscular (BAILEY et al., 2015; COGGAN et al., 2015; JONES et al., 2016).

Mesmo com um vasto número de publicações científicas sobre a determinação e aplicação do limiar anaeróbio, há ainda muitas controvérsias e debates sobre as causas de sua ocorrência e qual o protocolo adequado para sua determinação (POOLE et al., 2020). O conceito de limiar anaeróbio fomenta-se na existência do equilíbrio dinâmico máximo entre produção e remoção do lactato. No exercício, esse limiar representa a intensidade mais elevada em que o atleta consegue manter sem elevar exponencialmente o acúmulo de lactato no sangue (DUARTE; RISSATO; CARRARA, 2008). Tal índice fisiológico demonstra excelente aplicação como meio de determinação da intensidade de treinamento e para a sua determinação tem sido proposto o acompanhamento de diversas variáveis fisiológicas durante a realização de teste incremental (AZEVEDO et al., 2009). Ressalta-se que o termo limiar anaeróbio é possível de ser observado por meio de parâmetros ventilatórios ou limiar ventilatório. Basicamente a mecânica por trás dessa hipótese seria de que o aumento brusco de dióxido de carbono (CO_2) comporta-se como uma mudança metabólica para o sistema anaeróbio (WASSERMAN et al., 1973). O déficit de oxigênio estaria baseado no atraso em atingir o estado estável durante o exercício e assim gerando um inadequado suprimento de oxigênio para a musculatura esquelética. Mediante a tal, a ressíntese de ATP necessita ser auxiliando pelo metabolismo

anaeróbio com então o aumento na produção e liberação de lactato para a corrente sanguínea, levando conseqüentemente a maior eliminação e produção de CO₂ proveniente da respiração celular. Desta forma, a ressíntese da ATP deve ser suplementada pelo metabolismo anaeróbio, acelerando a produção e liberação de lactato, com conseqüente incremento na produção e eliminação do CO₂, advindo tanto do processo de respiração celular e também do tamponamento dos íons de hidrogênio (H⁺) advindos do bicarbonato. Mediante a esse aumento observa-se uma maior frequência ventilatória mediada principalmente pela ação dos corpos carotídeos e aórticos em resposta ao aumento da concentração de íons H⁺ (AZEVEDO et al., 2009; WASSERMAN et al., 1973). Conconi et al, (1982) em seu trabalho demonstra que o ponto de transição seria o local onde, com o aumento da intensidade do exercício observa-se uma ruptura na linearidade da frequência cardíaca com conseqüente deflexão curvilínea.

O primeiro ponto é denominado limiar aeróbio (LA), ou limiar 1 ao qual observamos uma mudança do metabolismo, favorecendo o aumento da participação aeróbia. Já a segunda transição é conhecida como limiar anaeróbio ou limiar 2, ao qual observamos aumento da produção e acúmulo excessivo de lactato e devido uma maior participação do sistema anaeróbio na produção de energia com a finalidade de auxiliar o sistema aeróbio na sustentação e geração de energia (SKINNER; MCLELLAN, 1980). Tal sincronia auxilia o organismo a sustentar o esforço durante o exercício. Entretanto, encontrar tais pontos pelos meios clássicos de detecção dispõem de equipagem onerosa e invasivas, tais como analisador de gases e/ou coleta de lactato sanguíneo, criando assim limitações na avaliação do indivíduo (BARTELS et al., [s.d.]).

Lima (1997) apresentou tal efeito, detectando PIFC, a partir de um ajuste sigmoide, provocado por uma aceleração na FC em relação à intensidade da carga. Este PIFC poderia ser uma transição entre o aumento da FC provocado pela retirada parassimpática e aquele devido, principalmente, à aceleração simpática. Para a sua identificação, são necessárias baixas cargas iniciais, que permitem uma análise mais completa do comportamento da variável com o incremento da carga. Conconi et al, (1982); Conconi; Grazi; Gasoni, (1997) detectou o segundo ponto de transição, onde sugeriu-se uma possível quebra da linearidade da FC em cargas aproximadas a velocidade máxima que se correlacionava ao segundo limiar de lactato. Tal ponto de quebra foi denominado PDFC, e está sendo utilizado como um método alternativo para a detecção ao limiar anaeróbio. Tal comportamento é de grande valia em avaliações de desempenho físico para detectar de maneira fácil e alternativa os pontos de transições metabólicas. Encontrar tais pontos de transição dispõem de técnicas clássicas de estimativa do LA como coleta de amostras de sangue para mensuração da concentração de LA ou ainda de equipamentos onerosos para medição da composição dos gases exalados durante o exercício.

O primeiro ponto ou limiar aeróbio (LA) denota uma mudança do metabolismo predominantemente aeróbio para o metabolismo predominantemente anaeróbio. A segunda transição, denominada ponto de compensação respiratório, é marcada pela produção excessiva e acúmulo lactato na corrente sanguínea. Tal fato pode levar ao quadro de acidose metabólica e consequente exaustão (SKINNER; MCLELLAN, 1980). Tais variáveis são importantes devido a estas transições de intensidade de exercício para a prescrição de treinamentos quanto para avaliação de praticantes de exercícios físicos (DAVIES et al., 1982). Conconi et al., (1982) e Lima, (1997) estimaram um ponto de transição da FC durante o esforço progressivo máximo e associar ao LA. Este ponto, que coincide com a máxima taxa de variação da FC, denominado de ponto de inflexão da FC (PIFC), apresentou correlação significativa com o LA estimado pela análise de lactato.

3. JUSTIFICATIVA

Sendo a corrida de resistência de longa duração, especialmente as corridas de rua, uma atividade física cuja prática é crescente na sociedade atual, e, a aderência de suplementos nutricionais cada vez maior dentre os seus praticantes, observou-se a necessidade de explorar os efeitos distintos do nitrato via suplementação alimentar nesse público-alvo através de métodos fáceis e de baixo custo.

Considerando que a ação do nitrato sobre o rendimento físico já está comprovada, levantamos a hipótese de que a suplementação de NO_3^- através do suco de beterraba padrão ouro destinado a corredores de elite seria capaz de melhorar tempo da corrida e nível de esforço percebido de corredores de fundo mediante ao aumento da disponibilidade de NO para o organismo, bem como menor consumo de oxigênio durante o esforço, aumento no tempo e desempenho e redução significativa no consumo de oxigênio pulmonar em intensidades submáximas. Por consequência, haveria a melhora no desempenho de corredores de fundo e, de maneira inédita apresentamos os Pontos de Transição Metabólica – PTM's através da Frequência Cardíaca (FC) e seus subprodutos, e o limiar da Percepção Subjetiva de Esforço (PSE) que podem ser utilizados como marcadores precisos para o treinamento.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito da suplementação aguda de NO_3^- no rendimento em um teste progressivo em corredores de fundo

4.2 Objetivos Específicos

- A) Avaliar consumo alimentar dos participantes do projeto através do Recordatório 24 horas (Rec24h);
- B) Avaliar e comparar a $\text{FC}_{\text{MÁX}}$ sob efeito do NO_3^- ;
- C) Avaliar e comparar a velocidade, velocidade máxima e velocidade pico sob efeito do NO_3^- ;
- D) Avaliar e comparar a Percepção Subjetivo de Esforço (PSE) e o limiar da PSE sob efeito do NO_3^-
- E) Avaliar e Comparar o Ponto de Inflexão (PIFC) e Deflexão (PDFC) da Frequência Cardíaca para a detecção dos PTM's.

5. MATERIAS E MÉTODOS

5.1 Delineamento do Estudo

Esta pesquisa foi de natureza aplicada, de objetivo exploratório-explicativo, abordagem quali - quantitativa, e procedimento experimental prospectivo, duplo-cego, controlado por placebo, cruzado e com pesquisador não participante. O projeto foi apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, atendendo a Resolução CNE n. 466/12, sob número de aprovação do parecer: 3.663.376 (**ANEXO 1**)

5.2 Amostra

Foram convidados praticantes de corrida do sexo masculino de uma equipe de corrida de rua da cidade de Varginha – Minas Gerais em parceria a academia Metta onde foram realizados todos os testes e avaliações. Foram selecionados 30% do n total de corredores 15 participantes por conveniência e por se adequarem ao critério de inclusão e exclusão. O cálculo amostral foi realizado através do software Gpower 3.1, onde obtivemos um β do poder da amostra de 0,87.

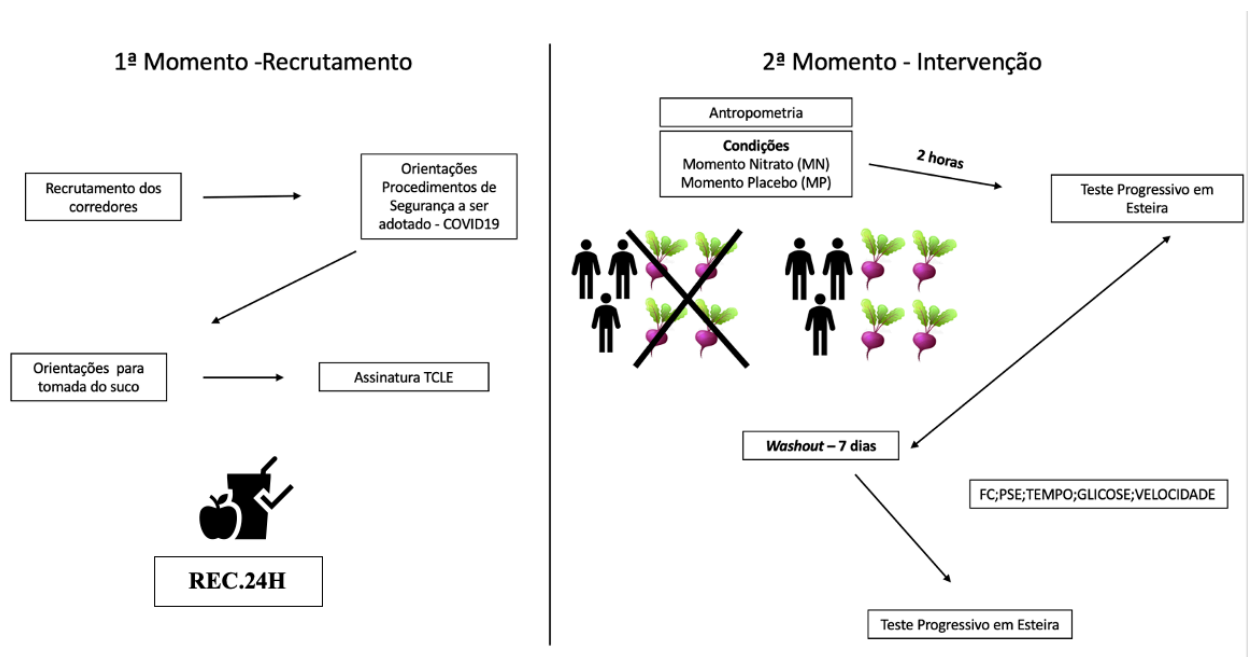
Foi solicitado aos treinadores que destinassem aqueles corredores que possuíam familiaridade com treinos em esteira rolante e que tivessem participado pelo menos uma vez nos últimos 5 anos de alguma competição de corrida de 5Km (Regional e/ou Nacional). Ao final da primeira etapa houve o recrutamento dos corredores e avaliação corporal) dois participantes desistiram, sendo excluídos da pesquisa, finalizando em um n de 13 corredores. Dos 13 corredores de fundo selecionados, o tempo médio de corrida para nível de desempenho dentro de provas de 5Km foi de 18:21 minutos. Todos os participantes incluídos na pesquisa assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE (**APENDICE 1**). Os critérios de inclusão foram indivíduos do sexo masculino com Idade entre 20 a 35 anos e realização da prática regular de atividade física por no mínimo 24 meses, corredores que cumprissem carga horária de treino maior que duas horas semanais, periodicidade semanal maior que a 2 vezes na semana, tempo de prática em corrida de resistência de longa duração maior/igual a 2 anos. Os critérios de exclusão foram corredores que apresentaram tempo de prova de 5km acima de 25 minutos, presença de doenças crônicas cardiovasculares, histórico de lesão osteoarticular nos últimos seis meses, uso de qualquer recurso ergogênico e / ou suplemento dietético, não comparecimento a METTA nos dias de realização dos testes de corrida. Participantes que porventura obtivessem lesões durante os períodos dos testes foram excluídos. Devido a situação de pandemia e as restrições por ela imposta a cerca de aglomerações, os participantes recrutados tiveram o prévio conhecimento do projeto via aplicativo de celular e vídeo conferência. O TCLE foi enviado via aplicativo de celular para assinatura, bem como ficha cadastral e Recordatório Alimentar 24h (**APENDICE 2**). Foi adotado tal meio eletrônico devido ao momento de pandemia, ao qual era necessário o mínimo contato possível. Diante a isso, evitamos entrevistas em locais fechados e otimizamos o tempo durante os testes que tiveram duração máxima de 40 minutos incluindo a avaliação antropométrica. Os participantes foram convidados então, a comparecer a academia Metta para realização dos testes em horários e

dias pré-estabelecidos. Foi solicitado a ida individual de cada participante, munidos de máscara facial, álcool em gel e toalha. A cada teste os aparelhos foram desinfetados com álcool etílico 70.

5.3 Desenho Experimental

A pesquisa ocorreu em 2 momentos. A esquematização está apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Desenho Experimental Parâmetros Aeróbicos.



Fonte: Da Autora (2022).

5.4 Procedimento do Estudo

Os procedimentos adotados para a pesquisa foram: **(APENDICE 3)**;

- 1º Momento -
 - Recrutamento e Ficha Cadastral
 - Antropometria
 - Avaliação do percentual de gordura
 - Consumo Alimentar -Rec 24h

- 2º Momento
 - Alongamento Livre
 - Teste Progressivo em esteira rolante
 - Teste de Glicose Pré e Pós
 - Percepção Subjetiva de Esforço
 - Frequência Cardíaca
 - Tempo Total ;Velocidade Total

* **Nota:** Devido ao estado de pandemia todas as avaliações seguiram rigorosos preceitos da Vigilância Sanitária Local, garantindo assim segurança de avaliados e avaliadora.

5.5 Administração do Suco rico em Nitrato (NO_3^-)

A suplementação de NO_3^- foi realizada 2 horas antes dos testes, onde se administrou 70 ml de suco de beterraba concentrado rico em NO_3^- (~6,4mmol de NO_3^- - 400mg - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK) ou placebo empobrecido em NO_3^- (0,04 mmol de NO_3^- >0,8g/L - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK). O momento da suplementação foi realizado com base nas recomendações do *International Olympic Committee*– COI (MAUGHAN et al., 2018) para o suplemento que dizem ser de 2:00 horas antes do início das avaliações. O suco foi acondicionado em *squeezes* da cor branca padronizados (FIGURA 3), ao qual o participante não possuía visão do líquido interno para que não houvesse possíveis interferências visuais e, mantidos sob refrigeração até a sua ingestão. Os sucos eram embalados e aleatorizados nos grupos placebo (MP) e nitrato (MN) por um pesquisador não participante e entregues 1 dia antes na academia Metta, etiquetados e acondicionados sob refrigeração. Cada participante era acionado via aplicativo de celular a buscar seu suco.

Figura 4 – *Squeezes* utilizados para a padronização.



Fonte: da Autora (2022)

Foi ainda instruído aos participantes que se abstivessem do consumo de alimentos fonte de NO_3^- , tais quais como a própria beterraba, melancia, vegetais verdes escuros como rúcula, espinafre e alface, alimentos hidropônicos em geral, alimentos ultra processados (embutidos) como salsichas, presunto/apresuntado, salame, mortadela, carnes embutidas em geral. Além disso, os participantes foram instruídos a não consumir café e/ou cafeína via suplementar ou qualquer tipo de suplemento esportivo 1 dia antes ao teste e no dia do teste, abster-se de exercícios vigorosos 1 dia antes ao teste, abster-se de analgésicos e relaxantes musculares, fazer boa noite de sono, fazer um lanche habitual 1 hora antes ao teste, não fazer uso de antisséptico (enxaguante bucal) antes ao teste. Foi reafirmado 1 dia antes todo o protocolo a ser seguido rigorosamente para a tomada do suco. Foi instruído ao participante que deixasse o suco acondicionado em geladeira até a sua ingestão, e, que no momento da tomada que este chacoalhe por 20 segundos o produto e ingerisse imediatamente todo o conteúdo contido no *squeeze*. No dia do teste, foi enviada via aplicativo de celular lembrete para a tomada do suco no horário específico de cada participante. Foi solicitado aos participantes que tomassem todo o suco 2 horas antes ao teste. Ao final de cada teste era oferecido uma refeição padronizada rica em carboidrato a todos os participantes a fim de reestabelecimento dos mesmos.

5.6 Definição de Variáveis

A) Dados Morfológicos

1- Avaliação Antropométrica

Foram coletados os dados da estatura e massa corporal a partir de uma balança com estadiômetro (110 FF, Welmy®, Santa Bárbara d'Oeste, Brasil), no primeiro dia de avaliação.

2- Percentual de Gordura

Para a avaliação do percentual de gordura corporal foi utilizado um aparelho de ultrassom portátil da marca Bodymetrix® (modelo BX 2000), com o protocolo de Durnin; Womersley, (1974) das 4 pregas, antes a realização do teste progressivo no primeiro dia de avaliação.

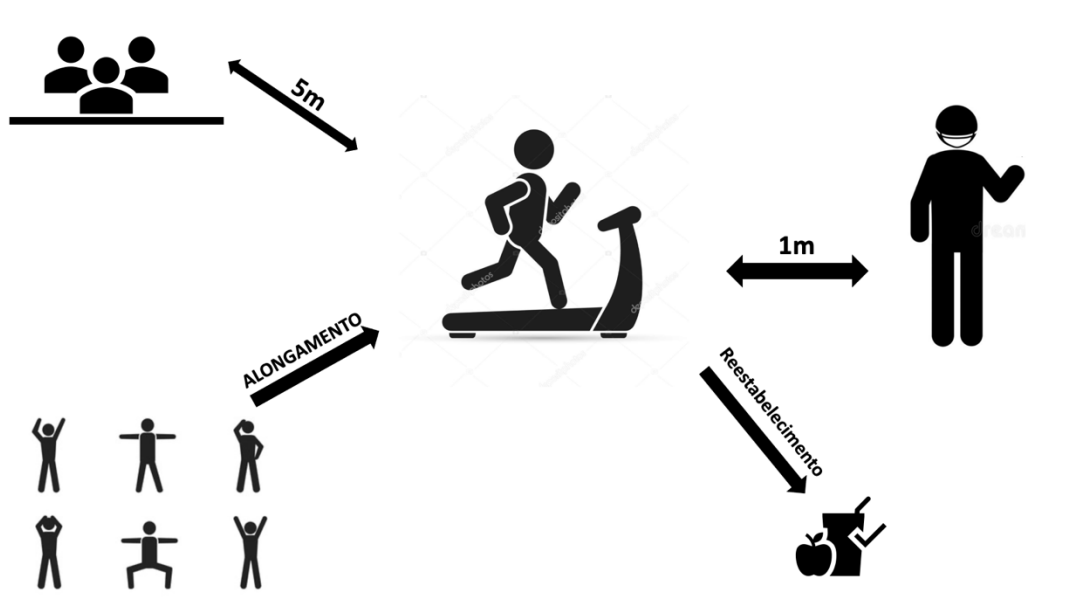
3- Consumo Alimentar

Foi avaliado o Rec 24h no dia anterior ao teste (**APENDICE 2**) no momento placebo e momento nitrato para fins de controle e conhecimento da ingestão alimentar dos participantes, observar se houve ingestão de alimentos fontes de nitrato, bem como mensurar a quantidade de macro nutrientes ingeridos. Os sujeitos foram orientados a manter seus hábitos alimentares e não consumir alimentos ricos em nitrato no dia do teste. Para auxiliar na análise sobre os tipos de alimentos consumidos, foi empregada técnica da “tagcloud”, que permite a construção de uma imagem composta por palavras em tamanhos diferentes, organizadas do centro para o entorno, de acordo com a frequência com que aparecem no texto analisado. Essa figura possibilita uma validação gráfica dos resultados da análise de conteúdo, sendo utilizado o Wordart neste estudo (<https://wordart.com/create>). O cálculo da ingestão alimentar foi realizado pelo software AVANUTRI® tendo como referência a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas (TACO, 2011) e da Universidade de São Paulo (TBCA, 2017). Foi analisado o consumo energético da dieta em Kcal e Kcal/Kg de peso e o de macronutrientes (CHO, PTN e LIP) em gramas, g/Kg de peso e pelo percentual do valor energético total. As recomendações nutricionais para macronutrientes e ingestão calórica adotadas foram as propostas pelo *American College of Sports Medicine* (ACSM), onde estabelece-se quanto a carboidratos o valor mínimo de 5 g/kg/dia, proteína. 1.2 a 2.0 g/Kg/dia, lipídios 1.0 g/Kg/dia e calorias totais de 45Kcal/Kg/dia sugerido para atletas de exercícios intensos em quantidades moderadas, (THOMAS; ERDMAN; BURKE, 2016)

B) Parâmetros Aeróbicos

- 1- Teste Progressivo Incremental em esteira ergométrica: Os sujeitos executaram teste incremental (APENDICE 3) em 2 momentos em esteira rolante da marca Embreex® (modelo 820 EXI) com velocidade de 1,2 á 20Km/h. Foi adotado um fluxo padronizado para as coletas (FIGURA 5). Os participantes realizaram alongamento livre por 5 minutos dos membros inferiores e superiores. O protocolo utilizado foi o proposto por Heck et al., (1985) ao qual consistiu em um aquecimento de 5 minutos a uma velocidade constante de 4km/h sem inclinação. O teste iniciou-se imediatamente ao fim do aquecimento a uma velocidade de 8Km/h e aumentos de 1,0Km.h a cada 2 minutos, com inclinação constante de 1%. O teste era interrompido pela incapacidade de manter a cadência da corrida, mesmo com vigoroso encorajamento verbal e/ou quando os sujeitos solicitavam por não conseguir acompanhar a velocidade da esteira ergométrica. Os participantes faziam o teste sem o uso da máscara de proteção facial. Todavia, todos os outros pesquisadores que estavam no recinto conduzindo o teste encontravam-se de máscara e com distanciamento de aproximadamente 1 metro do local de teste. No decorrer do teste, a pesquisadora ficou responsável por iniciar e finalizar os testes, bem como anotar todos os parâmetros de FC, PSE, tempo total e velocidade final, bem como encorajar o participante. Ao final de cada teste foi oferecido lanche padronizado a fim de restabelecer o participante.

Figura 5 – Esquema do fluxo das coletas e protocolo de segurança adotado.



Fonte: Da autora (2022).

Determinação de $V_{MÁX}$ e V_{pico}

Determinamos $V_{MÁX}$ como sendo a máxima velocidade alcançada ao final do teste.

A V_{pico} foi considerada como a máxima velocidade atingida no teste incremental. Caso o participante não concluísse o último estágio do teste ajustou-se a V_{pico} a partir da equação proposta por (KUIPERS et al., 2003);

$$V_{pico} = V_{completado} + t/T \times \text{incremento de velocidade}$$

- $V_{completado}$ é a velocidade do último estágio completado ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$);
- t é o tempo (segundos) em que o participante permaneceu no estágio incompleto;
- T é a duração total (segundos) de cada estágio;
- Incremento de velocidade é a taxa de aumento em cada estágio ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)

- 2- Determinação do $VO_{2MÁX}$ e Submáximo: Foi utilizada a equação da Escola Americana de Medicina Esportiva (American College of Sports., 2008) – ACSM para estimar o volume máximo de oxigénio, a saber;

$$VO_{2MÁX}: (0,2*S) + (0,9*S*G) + 3,5 \text{ ml.kg.min}^{-1}$$

S = velocidade em m.min^{-1} e G = Grau de inclinação %.

Para estimativas dos pontos submáximos foram calculados de acordo com a velocidade dos estágios anteriores ao final do teste.

- 3- Frequência Cardíaca: A frequência cardíaca foi coletada ao final de cada estágio, utilizando o cardio-frequencímetro Garmin® (modelo Fênix 3). Para que o teste fosse considerado máximo, o sujeito deveria atingir pelo menos 90% da $FC_{MÁX}$ predita pela fórmula de (TANAKA; MONAHAN; SEALS, 2001), a saber;

$$FC_{MÁX} = 208 - (0,7 \times \text{idade})$$

Os dados da FC_{limiar} e carga foram plotados a cada minuto para que fosse identificado os pontos de inflexão (PIFC) e de deflexão da FC (PDFC) através do modelo matemático de (CAMBRI et al., 2006). Neste modelo, todos os valores de FC – carga são ajustados por uma função

polinomial de terceiro grau por uma equação linear de primeiro grau derivadas dos dados de cada sujeito.

- 4- Limiar de Percepção Subjetiva de Esforço – PSE_{limiar} : Definido no $D_{MÁX}$ da diferença entre um ajuste polinomial de 3º ordem da curva formada pela relação PSE/carga e um ajuste linear ligando os extremos da curva (FABRE et al., 2013). Durante o teste progressivo foi realizada PSE adotando protocolo de Borg (2000) e anotado o valor a cada 2 minutos até o final do teste.
- 5- Aferição de Glicose: Foi realizada a mensuração da glicose capilar (APÊNDICE 3) através de material sanguíneo retirado do dedo indicador pré e pós o teste progressivo com aparelho *Accu Chek*® (modelo Active). Foi feita assepsia com álcool em gel no dedo indicador, rejeitada a primeira gota de sangue e avaliada a segunda gota.

5.7 Cálculo da Amostra e Análise Estatística

A amostra foi do tipo conveniência, que consiste em selecionar uma amostra da população que seja acessível. Ou seja, os indivíduos empregados nessa pesquisa foram selecionados porque eles estão prontamente disponíveis. A divisão das condições Placebo e Suplementado foi feita de maneira aleatória e duplo-cega, onde um integrante do grupo de Estudo e Pesquisa em Respostas Neuromusculares - GEPREN não vinculado à pesquisa ficou responsável pela aleatorização e entrega dos sucos. Os cálculos estatísticos foram feitos através do software estatístico SPSS® versão 25.0 e os gráficos plotados através do software Prism® versão 8.0. A estatística descritiva consistiu em relatar média, desvio padrão e erro padrão da média. Os dados coletados foram analisados por testes estatísticos. Após a análise de normalidade por Shapiro Wilk, foi detectado que todas as variáveis eram paramétricas. Para a análise das variáveis foram utilizados o Teste T para duas amostras não dependentes para igualdade de médias e o teste de Levene para igualdade de variâncias. A diferença estatística será considerada significativa quando o $p < 0,05$.

Foi realizada além de comparação das médias, o delta de variação (Δ) dos resultados. Na análise do tamanho do efeito da amostra foi utilizado o teste de Cohen (d) para observar o tamanho do efeito usando a seguinte fórmula: $d = (\text{média da condição 1} - \text{média da condição 2}) / \text{desvio padrão}$. O tamanho do efeito (d) foi avaliado usando os seguintes critérios: $<0,35$ trivial;

0,35-0,80 pequeno; 0,80-1,50 moderado; e > 1,5 grande, de acordo com a classificação de indivíduos treinados recreativamente proposta por (RHEA, 2004).

SEGUNDA PARTE

6. RESULTADOS

6.1 Caracterização da Amostra: Composição Corporal, Parâmetros dos Corredores, Consumo Alimentar.

Nosso estudo teve duração de 4 semanas consecutivas. As coletas eram realizadas sempre no mesmo horário e, os participantes sempre repetiam o teste no mesmo horário. A temperatura ambiente medida em graus célsius e % de umidade média nos dias das coletas foram de $26,2^{\circ} \pm 0,84^{\circ}$ e $60 \pm 5,19\%$ respectivamente. A idade média dos participantes, altura, peso, % de gordura corporal (%GC) e a média de índice de massa corporal (IMC) estão descritos na Tabela 2. Em relação ao tempo de prática, horas de treino por semana e periodicidade de treinos semanais estão descritos na Tabela 3. A análise quantitativa do Rec.24h forneceu a ingestão média da condição de corredores quanto a carboidrato, proteínas, lipídios e quilocalorias totais nos dois momentos dos testes como descrito na Tabela 4. Não houve diferença significativa entre médias.

A Figura 6 mostra a relação da qualidade de alimentos mais consumidos pelos participantes, onde em maior ênfase são aqueles consumidos em maior quantidade e em menor tamanho aqueles que são consumidos em menor quantidade. Os alimentos consumidos com maior frequência pelos corredores foram frango (100%), 85% consumiam ovo/omelete, 46% consumiam leite desnatado, 31% consumiam pão francês com margarina, 23% consumiam café com açúcar, 38% consumiam aveia e banana, 69% consumiam carne vermelha, 62% consumiam queijo branco, 46% consumiam arroz branco e 23% consumiam feijão carioca. Foi instruído aos participantes que não consumisse alimentos fonte de nitrato no dia do teste. Vale salientar que, o Rec 24 não é o padrão ouro a ser utilizado para quantificação de consumo alimentar, mas, ainda sim consegue elucidar o comportamento e tendências alimentares.

Tabela 2 - Avaliação da Composição Corporal (n= 13)

| | Idade | Peso(Kg) | Estatura (centímetros) | %GC | IMC |
|------------|---------|----------|---------------------------|----------|-----------|
| Média ± dp | 34±1,82 | 69±11,41 | 175±0,07 | 9,8±3,85 | 23,5±2,77 |

Fonte: Da Autora (2022)

Tabela 3 - Parâmetros dos corredores (n= 13)

| | Tempo de Prática (anos) | Horas de Treino por semana | Periodicidade | Tempo 5Km (minutos) |
|------------|----------------------------|-------------------------------|---------------|------------------------|
| Média ± dp | 5±5,81 | 5±4,19 | 5±1,41 | 18:21±0,08 |

Fonte: Da Autora (2022)

Tabela 4- Avaliação do Consumo Alimentar (n= 13)

| | PLACEBO | NITRATO | TESTE T |
|--------------------|----------------|----------------|---------|
| Carboidrato (g) | 210.7 ± 31.02 | 198.71 ± 44.03 | 0,5061 |
| Carboidrato (g/Kg) | 2.90 ± 0.55 | 2.63 ± 0.68 | |
| Carboidrato (%) | 41.12 ± 5.43 | 40.17 ± 8.08 | |
| Proteína (g) | 171.98 ± 58.65 | 182.15 ± 56.23 | 0,9681 |
| Proteína (g/kg) | 2.35 ± 0.75 | 2.35 ± 0.78 | |
| Proteína (%) | 32.90 ± 8.69 | 35.28 ± 9.20 | |
| Lipídio (g) | 50.54 ± 8.43 | 47.81 ± 23.32 | 0,9815 |
| Lipídio (g/Kg) | 0,77 ± 0.27 | 0.74 ± 0.38 | |
| Lipídio (%) | 24.66 ± 8.19 | 24.60 ± 12.61 | |

| | | | |
|--------------------|------------------|------------------|--------|
| Calorias (Kcal) | 2064.38 ± 265.88 | 1957.61 ± 277.49 | 0,6648 |
| Calorias (Kcal/Kg) | 27.82 ± 3.85 | 27.25 ± 3.84 | |

Fonte: Da autora (2022).

Figura 6 - Nuvem de palavras da categoria “Tipos de alimentos consumidos”



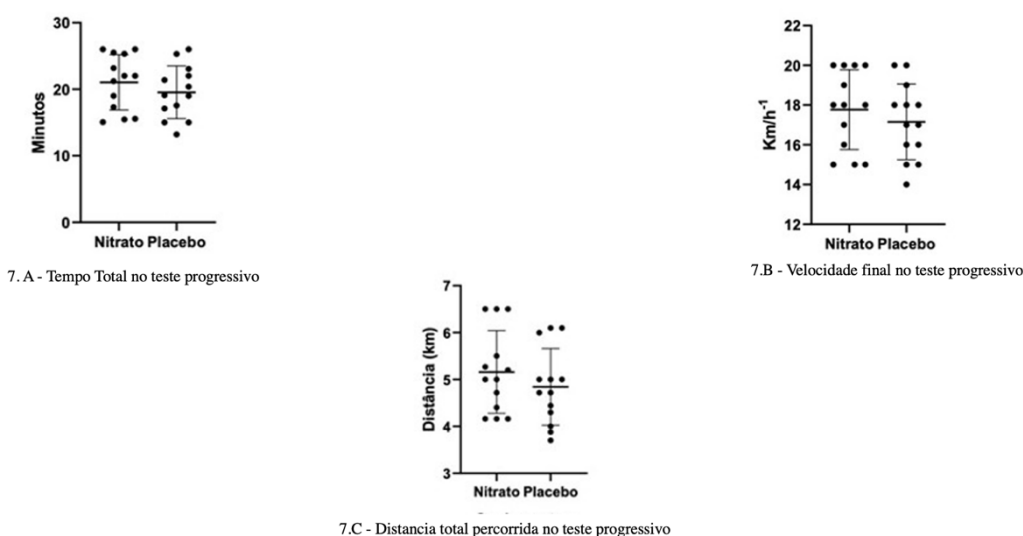
Fonte: (<https://wordart.com/create>)

6.2 Parâmetros de Corrida: Tempo, Velocidade, Distância

Com relação ao tempo total médio (Figura - 7.A) obtido no teste progressivo, em média, a condição nitrato conseguiu manter a corrida por mais tempo ($21,04 \pm 4,17$ minutos) durante o teste em relação a condição placebo, com média de ($19,54 \pm 3,96$ minutos), todavia sem diferença estatística significativa ($p=0,357$; $d=0,035$). Com relação a velocidade final da corrida (Figura - 7.B) a condição nitrato demonstrou maior velocidade ($17,76 \pm 2,06$ Km/h⁻¹) quando comparado ao placebo ($17,15 \pm 1,90$ Km/h⁻¹), gerando uma diferença de $0,61$ Km/h⁻¹ entre condições, todavia não havendo diferença estatística significativa ($p=0,431$; $d=0,026$).

Em relação a distância total percorrida no final do teste (Figura - 7.C) a condição do grupo nitrato também demonstrou superioridade, conseguindo percorrer uma distância maior comparado ao placebo ($5,15 \pm 0,88$ Km e $4,84 \pm 0,81$ Km) respectivamente, elucidando uma diferença de $0,31$ Km a mais para a condição do grupo nitrato, todavia, não havendo diferença estatística significativa entre grupos ($p=0,352$; $d=0,036$).

Figura 7 – Tempo; Velocidade e Distância.

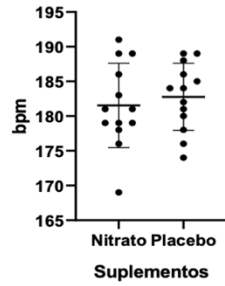


Fonte: Da Autora (2022)

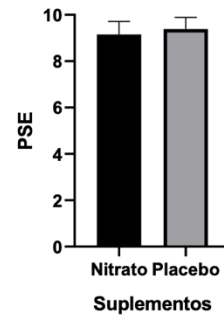
6.3 Controle de Carga: Frequência Cardíaca (FC), Percepção Subjetiva de Esforço (PSE), Glicemia e Volume Máximo de Oxigênio – $VO_{2MÁX}$.

Com relação a $FC_{MÁX}$ (Figura – 8.A), a condição do grupo nitrato obteve valores menores de $FC_{MÁX}$ quando comparado a condição placebo ($181,54 \pm 6,07$ bpm Vs. $182,77 \pm 4,83$ bpm), não havendo diferença estatística significativa ($p=0,573$; $d=0,013$). Com relação a percepção subjetiva do esforço (Figura – 8.B) observamos ser menor na condição do grupo nitrato comparado ao placebo ($9,15 \pm 0,55$ Vs. $9,38 \pm 0,506$) não havendo diferença estatística significativa ($p=1,108$; $d=0,049$). Com relação ao volume máximo de oxigênio (Figura– 8.C), observamos que a condição do grupo nitrato possuía um $VO_{2MÁX}$ superior comparado ao placebo ($65,39 \pm 6,98$ ml.kg.min⁻¹ Vs. $60,93 \pm 6,38$ ml.kg.min⁻¹) respectivamente, não havendo diferença estatística significativa ($p=0,102$; $d=0,107$).

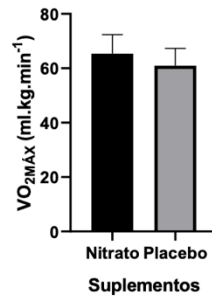
Figura 8 – Comparação entre $FC_{MÁX}$; PSE e $VO_{2MÁX}$.



8.A - Comparação da $FC_{MÁX}$ entre condições



8.B - Comparação PSE entre condições



8.C - Comparação do $VO_{2MÁX}$

Fonte: Da Autora (2022)

Com relação a Glicose capilar pré e pós teste, os resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores de glicose capilar entre condições nos momentos pré e pós teste.

| | | | |
|--|------------|---------|--------------|
| | | Nitrato | 95,31±13,02 |
| Glicose (mg/dL ⁻¹)* | Pré | Placebo | 96,08±12,75 |
| | | Nitrato | 109,08±21,49 |
| Glicose (mg/dL ⁻¹)** | Pós | Placebo | 110,15±23,21 |

(p=-0,880)*; (p= -0,903)**;(D-Cohen pré e pós = 0,001)

Fonte: Da Autora (2022)

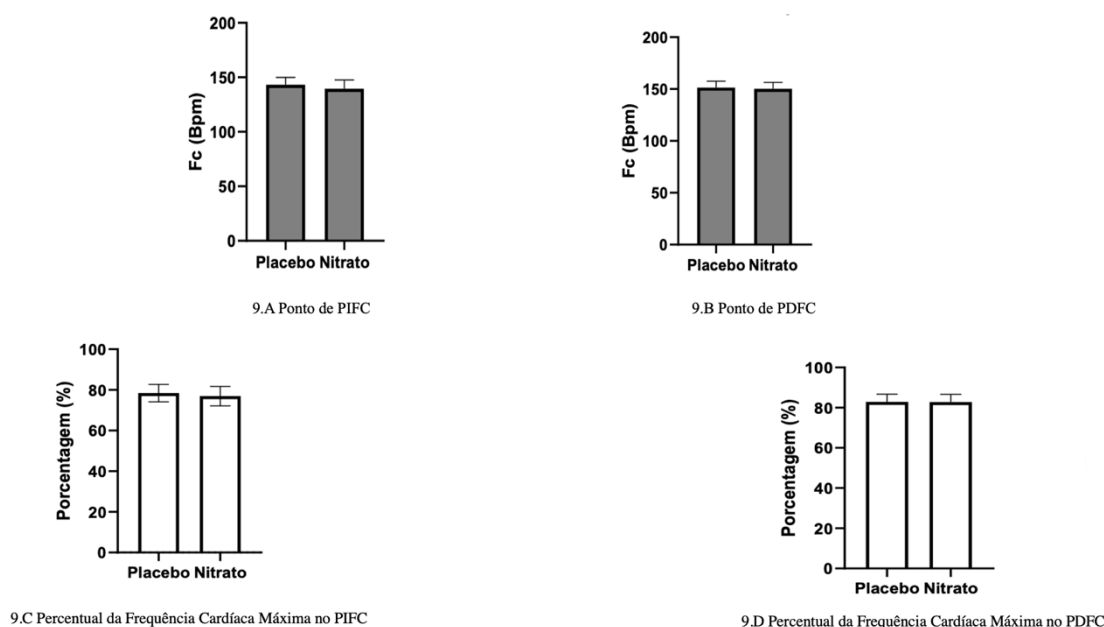
Nota-se que a condição do grupo nitrato obteve menor glicemia quando comparado a condição placebo em ambos os momentos, principalmente antes ao teste, todavia não havendo diferença estatística significativa entre condições nos momentos distintos.

6.4 Limiares de Transição: $FC_{MÁX}$; PSE; VO_2 e Velocidade

6.4.1 Ponto de Inflexão e Deflexão da Frequência Cardíaca

Com relação ao ponto de inflexão da frequência cardíaca – PIFC (Figura – 9.A), observamos que o PIFC na condição placebo e nitrato ocorreram respectivamente em $143,23 \pm 6,75$ x $139,53 \pm 7,99$ bpm ($p=0,216$; $d= 0,013$). O PDFC (Figura – 9.B) de MP e MN ocorreram respectivamente em $151,46 \pm 6,09$ Vs. $150,23 \pm 6,23$ sem diferença estatística ($p= 0,508$; $d=0,038$). O $\%FC_{MÁX}$ no PIFC (Figura – 9.C) no PDFC (Figura – 9.D) em MP e MN ocorreram respectivamente em $78,42 \pm 4,25\%$ Vs. $76,92 \pm 4,80\%$ ($d= 0,029$; $p=0,839$) e $82,91 \pm 3,75\%$ Vs. $82,81 \pm 3,80\%$ ($p=0,067$; $d= 0,01$) sem diferenças estatísticas.

Figura 9 – $FC_{MÁX}$ e seus respectivos Pontos de Transição Metabólica.

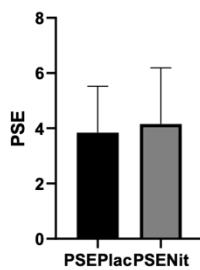


Fonte: Da Autora (2022)

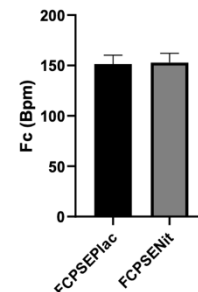
6.4.2 Limiar Anaeróbico da PSE

Com relação a PSE_{limiar} (Figura – 10.A) observamos que MN demonstrou maior PSE quando comparado a MP respectivamente ($4,15 \pm 2,03$ Vs. $3,84 \pm 1,67$ PSE), não havendo diferença estatística significativa ($p=0,678$; $d=0,07$). Já em relação a FC na PSE_{limiar} (Figura – 10.B), podemos observar que existe um ligeiro aumento no MN quando comparado ao MP respectivamente ($152,92 \pm 9,17$ bpm Vs. $151,38 \pm 8,86$ bpm), não havendo diferença estatística significativa ($p=0,668$; $d=0,008$). Já em porcentagem (Figura – 10.C), os resultados são elucidados para $84,24 \pm 9,17\%$ no MN e $82,86 \pm 5,00\%$ para a MP no PSE_{limiar} , também não havendo diferença estatística significativa ($p=0,457$; $d=0,023$).

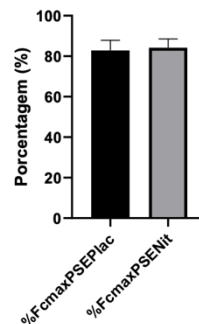
Figura 10 – Limiar da PSE e Comparações da FC e seu percentual no Limiar da PSE.



10.A - Comparação da Percepção Subjetiva de Esforço no Limiar



10.B - Comparação da Frequência Cardíaca na PSE



10.C - Comparação da % da Frequência Cardíaca no Limiar da PSE

Fonte: Da Autora (2022)

Com relação a velocidade na PSE_{limiar} (Figura - 11.A), encontramos que o MN mantinha em média uma ligeira maior velocidade quando comparado a MP respectivamente ($12,92 \pm 1,7$ Km/h-15 Vs. $12,15 \pm 1,34$ Km/h-1) ($p=0,222$; $d=0,062$). Já em relação a porcentagem da $V_{máx}$ na PSE (Figura- 11.B), observamos que a MN possuía em média maior $\%V_{máx}$ quando comparado ao MP ($73,07 \pm 8,98\%$ Vs. $71,19 \pm 6,96\%$) no PSE_{limiar} . Tal fato demonstra que, mesmo estando do limite da PSE, o MN conseguiu manter uma maior velocidade durante o teste, não havendo diferença estatística significativa ($p=0,557$; $d=0,015$).

Figura 11 – Comparação da Velocidade e seu percentual na PSE_{limiar}.



11.A- Comparação da Velocidade no Limiar da PSE

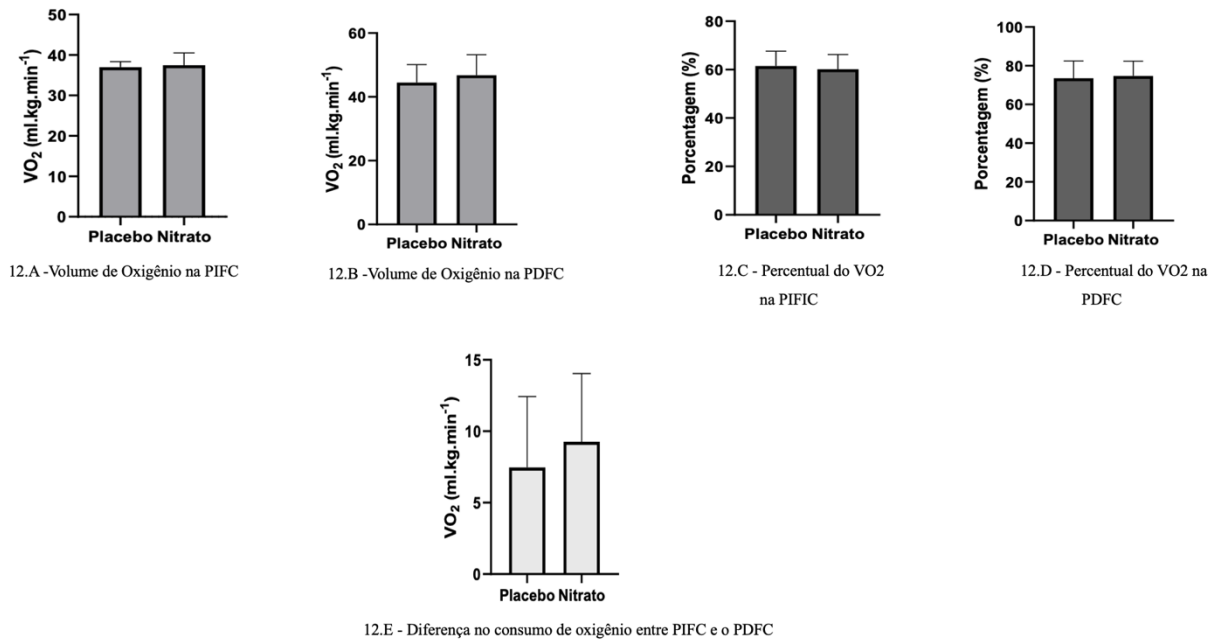
11.B - Comparação da % da Velocidade Máxima atingida no Limiar da PSE

Fonte: Da Autora (2022)

6.5 Parâmetros Submáximos de Consumo de Oxigênio

Com relação ao consumo de oxigênio no PIFC (Figura - 12.A) e no PDFC (Figura - 12.B), observamos que na MN e MP ocorreram respectivamente em $37,49 \pm 3,00 \text{ml.kg.min}^{-1}$ Vs. $36,98 \pm 1,36 \text{ml.kg.min}^{-1}$ ($d= 0,013$; $p= 0,562$), e $46,77 \pm 6,47 \text{ml.kg.min}^{-1}$ Vs. $44,45 \pm 5,66 \text{ml.kg.min}^{-1}$ ($d= 0,052$; $p= 0,971$). Com relação ao %VO₂ no PIFC (Figura - 12.C) e PDFC (Figura - 12.D), observamos que na condição MN e MP ocorreram respectivamente em $60,19 \pm 6,06\%$ Vs. $61,47 \pm 6,14\%$ ($d= 0,012$; $p= 0,728$) e $74,67 \pm 7,69\%$ Vs. $73,55 \pm 8,88\%$ ($d=0,005$; $p= 0,067$). Com relação a diferença no consumo de oxigênio entre os pontos de PIFC e o PDFC (Figura - 12.E), observamos respectivamente $9,27 \pm 4,76 \text{ml.kg.min}^{-1}$ Vs. $7,46 \pm 4,95 \text{ml.kg.min}^{-1}$ ($d=0,036$ $p= 0,945$).

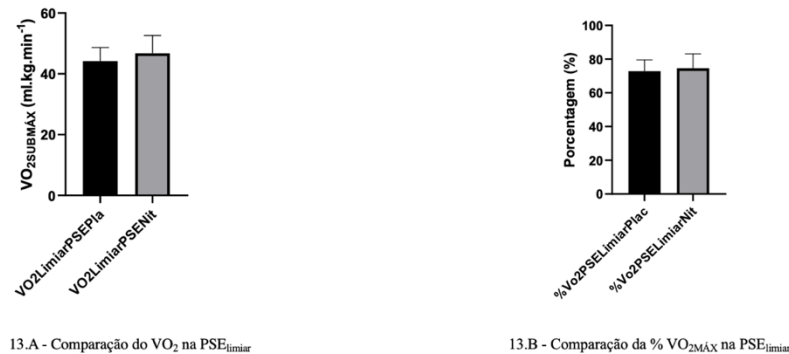
Figura 12 – Volume e percentual de VO_2 nos pontos de transição metabólica



Fonte: Da Autora (2020)

Com relação a comparação do VO_2 na PSE_{limiar} (Figura– 13.A) observamos que o MN possuía em média um maior VO_2 quando comparado ao MP ($46,77 \pm 5,87 ml \cdot kg \cdot min^{-1}$ Vs. $44,19 \pm 5,87 ml \cdot kg \cdot min^{-1}$), não havendo diferença estatística significativa ($p=0,786$; $d=0,031$). Com relação a comparação da $\% VO_{2MÁX}$ na PSE_{limiar} (Figura– 13.B), observamos que MN possuía em média um maior $\% VO_{2MÁX}$ quando comparado ao MP respectivamente ($74,56 \pm 8,66\%$ Vs. $72,85 \pm 6,67\%$), não havendo diferença estatística significativa ($p=0,574$; $d=0,013$).

Figura 13 – Consumo do VO_2 no limiar anaeróbio da PSE.



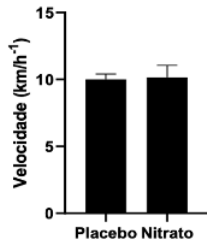
Fonte: Da Autora (2022)

6.6 Estimativa dos Pontos de Transição Metabólica a partir da Velocidade, %V_{pico} e %V_{máx}

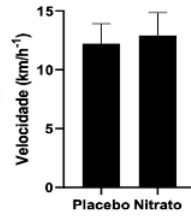
Realizamos uma análise da velocidade a partir de PIFC e PDFC. Abaixo demonstramos nossos achados.

Com relação a velocidade no PIFC (Figura - 14.A), e no PDFC (Figura - 14.B) observamos que na MN e MP ocorreram respectivamente em $10,15 \pm 0,89 \text{ Km/h}^{-1}$ Vs. $10,00 \pm 0,40 \text{ Km/h}^{-1}$ ($d= 0,013$; $p= 0,562$) e $12,92 \pm 1,93 \text{ Km/h}^{-1}$ Vs. $12,23 \pm 1,69 \text{ Km/h}^{-1}$ ($d= 0,013$; $p=0,971$). Com relação a diferença na velocidade entre os pontos de inflexão e deflexão (Figura - 14.C), observamos na MN e MP ocorreram respectivamente em $2,23 \pm 1,48 \text{ Km/h}^{-1}$ Vs. $2,76 \pm 1,42 \text{ Km/h}^{-1}$ ($d= 0,036$; $p= 0,820$). Com relação ao %V_{máx} no PIFC (Figura - 14.D) e PDFC (Figura - 14.E), observamos na condição MN e MP ocorreram respectivamente em $57,61 \pm 6,19\%$ Vs. $58,89 \pm 6,25\%$ ($d= 0,011$; $p= 0,524$) e $72,64 \pm 9,31\%$ Vs. $71,87 \pm 8,05\%$ ($d= 0,017$; $p= 0,361$). Já com relação ao %V_{pico} no PIFC (Figura - 14.F) e PDFC (FIGURA - 14.G), observamos na condição MN e MP ocorreram respectivamente em $55,23 \pm 6,04\%$ Vs. $56,63 \pm 5,89\%$ ($d= 0,015$; $p= 0,598$) e $69,89 \pm 8,05\%$ Vs. $68,91 \pm 8,91\%$ ($d= 0,014$; $p=0,295$).

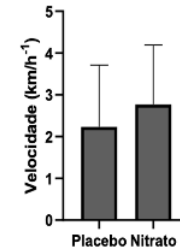
Figura 14 – Velocidade e sua diferença nos pontos PIFC e PDFC; $V_{\text{máx}}$ e V_{pico} .



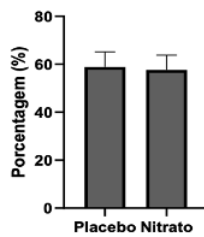
14.A – Velocidade no PIFC



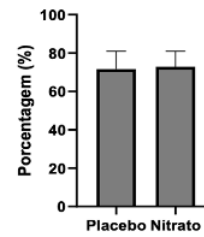
14.B – Velocidade no PDFC



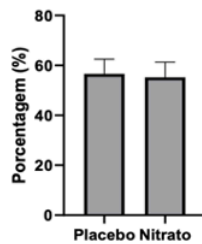
14.C – Diferença na Velocidade entre PIFC e o PDFC



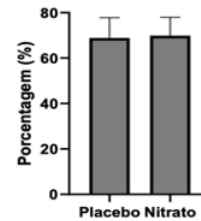
14.D – Percentual da Velocidade Máxima no PIFC



14.E – Percentual da Velocidade Máxima no PDFC



14.F – Percentual da Velocidade Pico no PIFC



14.G – Percentual da Velocidade Pico no PDFC

Fonte: Da Autora (2022)

7. DISCUSSÃO

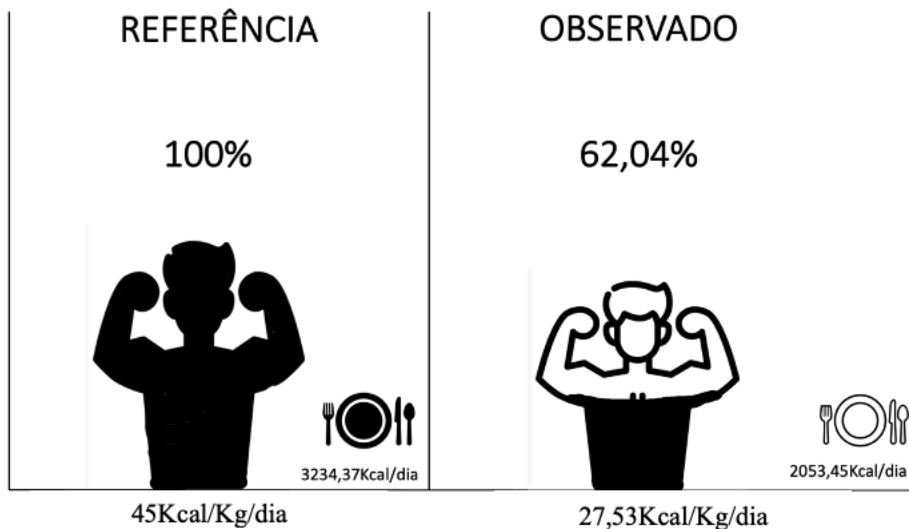
O presente estudo analisou o efeito da suplementação de NO_3^- no rendimento em um teste progressivo em corredores de fundo. Iniciaremos a discussão pela caracterização da amostra através da composição corporal, parâmetros dos corredores e consumo alimentar. A seguir apresentaremos os parâmetros da corrida (tempo, velocidades e distância total percorrida). Após discutiremos sobre o controle de carga com as variáveis de frequência cardíaca e os pontos de transição PIFC e PDFC, PSE, glicemia e $\text{VO}_{2\text{MÁX}}$, e por fim, o ponto inédito do nosso estudo, discutiremos sobre os limiares de transição $\text{FC}_{\text{MÁX}}$, PSE, $\text{VO}_{2\text{MÁX}}$ PIFC, PDFC, $V_{\text{máx}}$ e V_{pico} . Em suma, os resultados do estudo não evidenciaram diferenças

significativas entre condição placebo e condição nitrato, todavia apresentam uma pequena melhora de em média 2 a 3% nas variáveis de rendimento.

7.1 Parâmetros Dietéticos

Comparando a ingestão média de macro nutrientes na semana 1 e 2, as recomendações nutricionais propostas pelo American College of Sports Medicine (ACSM) foi verificado que o consumo de 2.90 g/kg e 2.63 g/kg de CHO está abaixo do valor mínimo. Referente à ingestão de PTN, o valor apresentado de 2.35 g/Kg apresentou-se acima das diretrizes estabelecidas. Em relação aos lipídios, os valores encontrados de 0,77 g/Kg e 0,74 g/Kg estão dentro do valor preconizado. O valor calórico total médio da semana 1 e semana 2 respectivamente de 27.82 Kcal/Kg e 25.25 Kcal/Kg não atendem as recomendações nutricionais adotadas, sendo que 100% da amostra encontram-se com valores inferiores quanto a ingestão calórica total recomendada (Figura 15).

Figura 15 – Consumo Alimentar Total Médio dos atletas comparados a Referência.



Fonte: Da Autora (2022).

Tal achado mostra-se preocupante, uma vez que a contração muscular é dependente energia na forma de ATP proveniente dos substratos energéticos. Nesse sentido, a glicose, único CHO a circular no organismo, é o maior contribuinte para a manutenção e homeostase da glicemia e pelo fornecimento de energia ao cérebro e demais órgãos periféricos (CHOLEWA; NEWMIRE; ZANCHI, 2019). Tais achados corroboram com a literatura que

demonstra uma frequência de dietas pobres hipoglicídica em atletas sul americanos (GOSTON; MENDES, 2011). Todavia, no trabalho de Onywera et al, (2004) observamos um maior consumo de carboidratos de corredores de resistência de longa duração em países industrializados como EUA, Holanda, Austrália e África do Sul representava 49%, 50%, 52% e 50% das calorias totais respectivamente. Bem diferente é o padrão apresentado por corredores quenianos cuja composição da dieta envolveu alto consumo de carboidratos (76,5%) associado e mantido por um baixo teor de gordura (13,4%).

Na avaliação dos hábitos alimentares dos participantes, observamos uma maior frequência no consumo de fontes proteicas, com ênfase nas carnes magras (frango e carne vermelha) e ovos. As fontes de carboidratos mais consumidas foram o arroz branco, pão francês, banana e açúcar de adição. Observa-se um déficit no consumo de carboidratos mesmo em trabalhos onde seguem-se valores de referência para consumo maiores que os nossos. No estudo de Baranauskas et al. (2015) onde utilizaram a referência proposta pelo Instituto Australiano de Esporte (BURKE, 2010) de 7-12g/kg de peso corporal com atletas de resistência de longa duração de alta desempenho da Lituânia, o resultado do Rec24h mostrou que 80.8% da amostra consumiram CHO (5.6 ± 2.1 g/Kg), abaixo do recomendado.

Vale ressaltar que a ingestão ótima de CHO em provas de média e longa duração garante ao atleta uma menor depleção de glicogênio muscular e retardo da fadiga prematura, além de garantir o atendimento as requisições energéticas do organismo (MEYER; O'CONNOR; SHIRREFFS, 2007). Ressaltamos que, mesmo se tratando de recomendações internacionais, as diretrizes do ACSM podem não refletir a demanda energética específica dos atletas devido principalmente as condições ambientais, sexo, tipo do esporte e gasto energético (MUROS et al., 2019). Um ponto importante que levantamos também são as limitações que o Rec24h possui em não poder representar o real consumo (PILIS et al., 2018) pelos motivos do inquérito dietético ser auto referido e dos atletas tenderem a subestimar seus relatos (MARQUET et al., 2016).

7.2 Atuação do NO_3^- nos Parâmetros da Corrida

A análise do tempo total no teste progressivo, velocidade final e distância total percorrida evidenciou uma sensível melhora no MN, entretanto sem diferença estatística encontrada. Mesmo sem diferenças estatísticas, a variável tempo mostrou-se superior no MN quando comparada o MP ($21,04 \pm 4,17$ minutos; $19,54 \pm 3,96$ minutos), com 2 minutos de diferença, respectivamente. Tal diferença em percentual mostra-se em 7,69%. A velocidade

final apresentou uma superioridade de $0,61\text{Km/h}^{-1}$ (3,05%) entre condições MN e MP ($17,76 \pm 2,06 \text{ Km/h}^{-1}$; $17,15 \pm 1,90 \text{ Km/h}^{-1}$, sem diferença estatística. Já a distância percorrida no final do teste demonstra uma diferença de $0,31\text{Km}$ a mais (6,4%) para a condição nitrato, não havendo diferença estatística significativa entre condições MN e MP ($5,15 \pm 0,88\text{Km}$; $4,84 \pm 0,81\text{Km}$). Semelhante aos dados encontrados no presente estudo, um estudo demonstrou que corredores de 5Km de ambos os sexos suplementados com 200g beterraba cozida no pré-teste possuíam velocidade superior ao placebo, com velocidade média final de $12,3 \text{ Km/h}^{-1} \pm 2,7$ minutos para o grupo suplementado contra $11,9 \text{ Km/h}^{-1} \pm 2,6$ ($p < 0,06$), demonstrando $0,4 \text{ Km/h}^{-1}$ (3%) a mais de velocidade na condição suplementado. O tempo de finalização na última milha de 1,8Km foi de 41 segundos a mais no condição suplementado, com um aumento de $0,6\text{Km/h}$ - (5%) quando comparado ao condição placebo (MURPHY et al., 2012).

Outro estudo semelhante ao nosso, onde realizaram teste de 5km em esteira rolante com 10 indivíduos praticantes de atividade física, pré e pós suplementação por 6 dias com 250ml de suco de beterraba, observaram uma redução do tempo no teste de 5km em 4,38% após a suplementação ($1942,50 \pm 382,65$ vs. $1857,40 \pm 363,25\text{s}$) e aumento da velocidade nos pós suplementação respectivamente ($9,65 \text{ km/h} \pm 1,82$; $10,09 \text{ km/h} \pm 1,94$, $p = 0,064$), sem significância estatística (BUHL; RODRIGUES, 2017). Shannon et al, (2016) em seu estudo randomizado duplo-cego controlado por placebo com 12 homens submetidos ao teste de 1500m em esteira observaram a melhora no tempo da condição suplementado com suco de beterraba em 3,2% ($331,1 \pm 45,3\text{s}$) comparado ao placebo ($341,9 \pm 46,1 \text{ s}$, $p < 0,001$).

Pesquisas recentes discorrem sobre o papel do suco de beterraba ser mais eficaz no rendimento de provas mais curtas como corrida de 1500 m em detrimento a provas de resistência de longa duração com distancias por exemplo de 10.000 m (JODRA et al., 2020; JONVIK et al., 2015; SHANNON et al., 2016). Em contrapartida aos nossos achados, um estudo onde os autores examinam o efeito de uma dose aguda de suco de beterraba ingerido no desempenho de corrida de resistência de longa duração em ambientes competitivos com 70 corredores recreativos. Os autores mostram que os participantes correram mais rápido com suco de beterraba em relação ao placebo respectivamente (Suplementado - $22,2 \pm 5,0\text{s}$ e Placebo - $22,9 \pm 4,5\text{s}$). Todavia não encontraram diferença significativa no tempo de prova entre a condição suplementado e placebo ($0,8 \pm 5,7 \text{ s}$, $p < 0,875$, $d = 0,00$). Tais achados concluem que uma dose aguda de suco de beterraba não melhora o desempenho competitivo em contrarrelógio de 5 km em corredores recreativos em comparação com o placebo (HURST; SAUNDERS; COLEMAN, 2020). O trabalho de Balsalobre-Fernández et al, (2018) com corredores de média e longa distância de elite submetidos a suplementação de 15 dias com suco de beterraba

observou que o tempo até a exaustão em um teste incremental em esteira foi significativamente maior no grupo experimental em comparação com o grupo placebo, respectivamente ($p=0.310$). Tal fato corrobora mais uma vez aos nossos achados, fortalecendo assim a suplementação com nitrato como uma ferramenta auxiliadora a otimização do desempenho atlético.

7.3 Ação da Suplementação de NO_3^- no Controle de Carga

O efeito ergogênico da beterraba rico em nitrato tem sido demonstrado por aumentar o tempo até a exaustão de corredores e ciclistas, principalmente em atletas de nível amador (CLEMENTS; LEE; BLOOMER, 2014; HOON et al., 2014). Ao observar a $\text{FC}_{\text{MÁX}}$, obtivemos valores menores no MN ($181,54 \pm 6,07\text{bpm}$; $182,77 \pm 4,83\text{bpm}$), presumindo assim a ação do nitrato em reduzir o débito cardíaco, e, conseqüentemente, menor esforço cardíaco. Tais achados corroboram com a literatura encontrada, onde observamos estudos com uma menor $\text{FC}_{\text{MÁX}}$ entre condições suplementados com nitrato. O estudo de Murphy et al, (2012) nos mostra uma média de $185 \pm 7\text{bpm}$ para a condição suplementado e $186 \pm 9\text{bpm}$ para a condição placebo sem diferença entre os testes ($p=0,42$). De Castro et al, (2019) também mostra valores similares ao encontrado em nosso estudo, ($184 \pm 6.3\text{bpm}$; $184 \pm 7.3\text{bpm}$), todavia, sem diferença entre condição suplementado e placebo. Já no estudo de Boorsma; Whitfield; Spriet, (2014) a $\text{FC}_{\text{MÁX}}$ do condição suplementado apresentou-se menor apenas a 50% do $\text{VO}_{2\text{MÁX}}$ ($129 \pm 14\text{bpm}$; $130 \pm 18\text{bpm}$). Já com 65% observou-se um aumento da frequência na condição suplementado ($149 \pm 21\text{ bpm}$; $151 \pm 15\text{bpm}$, e manteve-se igual a 80% do $\text{VO}_{2\text{MÁX}}$ ($173 \pm 17\text{bpm}$ $173 \pm 13\text{bpm}$).

Com relação a PSE observamos em nosso estudo ser menor no MN ($9,15 \pm 0,55\text{ PSE}$ e $9,38 \pm 0,50\text{ PSE}$). Esse achado fortalece o papel do nitrato como um recurso ergogênico capaz de diminuir a percepção do esforço durante o exercício extenuante. Nossos resultados assemelham-se a literatura onde é observado o aumento do tempo de corrida até a exaustão e diminuição da percepção de esforço encontrada pelos experimentos (LANSLEY et al., 2011b; MURPHY et al., 2012; PORCELLI et al., 2015), e também como os achados de Murphy et al, (2012) que também observa uma menor percepção de esforço realizado através da escala de 6-20 pontos de Borg, na presença de suplementação com beterraba (Suplementado - $13,0 \pm 2,1$ vs Placebo - $13,7 \pm 1,9$; $P \pm 0,04$), todavia tais valores foram superiores ao do nosso estudo pois utilizaram a escala de 6 a 20 de Borg. Já De Castro et al, (2019) em seu estudo com 13 corredores recreacionais submetidos a suplementação crônica de suco de beterraba por 3 dias também não observaram diferença ($p= 0.089$) na PSE entre condições suplementado e placebo

(19.9± 0.3 PSE; 19.4 ±1.0 PSE), com ligeira diminuição para o condição suplementado. Outro estudo com corredores submetidos a teste progressivo em esteira também demonstra valores menores de PSE através da escala de Borg de 1 -10 para a condição suplementado com suco de beterraba comparado ao placebo. Nas parciais de 15Km/h 17.1Km/h e 20Km/h os valores encontrados para condição suplementado e condição placebo para PSE respectivamente foram de (2.3±0,5; 4.0±0.8; 6.0 ±1.0) (3.5±0.8; 5.6±0.8; 7.7± 1.0), concluindo assim que o nitrato foi capaz de diminuir a percepção subjetivo de esforço em corredores (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et al., 2018).

Ao analisar os valores da glicemia pré-exercício, verificou-se que os valores no MN foram menores em relação ao MP (95,31 ± 13,02 mg/dL⁻¹; 96,08 ± 12,75 mg/dL⁻¹). Já em relação ao momento pós – exercícios observamos um aumento da glicose sanguínea, todavia, o MN ainda apresentou menores valores quando comparados ao MP (109,08 ± 21,49 mg/dL⁻¹; 110,15 ± 23,21 mg/dL⁻¹). Não houve diferença significativa entre pré e pós exercício. É sabido que o NO apresenta um mecanismo importante na captação de glicose pelo músculo esquelético (MERRY; LYNCH; MCCONELL, 2010). Diante a tal, pressupomos que seria possível um aumento na síntese de NO após a suplementação de nitrato e, por consequência aumento da captação de glicose no músculo esquelético durante o teste progressivo em esteira. Corroborando a esses dados, o estudo de De castro et al, (2019) também demonstra menor glicemia pré e pós no condição suplementado com beterraba quando comparado ao placebo respectivamente (Suplementado -93.2 ± 9.5 mg/dL⁻¹ ; Placebo - 98.6 ± 23.3 mg/dL⁻¹; Suplementado - 98.5 ± 11.3 mg/dL⁻¹; Placebo - 104.0 ± 28.8 mg/dL⁻¹). Outro estudo com 14 desportistas homens amadores de esportes coletivos suplementados com 490ml de suco de beterraba rico em nitrato também observou valores menores de glicemia no condição suplementado em relação ao condição placebo (3,8 ± 0,8 vs. 4,2 ± 1,1mM) (WYLIE et al., 2013).

Sendo o VO_{2MÁX} a melhor variável fisiológica que reflete a capacidade aeróbica de um indivíduo (CLEMENTS; LEE; BLOOMER, 2014), observamos que na condição nitrato os atletas conseguiram maior capacidade em captar, transportar e metabolizar o oxigênio durante o teste em esteira, refletindo assim em melhoria da performance. Com relação ao VO_{2Máx}, observamos que o MN alcançou um VO_{2Máx} superior comparado ao MP (65,39 ± 6,98ml.kg.min⁻¹ ; 60,93 ± 6,38ml.kg.min⁻¹). Com o aumento de oxigênio na corrente sanguínea devido a ação vasodilatadora do óxido nítrico observamos um aumento da capacidade de trabalho e do consumo de oxigênio. Tal achado vai de encontro a literatura abordada, onde citamos o trabalho de Puype et al, (2015) que investigou se a suplementação de

nitrito aumentaria o efeito do treinamento em hipóxia no desempenho de resistência de longa duração ao nível do mar realizado com 22 homens ativos em teste de ciclo ergômetro onde foram observados valores de $VO_{2Máx}$ para condição placebo e condição suplementado similares ao encontrado em nosso estudo ($60,8 \pm 1,8$ ml.kg.min⁻¹ ; $60,1 \pm 2,7$ ml.kg.min⁻¹) respectivamente. O $VO_{2Máx}$ é uma das principais variáveis utilizadas na avaliação do condicionamento físico dos indivíduos (JONES et al., 2011). O consumo de oxigênio aumenta como uma função linear da taxa de trabalho até que o $VO_{2Máx}$ seja atingido. Após este ponto, um aumento da taxa de trabalho não acarreta um aumento do consumo de oxigênio e, portanto, a relação passa a ser representada graficamente por um platô. O $VO_{2Máx}$ representa o limite fisiológico da capacidade do sistema de transporte de oxigênio de liberar oxigênio aos músculos (POWERS; HOWLEY, 1995). O nitrito advindo da suplementação dietética seria capaz de aumentar o recrutamento do tipo II fibras musculares, aumentar o fluxo sanguíneo e o fornecimento de oxigênio aos músculos esqueléticos (SHANNON et al., 2016).

O entendimento sobre a mecânica envolvida do nitrito na redução do custo do oxigênio do exercício ainda está em descoberta. Estudos levantam a hipótese de que esse menor custo envolvido pode estar baseado no gasto reduzido de trifosfato de adenosina (ATP) para a manutenção da homeostase do Ca^{2+} sarcoplasmático, como também na ação do NO na actinmiosina ATPase (BAILEY et al., 2009; SANDERS, 2007). Outro trabalho com suplementação aguda e crônica de nitrito dietético via suco de beterraba em jovens adultos normotensos resultou em um menor custo de oxigênio do exercício de intensidade moderada após 2,5h a ingestão de uma dose de 0,5 litro de suco de beterraba com efeitos observados após 5 e 15 dias da de suplementação continua com 0,5l/dia (VANHATALO et al., 2010).

Perez et al, (2019) investigaram através de teste incremental em 20 voluntários saudáveis se a suplementação com 70 ml de suco de beterraba rico em nitrito (70 ml/ 6,4 mmol / dia) durante 7 dias seria capaz de melhorar o $VO_{2Máx}$. Os autores concluíram que o nitrito não foi capaz de melhorar $VO_{2Máx}$ após a suplementação ($51,07 \pm 6,12$ ml / kg / min) versus placebo ($50,46 \pm 6,06$ ml / kg / min). Apesar de não ter sido observada diferença estatística foi relatada melhora de 2% no tempo. Um outro estudo similar ao nosso submetem doze corredores de meia e longa distância de elite a quinze dias de suplementação com suco de beterraba rico em nitrito a um teste de corrida incremental até a exaustão em esteira. Não foi observada melhora significativa no $VO_{2Máx}$, todavia observaram uma melhora de cerca de 2% no tempo até a exaustão dos corredores (BALSALOBRE-FERNÁNDEZ et al., 2018). Ao contrário do nosso estudo, De castro et al, (2019) em seu estudo também com suplementação via suco de beterraba in natura produzido pelos próprios pesquisadores e com uma ingestão bem superior ao do nosso

estudo (420 ml/dia) observou-se uma melhora estatisticamente significativa no $VO_{2\text{máx}}$ após a suplementação quando comparado ao placebo ($46,6 \pm 6,4$ vs. $45,1 \pm 5,8$ ml $\text{kg}^{-1} \text{min}^{-1}$; $p = 0,022$).

7.4 Incidência dos Limiares de Transição na Suplementação de NO_3^-

Retomando ao nosso estudo, uma das formas de prever a capacidade funcional de realização do exercício é através da identificação dos PTM's e assim, observamos a predominância na participação aeróbia e anaeróbia do atleta. Em nosso trabalho apresentamos os pontos de transição através dos limiares da FC, PSE e as respectivas porcentagens em que ocorreram os mesmos relacionados ao $VO_{2\text{Máx}}$ de uma forma pioneira. Propomos ainda, de maneira original a utilização da FC e seus subprodutos PIFC e PFDC, V_{pico} e $V_{\text{máx}}$ para detecção dos PTM's em corredores amadores de fundo submetidos a suplementação aguda de NO_3^- via suco de beterraba. A atual literatura não apresenta precedentes sobre tais variáveis em esforços máximos. Ademais, a literatura é escassa em avaliar a capacidade aeróbia, o que dificulta análises comparativas.

As variáveis fisiológicas que se pode obter a partir da $FC_{\text{Máx}}$ são seguras e recomendadas na utilização para âmbito esportivo como indicadora de intensidade do esforço, e ainda é sabido que a frequência cardíaca em testes progressivos máximos tende a aumentar com o acréscimo da intensidade do exercício, todavia é também discutida as diferenças quanto as respostas apresentadas pela FC nas diferentes intensidades durante o exercício (CAMBRI et al., 2006). O ponto de deflexão da frequência cardíaca (PDFC) é um fenômeno que representa a quebra da linearidade da frequência cardíaca durante um teste incremental e que corresponde ao 2 limiar de lactato (BROOKE; HAMLEY, 1972). Com relação a FC no PDFC observamos que o MN possuía em média uma ligeira maior FC ($151,92 \pm 7,11$ bpm) quando comparado ao MP ($149,93 \pm 7,26$ bpm). Tal fato nos demonstra que o MN no limiar da sua FC possuía maior participação do sistema anaeróbio e, tal dado é importante para saber a quantidade de energia que se pode sustentar nessa intensidade. Um estudo com vinte universitários observou o comportamento da frequência cardíaca e a identificação dos pontos de transição da FC em teste progressivo máximo em esteira rolante observaram que o ponto de transição do ponto de inflexão da FC com identificação nas fases iniciais 130 ± 8 ($64,4 \pm 5,3\%$) e finais 195 ± 10 bpm ($97,4 \pm 3,4\%$), concluindo em concordância com a literatura recente que o comportamento curvilínea da FC em relação à intensidade de trabalho a existência de pontos de transição da frequência cardíaca em fases iniciais e finais da curva (CAMBRI et al., 2006). Um outro estudo

sobre de a deflexão da frequência cardíaca com dez corredores realizaram teste de corrida de carga incremental máxima sem suplementação, demonstraram valores superiores aos nossos quanto a FC no limiar (174.4 ± 6.1 bpm) e um valor um pouco a baixo da velocidade no limiar da FC (11.4 ± 0.8 Km/h⁻¹) (BRUNETTA; NAVARRO; FRIGHETTO, 2013).

Com relação a velocidade no limiar no PDFC, o MN apresentava-se maior quando comparado ao MP ($12,92 \pm 1,93$ Km/h⁻¹; $12,23 \pm 1,69$ Km/h⁻¹ respectivamente) com as porcentagens para MN e MP de $72,87 \pm 8,05\%$; $71,64 \pm 9,31\%$ respectivamente, nos demonstrando assim que quanto maior a velocidade atingida, maior a participação do sistema anaeróbio no indivíduo. Outro fator interessante é a grande participação do metabolismo anaeróbio em provas de 5Km. Aqui chamamos a atenção para o papel vasodilatador do óxido nítrico em nosso estudo quando observamos essa maior velocidade na condição suplementado, conseguindo assim manter a corrida em uma intensidade mais elevada com menor produção de íons H⁺. Tal fato também explica o motivo do maior valor de FC_{limiar}. Tal resultado pode ser explicado devido a prova de 5km possuir uma maior participação anaeróbia. Ressaltamos aqui o trabalho de Hurst; Saunders; Coleman, (2020) mais uma vez que também indicou que não houve diferença no desempenho dos corredores de 5Km desempenho na presença de uma dose aguda de suco de beterraba controlado por placebo, sugerindo que o suco de beterraba oferecido de maneira aguda pode não exercer um efeito ergogênico no desempenho de corrida de 5 km em corredores, corredores recreativos (HURST; SAUNDERS; COLEMAN, 2020).

A PSE obtida pela escala original de Borg se correlaciona com a FC, lactato sanguíneo e ventilação em testes incrementais (BORG, 2000). Outro fato relevante é que protocolos não invasivos como a PSE na identificação de limiares de transição tem sido objeto de intensa investigação. Com relação a percepção subjetiva de esforço no limiar, observamos em nosso estudo que o MN apresenta maior PSE ($4,15 \pm 2,03$ PSE) quando comparado á condição MP ($3,84 \pm 1,67$ PSE). Tal fato pode ser explicado devido a maior intensidade da corrida alcançada pela condição suplementada em relação ao placebo. Mesmo nessa intensidade aumentada e maior requerimento cardíaco, observamos uma PSE baixa relatada pelos participantes.

Em relação a Frequência Cardíaca na PSE_{limiar} podemos observar que existe um ligeiro aumento no MN ($152,92 \pm 9,17$ bpm) quando comparado ao MP ($151,38 \pm 8,86$ bpm), com porcentagens de $84,24 \pm 9,17\%$ $82,86 \pm 5,00\%$ respectivamente. Trabalhos trazem como exemplo o limiar de lactato e a sua associação da PSE (SIMÕES et al., 2010), e por isso um valor fixo de PSE tem sido adotado, semelhante ao atribuir valores fixos de lactato, não considerando variações individuais (ARSA et al., 2016). Estas variações da PSE no limiar do lactato foram demonstradas por (SOUSA et al., 2013), que obtiveram PSE 10 no limiar de lactato em idosos

no teste incremental no *leg-press*. O estudo de Weltman, (1995) apontou como indicadores dos limiares de lactato e anaeróbio valores de 14 e de 16-17 da escala de Borg. 6-20 é associada as concentrações fixas de 2,0 e de 4,0 mM de lactato no sangue.

Com relação a velocidade na PSE_{limiar} , encontramos que o MN mantinha maior velocidade ($12,92 \pm 1,7 \text{ Km/h}$ -15) quando comparado ao MP ($12,15 \pm 1,34 \text{ Km/h}$ -1) com porcentagens de $73,07 \pm 8,98\%$; $71,19 \pm 6,96\%$ respectivamente. Tal fato explica o fato de a percepção de esforço no limiar ser maior na condição suplementada.

Com relação $VO_{2MÁX}$ no PDFC observamos que a MN possuía em média maior de $VO_{2MÁX}$ ($46,77 \pm 6,47 \text{ ml.kg.min}^{-1}$) quando comparado a MP ($46,10 \pm 5,88 \text{ ml.kg.min}^{-1}$). Em valores percentuais temos que MN e MP apresentam respectivamente ($74,39 \pm 7,66\%$; $75,99 \pm 9,20\%$). Isso demonstra que, no momento de transição do sistema aeróbio para anaeróbio, a condição suplementada consegue captar e metabolizar mais oxigênio do que a condição placebo. Tal achado elucidada que a condição suplementado alcançava o limiar em uma intensidade maior, priorizando assim o sistema anaeróbio, resultando em uma maior capacidade, maior tempo de trabalho e com menor acidose (BAILEY et al., 2009). Tal achado elucidada o papel do óxido nítrico no aumento do transporte de oxigênio para as fibras musculares.

Com relação ao $VO_{2Máx}$ no PSE_{limiar} observamos que MN possuía em média um maior % $VO_{2Máx}$ ($46,77 \pm 5,87 \text{ ml.kg.min}^{-1}$) quando comparado ao MP ($44,19 \pm 5,87 \text{ ml.kg.min}^{-1}$), que em porcentagem se apresenta com valores de MN e MP respectivamente $74,56 \pm 8,66\%$; $72,85 \pm 6,67\%$. Tal achado nos infere que mesmo no pico da PSE , a condição suplementada possuía maior capacidade e metabolizar e captar oxigênio, e, a suplementação de nitrato proporcionou a condição um percentual de consumo de oxigênio maior quando comparado ao placebo, traduzindo em maior tempo de corrida. Um estudo com nadadores observou uma redução no custo energético e aumento na carga de trabalho no limiar anaeróbio. Os resultados sugerem que houve maior trabalho no limiar anaeróbio pela suplementação de suco de beterraba rico em nitrato em comparação ao teste da *baseline* respectivamente ($6,3 \pm 1$ e $6,7 \pm 1,1 \text{ kg}$ e o custo de oxigênio durante os testes também se mostraram menores após com a suplementação em relação a *baseline* respectivamente ($1,7 \pm 0,3 \text{ kcal}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ e $1,9 \pm 0,5$) (PINNA et al., 2014).

7.4.1 Detecção dos Pontos de Transição através da FC; Consumo de O₂, ; V_{máx} e V_{pico}

O exercício progressivo máximo pode ser dividido em três momentos - moderado, intenso e severo, possuindo dois pontos de transição importantes do ponto de vista fisiológico (TULPPO et al., 1996). Sabe-se que a transição repouso-exercício é marcada por uma mudança no comportamento autonômico e metabólico do organismo (COOTE, 2010), e é mediante a essa transição que ocorre a redução da atividade parassimpática e, com o prosseguimento do exercício, ocorre o aumento da atividade simpática, promovendo a elevação da FC (COOTE, 2010).

Os achados quanto ao 1º Limiar a partir do PIFC apesar de não demonstrar diferenças estatísticas revelam que o MN alcançava o limiar aeróbico com uma FC mais baixa quando comparada a MP, resultando assim em menor esforço cardíaco, melhor tolerância do domínio moderado e maior tamponamento. O trabalho de Alves et al, (2017) demonstrou também o comportamento da FC na identificação dos pontos de transição de 13 jovens atletas em teste progressivo na marcha atlética antes e após sessões de treinamentos. Os valores para PIFC no pré-treinamento assemelham-se aos nossos, principalmente no quilometro 7,00 (n=8 - 5,31 km·h⁻¹; 125bpm ; b n=1 - 7,00 km·h⁻¹; 149bpm) e no pós-treinamento (n=12 - 5,46 km·h⁻¹; 125bpm). Já o trabalho de Couto et al, (2013) com 20 universitários submetidos a um ciclo ergômetro demonstra valores muito acima aos nossos quanto a FC na PIFC e PDFC de 13 participantes, divididos entre sexos masculino e feminino, respectivamente (124bpm ± 10 Vs. 128bpm ± 13 ; 177bpm ± 7 Vs. 175bpm ± 13). Já em relação a velocidade atingida, nosso trabalho demonstra não haver diferenças entre grupos, contudo observamos que grupo N alcançava o limiar aeróbio com uma maior velocidade, ou seja, mesmo no limite do domínio moderado mantinham-se maior velocidade. Tal fato corrobora para um bom treinamento adaptativo, aumento a tolerância ao lactato e sua remoção e menor estresse ao organismo. Em valores percentuais, observamos que por possuírem uma porcentagem menor, estão mais longe da velocidade máxima, assim possuem menor gasto de energia e menor utilização de O₂. O estudo de Cambri et al., (2006) realizado com 20 universitários em teste progressivo máximo em esteira rolante à velocidade 5km.h⁻¹ e incrementos de 0,3 km.h⁻¹ a cada minuto para identificação dos pontos de transição a partir da FC observou valores similares aos nossos quanto a velocidade na PIFC final de 6 participantes (10,9±1,8).

Com relação aos achados referentes ao 2º Limiar, respectivo ao limiar anaeróbico, a partir do PDFC, nosso estudo também mostra valores mais baixos para FC no MN, apesar de

não termos encontrado nenhuma diferença estatística significativa. Ademais, observamos ainda que a velocidade mantida pelo MN era superior ao MP. Supomos aqui que a melhora da tolerância ao domínio severo observada através de uma menor FC e com uma maior velocidade atingida pelo grupo suplementado pode estar relacionada a presença do NO_3^- em decorrência da vasodilatação, melhoria no tamponamento e absorção de íons de H^+ e diminuição do consumo de oxigênio (SENEFELD et al., 2020). Em termos práticos essa melhor tolerância é o que faz com que os atletas tenham o segundo limiar (PDFC) mais próximo a do seu ponto máximo ($\text{VO}_{2\text{MÁX}}$).

A $\text{FC}_{\text{MÁX}}$ é uma das variáveis fisiológicas com maior utilização no âmbito esportivo como indicadora de intensidade do esforço, inclusive em testes progressivos e seu comportamento nas diferentes intensidades durante o exercício (CAMBRI et al., 2006). Em nosso estudo não observamos diferenças estatísticas quanto a $\text{FC}_{\text{MÁX}}$ e os seus respectivos percentuais nos limiares de transição. Porém mais uma vez observamos uma tendência de comportamento positivo do MN em detrimento ao MP. Os menores valores observados para a $\text{FC}_{\text{MÁX}}$ nos pontos de transição corroboram com a nossa teoria sustentada de que o NO_3^- pode promover uma melhoria da tolerância entre os limiares e por consequência melhoria de performance. Um estudo com vinte universitários observou o comportamento da frequência cardíaca e a identificação dos pontos de transição da FC em teste progressivo máximo em esteira rolante observaram que o ponto de transição do ponto de inflexão da FC com identificação nas fases iniciais 130 ± 8 ($64,4 \pm 5,3\%$) e finais 195 ± 10 bpm ($97,4 \pm 3,4\%$), concluindo em concordância com a literatura recente que o comportamento curvilínea da FC em relação à intensidade de trabalho a existência de pontos de transição da frequência cardíaca em fases iniciais e finais da curva (CAMBRI et al., 2006). Um outro estudo sobre da deflexão da frequência cardíaca com dez corredores que realizaram teste de corrida de carga incremental máxima sem suplementação, demonstraram valores superiores aos nossos quanto a FC no limiar (174.4 ± 6.1 bpm) e um valor um pouco a baixo da velocidade no limiar da FC (11.4 ± 0.8 Km/h¹) (BRUNETTA; NAVARRO; FRIGHETTO, 2013).

Em conclusão, o nosso estudo demonstrou que o PDFC visual é um bom indicador de capacidade aeróbia. Sugerimos com nossos achados ao consumo de oxigênio no PIFC e PDFC que o MN alcançava os limiares anaeróbico e aeróbico com um maior consumo de oxigênio com uma diferença de $9,27 \text{ml.kg.min}^{-1}$, indicando assim que a suplementação de nitrato no metabolismo pode favorecer a um maior aporte e transporte da oxigenação, e por consequência melhoria da performance e tempo de teste. Com relação a diferença no consumo de oxigênio entre os pontos de PIFC e o PDFC demonstramos em nosso trabalho que o MN pode tolerar

por mais tempo o domínio moderado com um melhor consumo de oxigênio. A diferença representada entre os dois pontos mostra-se maior na condição nitrato, inferindo que os mesmos ficam por mais tempo com um melhor consumo de oxigênio no domínio moderado. É sabido que quanto maior a diferença entre os pontos PIFC e o PDFC, melhor se refletirá a performance do indivíduo devido a uma maior utilização do oxigênio na musculatura. Com isso observamos a existência e subsequente melhora do tamponamento e absorção de íons de H^+ , o que faz com que os atletas tenham o segundo limiar (PDFC) mais próximo do ponto máximo (VO_{2MAX}). Tal fato é observado nas diferenças sempre presentes e favoráveis a condição nitrato, o que mostra uma melhor economia de consumo de O_2 . O trabalho de Ferreira, (2014) com jovens não atletas em ciclo ergômetro também demonstra que o PIFC pode ser utilizado como ferramenta não invasiva para estimativa do limiar anaeróbio em indivíduos jovens não atletas, onde encontra-se valores absolutos de VO_2 de $1,67 \pm 0,37 l \cdot min^{-1}$. Couto et al, (2013) em seu trabalho em ciclo ergômetro com 20 universitários demonstra valores muito acima aos nossos quanto a FC na PIFC de 13 participantes (126 ± 12) e $\%FC_{m\acute{a}x}$ (66 ± 5).

Apesar de não termos observados diferenças na velocidade nos pontos de PIFC e PDFC, bem quanto a diferença da mesma entre os pontos de inflexão e deflexão, chamamos a atenção de $2,76 Km/h^{-1}$. O fato de que o grupo suplementado conseguir imprimir uma maior velocidade no 1º e 2º limiares, em termos práticos, conota que o limiar aeróbio e anaeróbios eram alcançados com maior velocidade e que mesmo no limite do domínio moderado e severo, tal grupo mantinham-se maior velocidade. Tal fato corrobora para um bom treinamento adaptativo, aumento na tolerância ao lactato e sua remoção e menor estresse ao organismo. Em valores percentuais, observamos que por possuírem uma porcentagem menor, estão mais longe da velocidade máxima, assim possuem menor gasto de energia e menor utilização de O_2 . O estudo de Cambri et al, (2006) realizado com 20 universitários em teste progressivo máximo em esteira rolante à velocidade $5 km \cdot h^{-1}$ e incrementos de $0,3 km \cdot h^{-1}$ a cada minuto para identificação dos pontos de transição a partir da FC observou valores similares aos nossos quanto a velocidade na PIFC final de 6 participantes ($10,9 \pm 1,8$).

As variáveis $V_{m\acute{a}x}$ e V_{pico} trabalham como preditoras da *performance* aeróbia de corredores (BILLAT et al., 1996). Sendo a $V_{m\acute{a}x}$ a velocidade atingida durante a corrida ao qual observamos um maior consumo de oxigênio, inferindo assim a capacidade cardiovascular do indivíduo, caracterizando assim como a velocidade associada à ocorrência do VO_{2max} (DANIELS et al., 1984; SILVA, 2012). Sendo assim, quanto maior é a capacidade do organismo consumir oxigênio durante o esforço, maior será a $V_{m\acute{a}x}$ e, portanto, melhor

rendimento associado a seu condicionamento aeróbio (SILVA, 2012). Em nosso estudo, não observamos diferenças na $V_{m\acute{a}x}$ entre os pontos de PIFC e PDFC, todavia, chamamos a atenção para a $V_{m\acute{a}x}$ no PIFC, onde encontramos um menor percentual, o que sugere-se menor esforço e tolerância ao limiar aeróbio.

A V_{pico} designada como a máxima velocidade atingida em um teste incremental já tem sido consolidada como uma forma eficaz e simples na predição da performance em corridas de endurance, bem como um bom indicador de prescrição de treinamento (PESERICO, 2012; SCOTT; HOUMARD, 1994). A comparação da V_{pico} da $V_{m\acute{a}x}$ na presença de suplementação aguda de NO_3^- em corredores é uma estimável novidade, pois, estamos aliando o uso do suplemento com novas formas de prescrição de treinamento. Contudo, até o nosso conhecimento, não encontramos dados sobre combinação Nitrato e V_{pico} na literatura, o que dificulta a discussão. Dados de Noakes; Myburgh; Schall, (1990) já demonstraram que a V_{pico} em conjunto ao limiar de lactato demonstram ser melhores preditores da performance em 43 maratonistas e ultramaratonistas em provas de 10 até 90 km. Ademais, outros autores já observam a V_{pico} como ferramenta eficaz na performance de provas curtas de 3 e 5Km (SCOTT; HOUMARD, 1994; SLATTERY et al., 2006; STRATTON et al., 2009). Em nosso estudo não observamos diferenças significativas na V_{pico} , entre as condições, todavia mais uma vez chamamos a atenção para os valores encontrados relacionado ao N. Observa-se a tendência de se manter uma maior velocidade (+0,7 km/h) e percentual na PIFC na presença do NO_3^- auxiliando no rendimento, demonstrado através desse menor percentual encontrado, inferindo assim que os indivíduos suplementados se cansavam menos no ponto de transição. McLaughlin, (2006) investigaram a relação da V_{pico} em prova de 16Km com resultados que mostram forte correlação com o tempo da prova de 16 km ($r = - 0,89$). Sugerimos em nosso estudo que os resultados acerca do N, mesmo não mostrando diferenças estatísticas apontam uma hipótese de que no momento de transição do sistema aeróbio para anaeróbio, a condição suplementada consegue captar e metabolizar mais oxigênio, traduzindo em termos práticos uma maior capacidade e tempo de trabalho com menor acidose e menor esforço cardíaco, mesmo a uma intensidade maior. Ademais, sugerimos que pode haver uma atuação do NO no aumento do transporte de oxigênio para as fibras musculares. Um estudo com nadadores observou uma redução no custo energético e aumento na carga de trabalho no limiar anaeróbio. Os resultados mostram que a carga de trabalho no limiar anaeróbio foi significativamente aumentada pela suplementação de suco de beterraba rico em nitrato em comparação ao teste da baseline respectivamente ($6,3 \pm 1$ e $6,7 \pm 1,1$ kg e o custo de oxigênio durante os testes também se mostraram menores após com a suplementação em relação a baseline respectivamente ($1,7 \pm$

0,3 kcal·kg⁻¹·h⁻¹ e 1,9 ± 0,5) (PINNA et al., 2014). Ademais, a maior V_{pico} observada entre os 2 limiares no grupo nitrato indica que tal grupo prolongava e suportava um maior tempo para atingir o 2º limiar.

O estudo de Peserico, (2012) examinou a relação entre o desempenho de corrida de 5 km e a V_{pico} em homens e mulheres não treinados submetidos a um teste incremental em esteira rolante. Os resultados mostram valores inferiores de V_{pico} quando comparados ao nosso estudo (12.2 ± 1.8 (km·h⁻¹), todavia, o trabalho mostra a V_{pico} como um forte indicador na prescrição do treinamento ao encontrar significância para o desempenho no grupo masculino em relação ao feminino ($P < 0,001$). O estudo de De Assis Manoel et al, (2017) também mostra a V_{pico} e a velocidade associada à ocorrência de consumo máximo de oxigênio VO_{2max} como bons indicadores de prescrição de treinamento. Ao observar 4 semanas de treinamento prescritos através da V_{pico} em 14 corredores de resistência de longa duração moderadamente treinados em prova de 10Km randomizados em dois grupos (Grupo treinado pelo V_{pico} e o outro grupo vVO_{2max}). O V_{pico} e o vVO_{2max} se correlacionaram significativamente com o desempenho de 10 km no tempo pré e pós-treinamento em ambos os grupos - V_{pico} -0,97 Vs. -0,87 ; vVO_{2max} -0,95 Vs. -0,94. Outro estudo que comparou a sensibilidade da V_{pico} durante um teste de corrida submáxima e um teste de salto de contra movimento para fornecer um método alternativo de medição da fadiga neuromuscular em 20 jogadores semiprofissionais de futebol mostrou que a V_{pico} seria um método alternativo e de baixo custo para medir a fadiga neuromuscular (GARRETT et al., 2021). Em contra partida ao nosso trabalho, o estudo de Figueiredo (FIGUEIREDO et al., 2021) que comparou a V_{pico} e a $V_{critica}$ a fim de estabelecer qual o melhor preditor do desempenho de corrida de 5 km em vinte corredores recreativos traz como principal achado uma maior correlação e poder preditivo para $V_{critica}$ quando comparado a V_{pico} no desempenho respectivamente ($13,7 \pm 1.1$ Vs. $12,1^* \pm 1,4$ km·h⁻¹) $P < 0,001$. Em outro estudo com nove indivíduos do sexo masculino submetidos a três sessões experimentais de teste incremental em esteira rolante, pista e corrida livre de 5 minutos para detecção de V_{pico} , observaram alta correlação entre os três testes: pista e esteira ($r=0,87$; $p<0,05$); pista e corrida livre ($r=0,92$; $p<0,05$) e esteira e corrida livre ($r=0,80$; $p<0,05$). Em suma, os resultados demonstram que a corrida livre pode ser utilizado para determinar o V_{pico} quando comparado com testes incrementais em pista e esteira (DE PAULA SANTANA et al., 2010).

Em suma, não encontramos diferenças estatísticas entre momentos, todavia chamamos a atenção para alguns pontos relevantes, aos quais imprimisse relevância de maneira prática ao grupo. Destacamos a novidade deste trabalho que demonstra resultados promissores quanto a detecção dos PTM's e utilização de uma variável prática e de baixo custo - V_{pico} e $V_{máx}$ em

corredores. Tais implicações são de grande valia, visto que pequenas mudanças com relação ao esforço e a velocidade são cruciais para a melhoria de performance através das adaptações induzidas pelo treinamento nesse grupo. A partir de nossas análises, observamos sutis diferenças entre as velocidades e consumo do oxigênio entre os 2 pontos dos limiares (FIGURA - 12.E – FIGURA - 14.C), não observando, portanto, diferença estatística. Entretanto, notamos que a condição nitrato obteve maior velocidade entre os 2 limiares e maior consumo de oxigênio, inferindo que a condição nitrato proporcionava um maior tempo para atingir o 2º limiar.

Apesar de não termos encontrado diferença estatística no estudo, existe uma tendência de melhora nos resultados mediante a suplementação de suco de beterraba rico em nitrato no rendimento de corredores de fundo com relação ao tempo em 7,69%, velocidade final em 3,05% e distância percorrida em 6,4%. O fato de que um aumento no desempenho foi detectado também no limiar anaeróbico e aeróbico merece bastante atenção. Conseguimos em nosso trabalho observar nos resultados que possivelmente o transporte de oxigênio provocado pelo aumento de NO derivado da suplementação de nitrato dietético auxiliou na sustentação do teste progressivo, todavia parece que não foi capaz de interferir na capacidade de captação, transporte e metabolização de oxigênio. Assim, dizemos que a suplementação de NO^{-3} reduz o tempo em cerca de 2-3%, e que a ingestão aguda de NO^{-3} pode auxiliar no rendimento esportivo de corredores recreacionais. Vale ressaltar que quando se trata de rendimento esportivo, uma melhora de 7,69% por mais que não encontrada significância estatística pode significar uma boa melhora em relação ao tempo do corredor, ou seja, tal melhora demonstrada pode ser traduzida em um grande marcador de rendimento.

As limitações do estudo foram a escolha da amostra por conveniência, o reduzido tamanho amostral e a ausência de exames bioquímicos para avaliar a concentração de nitrato sanguíneo, analisador de gases para determinação de VO_2 , e os limiares de transição através do comportamento respiratório, o que poderia auxiliar na descrição dos fenômenos fisiológicos durante os testes e sua associação com as variáveis aqui apresentadas. Outro ponto também foi a utilização de esteiras ao invés de pistas de corrida. Tal fato simula a realidade com limitações que podem implicar nos resultados. Também ressaltamos aqui que medimos o efeito de uma única dose aguda de suco de beterraba (70mL). Há evidências que sugerem que a suplementação crônica de suco de beterraba pode ser mais eficaz para melhorar o desempenho esportivo do que a suplementação aguda (JONES, 2014b; MCDONAGH et al., 2018) e que em indivíduos muito bem treinados não são observadas uma melhora significativa, mas sim uma pequena ajuda no rendimento final.

O ponto forte deste estudo foi a detecção dos limiares de transição através da FC, PSE, VO_2 concomitante a suplementação de nitrato apresentados, uma vez que os limiares de transição fisiológica são importantes variáveis obtidas durante um teste incremental que nos permite prescrever intensidades de exercício, acompanhar o treinamento e prever o desempenho esportivo (QUITTMANN et al., 2018). Destacamos a novidade deste trabalho que demonstra resultados promissores quanto a detecção dos PTM's e utilização de uma variável prática e de baixo custo - V_{pico} e $V_{máx}$ em corredores. Tais implicações são de grande valia, visto que pequenas mudanças com relação ao esforço e a velocidade são cruciais para a melhoria de performance através das adaptações induzidas pelo treinamento nesse grupo.

8. CONCLUSÃO

A suplementação com nitrato não interfere no rendimento de corredores amadores de fundo durante um Teste Progressivo Incremental. Todavia, apesar das diferenças estatísticas não terem sido significativas em nenhum parâmetro estudado, obtivemos sutis melhorias no MN em todas as variáveis estudadas, o que em termos práticos, poderia colaborar para um aprimoramento no rendimento destes atletas. Demonstramos um aumento em percentual nas variáveis tempo, velocidade e distância, menor esforço cardíaco e melhor oxigenação observados pelos parâmetros $FC_{MÁX}$, PSE e maior $VO_{2MÁX}$. Quanto aos limiares da $FC_{MÁX}$ e PSE observamos uma tendência a melhoria na velocidade no VO_2 e $VO_{2MÁX}$, sugerindo assim que, mesmo não apresentando diferença estatística, o MN foi capaz de tolerar por mais tempo o limiar anaeróbio. Apesar de não significativa, ressaltamos que as melhorias observadas nos PTM's na presença de suplementação é respeitável. Propomos através de um método simples a detecção dos pontos de transição fisiológica da FC que, em termos práticos, auxiliam de maneira satisfatória a prescrição do treinamento de atletas dentro dos domínios fisiológicos. Os achados do PIFC e PDFC na FC, VO_2 , Velocidade e seus subprodutos V_{pico} e $V_{máx}$ sugerem possíveis melhorias como menor esforço cardíaco, melhor oxigenação e maior velocidade nos PTM's, elucidando com isso uma melhor tolerância ao domínio moderado do exercício. Ademais a melhoria da tolerância ao domínio pesado corrobora para um adiamento do surgimento do limiar anaeróbio.

Sugerimos com nosso trabalho que a suplementação com nitrato leva a um melhor resultado no rendimento competitivo, podendo esta ser um bom coadjuvante no programa de treinamento e alimentação dos corredores de fundo. Tais resultados sugerem que os indivíduos suplementados nos PTM's cansavam-se menos, estavam mais longe da velocidade máxima e

por consequência possuem menor gasto de energia. Além disso, sugerimos que as melhorias observadas como menor esforço cardíaco, melhor oxigenação e maior velocidade nos PTM's conotam uma melhor tolerância as zonas dos limiares de transição do exercício, sendo esse capaz de comportar-se como um possível marcador de rendimento.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS (ACSM). Diretrizes do ACSM para os testes de esforços e suas prescrições. 7ª Ed., Ed. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro – Brasil, 2007. Filardo RD, Da Silva RCR, Petroski EL. Validação das equações metabólicas para caminhada e corrida propostas pelo American College of Sports Medicine em homens entre 20 e 30 anos de idade. *Rev. Bras. Med. Esporte*. 2008;14(6):523-527.
- AUSTRALIAN INSTITUTE OF SPORT (AIS). The AIS Sports Supplement Framework. 2020 March; Retrieved from <https://www.sportaus.gov.au/ais/nutrition/supplements>
- APPLEGATE, E. A.; GRIVETTI, L. E. Search for the competitive edge: a history of dietary fats and supplements. *The Journal of Nutrition*, Davis, v. 127, n. 5, p. 869S-873S, May 1997
- ALVES, D. L. et al. TRANSITION POINTS OF HEART RATE AT RACE WALKING. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 23, n. 5, p. 390–393, 2017.
- APPLEGATE, E. A.; GRIVETTI, L. E. Search for the competitive edge: a history of dietary fads and supplements. **The Journal of Nutrition**, v. 127, n. 5, p. 869S-873S, 1997.
- ARSA, G. et al. Limiar anaeróbio a partir da PSE em exercício resistido por modelos matemáticos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 22, n. 2, p. 113–117, 2016.
- AZEVEDO, P. H. S. M. et al. Limiar Anaeróbio e Bioenergética: uma abordagem didática. **Journal of Physical Education**, v. 20, n. 3, p. 453–464, 2009.
- BAILEY, S. J. et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. **Journal of applied physiology**, v. 107, n. 4, p. 1144–1155, 2009.
- BAILEY, S. J. et al. Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans. **Journal of applied physiology**, v. 109, n. 1, p. 135–148, 2010.
- BAILEY, S. J. et al. Inorganic nitrate supplementation improves muscle oxygenation, O₂ uptake kinetics, and exercise tolerance at high but not low pedal rates. **Journal of applied physiology**, v. 118, n. 11, p. 1396–1405, 2015.
- BALSALOBRE-FERNÁNDEZ, C. et al. 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**, v. 13, n. 7, p. e0200517, 2018.
- BARANAUSKAS, M. et al. Nutritional habits among high-performance endurance athletes. **Medicina**, v. 51, n. 6, p. 351–362, 2015.
- BARTELS, R. et al. ESTIMATIVA DO LIMIAR ANAERÓBIO A PARTIR DO PONTO DE INFLEXÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE TESTE DE ESFORÇO PROGRESSIVO MÁXIMO EM JOVENS NÃO ATLETAS. [s.d.].
- BEZERRA, Á. D. DE 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. 2017.
- BILLAT, V. et al. Effect of protocol on determination of velocity at VO₂ max and on its time to exhaustion. **Archives of physiology and biochemistry**, v. 104, n. 3, p. 313–321, 1996.
- BLOOMER, R. J. et al. Effect of betaine supplementation on plasma nitrate/nitrite in exercise-trained men. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 8, n. 1, p. 5, 2011.
- BOGDANOV'S KA, N. V.; KOTSURUBA, A. V.; MALIKOV, N. V. Arginine Exchange and Nitric Oxide Synthesis in Youths under Adaptation to Physical Exercise in Training and Competitive Periods. **International Journal of Physiology and Pathophysiology**, v. 2, n. 4, 2011.
- BOND, V. et al. Effects of dietary nitrates on systemic and cerebrovascular hemodynamics. **Cardiology research and practice**, v. 2013, 2013.
- BOORSMA, R. K.; WHITFIELD, J.; SPRIET, L. L. Beetroot juice supplementation does not

- improve performance of elite 1500-m runners. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 46, n. 12, p. 2326–2334, 2014.
- BORG, G. Escala CR10 de Borg. **Escalas de Borg para a dor e esforço percebido**. São Paulo: **Manole**, p. 43–47, 2000.
- BROOKE, J.; HAMLEY, E. The heart-rate—physical work curve analysis for the prediction of exhausting work ability. **Medicine and Science in sports**, v. 4, n. 1, p. 23–26, 1972.
- BRUNETTA, H. S.; NAVARRO, A. C.; FRIGHETTO, M. Análise do lactato em duas sessões de corrida prescritas através do ponto de deflexão da frequência cardíaca. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFE)**, v. 7, n. 42, p. 10, 2013.
- BUHL, K. R.; RODRIGUES, L. Suplementação dietética de nitrato no desempenho físico durante a corrida. **RBNE-Revista Brasileira De Nutrição Esportiva**, v. 11, n. 63, p. 353–362, 2017.
- BUIST, I. et al. Incidence and risk factors of running-related injuries during preparation for a 4-mile recreational running event. **British journal of sports medicine**, v. 44, n. 8, p. 598–604, 2010.
- BURKE, L. Fueling strategies to optimize performance: training high or training low? **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 20, p. 48–58, 2010.
- BURKE, L. M. et al. International Association of Athletics Federations consensus statement 2019: Nutrition for athletics. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 29, n. 2, p. 73–84, 2019.
- BUSCONI, L.; MICHEL, T. Endothelial nitric oxide synthase. N-terminal myristoylation determines subcellular localization. **Journal of Biological Chemistry**, v. 268, n. 12, p. 8410–8413, 1993.
- CAMBRI, L. T. et al. Frequência cardíaca e a identificação dos pontos de transição metabólica em esteira rolante. **Journal of Physical Education**, v. 17, n. 2, p. 131–137, 2006.
- CERMAK, N. M. et al. No improvement in endurance performance after a single dose of beetroot juice. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 22, n. 6, p. 470–478, 2012.
- CERMAK, N. M.; GIBALA, M. J.; VAN LOON, L. J. Nitrate supplementation's improvement of 10-km time-trial performance in trained cyclists. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 22, n. 1, p. 64–71, 2012.
- CHOLEWA, J. M.; NEWMIRE, D. E.; ZANCHI, N. E. Carbohydrate restriction: Friend or foe of resistance-based exercise performance? **Nutrition**, v. 60, p. 136–146, 2019.
- CLEMENTS, W. T.; LEE, S.-R.; BLOOMER, R. J. Nitrate ingestion: a review of the health and physical performance effects. **Nutrients**, v. 6, n. 11, p. 5224–5264, 2014.
- COGGAN, A. R. et al. Effect of acute dietary nitrate intake on maximal knee extensor speed and power in healthy men and women. **Nitric Oxide**, v. 48, p. 16–21, 2015.
- CONCONI, F. et al. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. **Journal of Applied Physiology**, v. 52, n. 4, p. 869–873, 1982.
- CONCONI, F.; GRAZZI, G.; CASONI, I. The Conconi test: Methodology after 12 years of application. **Occupational Health and Industrial Medicine**, v. 1, n. 36, p. 43, 1997.
- COOPER, C. E.; GIULIVI, C. Nitric oxide regulation of mitochondrial oxygen consumption II: molecular mechanism and tissue physiology. **American Journal of Physiology-Cell Physiology**, v. 292, n. 6, p. C1993–C2003, 2007.
- COOTE, J. H. Recovery of heart rate following intense dynamic exercise. **Experimental physiology**, v. 95, n. 3, p. 431–440, 2010.
- COUTO, P. G. et al. Pontos de transição da frequência cardíaca em teste progressivo máximo. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 19, p. 261–268, 2013.
- COUTTS, A. J.; WALLACE, L.; SLATTERY, K. Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes.

- International journal of sports medicine**, v. 28, n. 02, p. 125–134, 2007.
- CRUZ, M. S. DA; BERNAL, R. T. I.; CLARO, R. M. Tendência da prática de atividade física no lazer entre adultos no Brasil (2006-2016). **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, p. e00114817, 2018.
- DANIELS, J. et al. Elite and subelite female middle-and long-distance runners. **Sport and elite performers**, v. 3, p. 57–72, 1984.
- DAVIES, K. J. et al. Free radicals and tissue damage produced by exercise. **Biochemical and biophysical research communications**, v. 107, n. 4, p. 1198–1205, 1982.
- DE ASSIS MANOEL, F. et al. Peak velocity and its time limit are as good as the velocity associated with VO₂max for training prescription in runners. **Sports medicine international open**, v. 1, n. 01, p. E8–E15, 2017.
- DE CASTRO, T. F. et al. Effects of chronic beetroot juice supplementation on maximum oxygen uptake, velocity associated with maximum oxygen uptake, and peak velocity in recreational runners: a double-blinded, randomized and crossover study. **European journal of applied physiology**, v. 119, n. 5, p. 1043–1053, 2019.
- DE PAULA SANTANA, H. A. et al. TESTE DE CINCO MINUTOS (T5) PREDIZ A VELOCIDADE PICO DE CORRIDA EM ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS. **Brazilian Journal of Sports and Exercise Research**, v. 1, n. 2, p. 84–88, 2010.
- DEJAM, A. et al. Emerging role of nitrite in human biology. **Blood Cells, Molecules, and Diseases**, v. 32, n. 3, p. 423–429, 2004.
- DOMÍNGUEZ, R. et al. Effects of beetroot juice supplementation on a 30-s high-intensity inertial cycle ergometer test. **Nutrients**, v. 9, n. 12, p. 1360, 2017.
- DUARTE, J. M. P.; RISSATO, G. M.; CARRARA, V. K. P. Comparação entre limiar glicêmico, limiar anaeróbico individual estimado e velocidade crítica em sujeitos não atletas. 2008.
- DURNIN, J. V.; WOMERSLEY, J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. **British journal of nutrition**, v. 32, n. 1, p. 77–97, 1974.
- EGAN, B.; ZIERATH, J. R. Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. **Cell metabolism**, v. 17, n. 2, p. 162–184, 2013.
- FABRE, N. et al. A novel approach for lactate threshold assessment based on rating of perceived exertion. **International journal of sports physiology and performance**, v. 8, n. 3, p. 263–270, 2013.
- FERRARIS, C. et al. Assessment of Dietary Under-Reporting in Italian College Team Sport Athletes. **Nutrients**, v. 11, n. 6, p. 1391, 2019.
- FERREIRA, R. B. ESTIMATIVA DO LIMIAR ANAEROBIO A PARTIR DO PONTO DE INFLEXAO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE TESTE PROGRESSIVO MAXIMO. 2014.
- FIGUEIREDO, D. H. et al. Peak running velocity or critical speed under field conditions: which best predicts 5-km running performance in recreational runners? **Frontiers in Physiology**, v. 12, 2021.
- GAGO, B. et al. Red wine-dependent reduction of nitrite to nitric oxide in the stomach. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 43, n. 9, p. 1233–1242, 2007.
- GANGOLLI, S. D. et al. Nitrate, nitrite and N-nitroso compounds. **European Journal of Pharmacology: Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 292, n. 1, p. 1–38, 1994.
- GARRETT, J. et al. Peak running speed can be used to monitor neuromuscular fatigue from a standardized running test in team sport athletes. **Research in Sports Medicine**, p. 1–12, 2021.
- GHIARONE, T. et al. Suplementação de nitrato e sua relação com a formação de óxido nítrico e exercício físico. **Acta Brasileira do Movimento Humano**, v. 4, n. 4, p. 103–135, 2014.
- GOSTON, J. L.; MENDES, L. L. Perfil nutricional de praticantes de corrida de rua de um clube

- esportivo da cidade de Belo Horizonte, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 17, n. 1, p. 13–17, 2011.
- GUEST, N. S. et al. Sport nutrigenomics: Personalized nutrition for athletic performance. **Frontiers in nutrition**, v. 6, p. 8, 2019.
- HAWLEY, J. A. Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. **Clinical and experimental pharmacology and physiology**, v. 29, n. 3, p. 218–222, 2002.
- HECK, H. et al. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **International journal of sports medicine**, v. 6, n. 03, p. 117–130, 1985.
- HERNÁNDEZ, A. et al. Dietary nitrate increases tetanic $[Ca^{2+}]_i$ and contractile force in mouse fast-twitch muscle. **The Journal of physiology**, v. 590, n. 15, p. 3575–3583, 2012.
- HESPAHOL JUNIOR, L. C. et al. Perfil das características do treinamento e associação com lesões musculoesqueléticas prévias em corredores recreacionais: um estudo transversal. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, v. 16, n. 1, p. 46–53, 2012.
- HOON, M. W. et al. Nitrate supplementation and high-intensity performance in competitive cyclists. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 9, p. 1043–1049, 2014.
- HORD, N. G.; TANG, Y.; BRYAN, N. S. Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. **The American journal of clinical nutrition**, v. 90, n. 1, p. 1–10, 2009.
- HURST, P.; SAUNDERS, S.; COLEMAN, D. No Differences Between Beetroot Juice and Placebo on Competitive 5-km Running Performance: A Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. **International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism**, v. 1, n. aop, p. 1–6, 2020.
- JODRA, P. et al. Effect of beetroot juice supplementation on mood, perceived exertion, and performance during a 30-second Wingate test. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 15, n. 2, p. 243–248, 2020.
- JONES, A. M. et al. A–Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance—Part 27. **British journal of sports medicine**, v. 45, n. 15, p. 1246–1248, 2011.
- JONES, A. M. Influence of dietary nitrate on the physiological determinants of exercise performance: a critical review. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism**, v. 39, n. 9, p. 1019–1028, 2014a.
- JONES, A. M. Dietary nitrate supplementation and exercise performance. **Sports medicine**, v. 44, n. 1, p. 35–45, 2014b.
- JONES, A. M. et al. Fiber type-specific effects of dietary nitrate. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 44, n. 2, p. 53–60, 2016.
- JONES, A. M.; BAILEY, S. J.; VANHATALO, A. Dietary nitrate and O₂ consumption during exercise. In: **Acute Topics in Sport Nutrition**. [s.l.] Karger Publishers, 2012. v. 59p. 29–35.
- JONVIK, K. L. et al. Can elite athletes benefit from dietary nitrate supplementation? **Journal of applied physiology**, v. 119, n. 6, p. 759–761, 2015.
- KELLY, J. et al. Effects of nitrate on the power-duration relationship for severe-intensity exercise. **Med Sci Sports Exerc**, v. 45, n. 9, p. 1798–806, 2013.
- KERKSICK, C. M. et al. ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 1, p. 38, 2018.
- KUIPERS, H. et al. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. **International journal of sports medicine**, v. 24, n. 07, p. 486–491, 2003.
- LANSLEY, K. E. et al. Acute dietary nitrate supplementation improves cycling time trial performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 6, p. 1125–1131, 2011a.
- LANSLEY, K. E. et al. Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study. **Journal of applied physiology**, v. 110, n. 3, p. 591–600,

2011b.

LARSEN, F. et al. Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise. **Acta physiologica**, v. 191, n. 1, p. 59–66, 2007.

LARSEN, F. J. et al. Dietary nitrate reduces maximal oxygen consumption while maintaining work performance in maximal exercise. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 48, n. 2, p. 342–347, 2010.

LARSEN, F. J. et al. Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans. **Cell metabolism**, v. 13, n. 2, p. 149–159, 2011.

LIM, P. O. et al. Impaired exercise tolerance in hypertensive patients. **Annals of internal medicine**, v. 124, n. 1 Part 1, p. 41–55, 1996.

LIMA, J. R. P. DE. Freqüência cardíaca em cargas crescentes de trabalho: ajuste sigmóide, ponte de inflexão e limiar de variabilidade da freqüência cardíaca. **São Paulo**, 1997.

LUNDBERG, J. O.; GOVONI, M. Inorganic nitrate is a possible source for systemic generation of nitric oxide. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 37, n. 3, p. 395–400, 2004.

LUNDBERG, J. O.; WEITZBERG, E.; GLADWIN, M. T. The nitrate–nitrite–nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. **Nature reviews Drug discovery**, v. 7, n. 2, p. 156–167, 2008.

MARQUET, L.-A. et al. Periodization of carbohydrate intake: Short-term effect on performance. **Nutrients**, v. 8, n. 12, p. 755, 2016.

MAUGHAN, R. J. et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 28, n. 2, p. 104–125, 2018.

MCDONAGH, S. T. et al. Influence of dietary nitrate food forms on nitrate metabolism and blood pressure in healthy normotensive adults. **Nitric Oxide**, v. 72, p. 66–74, 2018.

MCLAUGHLIN, J. E. **A test of the classical model for predicting endurance running performance**. [s.l.] The University of Tennessee, 2006.

MENSINGA, T. T.; SPEIJERS, G. J.; MEULENBELT, J. Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. **Toxicological reviews**, v. 22, n. 1, p. 41–51, 2003.

MERRY, T. L.; LYNCH, G. S.; MCCONELL, G. K. Downstream mechanisms of nitric oxide-mediated skeletal muscle glucose uptake during contraction. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 299, n. 6, p. R1656–R1665, 2010.

MEYER, F.; O’CONNOR, H.; SHIRREFFS, S. M. Nutrition for the young athlete. **Journal of sports sciences**, v. 25, n. S1, p. S73–S82, 2007.

MODIN, A. et al. Nitrite-derived nitric oxide: a possible mediator of ‘acidic–metabolic’ vasodilation. **Acta physiologica scandinavica**, v. 171, n. 1, p. 9–16, 2001.

MORRIS JR, S. M.; BILLIAR, T. R. New insights into the regulation of inducible nitric oxide synthesis. **American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism**, v. 266, n. 6, p. E829–E839, 1994.

MUGGERIDGE, D. J. et al. The effects of a single dose of concentrated beetroot juice on performance in trained flatwater kayakers. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 23, n. 5, p. 498–506, 2013.

MUROS, J. J. et al. Nutritional intake and body composition changes in a UCI World Tour cycling team during the Tour of Spain. **European journal of sport science**, v. 19, n. 1, p. 86–94, 2019.

MURPHY, M. et al. Whole beetroot consumption acutely improves running performance. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 112, n. 4, p. 548–552, 2012.

NOAKES, T. D.; MYBURGH, K. H.; SCHALL, R. Peak treadmill running velocity during the V O₂ max test predicts running performance. **Journal of sports sciences**, v. 8, n. 1, p. 35–45, 1990.

- NOGUEIRA, T. D. R.; VIEBIG, R. F. Efeitos ergogênicos do consumo de suco de beterraba em adolescentes do gênero feminino praticantes de handebol. **RBPFEEX-Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 9, n. 56, p. 635–642, 2015.
- NOHL, H. et al. Mitochondria recycle nitrite back to the bioregulator nitric monoxide. **Acta Biochimica Polonica**, v. 47, n. 4, p. 913–921, 2000.
- ONYWERA, V. et al. Food and macronutrient intake of elite Kenyan distance runners. **International journal of sport nutrition and exercise metabolism**, v. 14, n. 6, p. 709–719, 2004.
- PEREZ, J. M. et al. The effects of beetroot juice on VO₂max and blood pressure during submaximal exercise. **International journal of exercise science**, v. 12, n. 2, p. 332, 2019.
- PERI, L. et al. Apples increase nitric oxide production by human saliva at the acidic pH of the stomach: a new biological function for polyphenols with a catechol group? **Free Radical Biology and Medicine**, v. 39, n. 5, p. 668–681, 2005.
- PESERICO, C. S. Determinação da velocidade pico a partir de diferentes protocolos incrementais: reprodutibilidade e correlação com a performance em corridas de endurance. 2012.
- PETERSEN, A.; STOLTZE, S. Nitrate and nitrite in vegetables on the Danish market: content and intake. **Food Additives & Contaminants**, v. 16, n. 7, p. 291–299, 1999.
- PILIS, K. et al. Three-Year Chronic Consumption of Low-Carbohydrate Diet Impairs Exercise Performance and Has a Small Unfavorable Effect on Lipid Profile in Middle-Aged Men. **Nutrients**, v. 10, n. 12, p. 1914, 2018.
- PINNA, M. et al. Effect of beetroot juice supplementation on aerobic response during swimming. **Nutrients**, v. 6, n. 2, p. 605–615, 2014.
- POOLE, D. C. et al. The anaerobic threshold: 50+ years of controversy. **The Journal of Physiology**, 2020.
- PORCELLI, S. et al. Aerobic fitness affects the exercise performance responses to nitrate supplementation. 2015.
- POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performances. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 27, n. 3, p. 466, 1995.
- PUYPE, J. et al. No effect of dietary nitrate supplementation on endurance training in hypoxia. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 25, n. 2, p. 234–241, 2015.
- QUITTMANN, O. J. et al. Lactate kinetics in handcycling under various exercise modalities and their relationship to performance measures in able-bodied participants. **European journal of applied physiology**, v. 118, n. 7, p. 1493–1505, 2018.
- RHEA, M. R. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. **Journal of strength and conditioning research**, v. 18, p. 918–920, 2004.
- ROTHSCHILD, J. A.; BISHOP, D. J. Effects of Dietary Supplements on Adaptations to Endurance Training. **Sports Medicine**, p. 1–29, 2019.
- ROTHSCHILD, J.; EARNEST, C. P. Dietary manipulations concurrent to endurance training. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 3, n. 3, p. 41, 2018.
- SANDERS, T. A dose response study of the effects of increased fruit and vegetable intake on vascular function. **Food Standards Agency**, p. 1–57, 2007.
- SCOTT, B.; HOUMARD, J. Peak running velocity is highly related to distance running performance. **International Journal of Sports Medicine**, v. 15, n. 08, p. 504–507, 1994.
- SEILER, S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? **International journal of sports physiology and performance**, v. 5, n. 3, p. 276–291, 2010.
- SENEFELD, J. W. et al. Ergogenic effect of nitrate supplementation: A systematic review and meta-analysis. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 52, n. 10, p. 2250, 2020.

- SHANNON, O. M. et al. Dietary nitrate supplementation enhances high-intensity running performance in moderate normobaric hypoxia, independent of aerobic fitness. **Nitric Oxide**, v. 59, p. 63–70, 2016.
- SILVA, D. F. DA. Comparação entre a máxima velocidade aeróbia e seu respectivo tempo limite determinado por diferentes métodos e sua relação com a performance de corredores. 2012.
- SILVA, S. G. L. DA. Efeitos da suplementação do suco de beterraba como recurso ergogênico vasodilatador para melhorar função cardiorrespiratória e desempenho de atletas. 2018.
- SIMÕES, H. G. et al. Lactate threshold prediction by blood glucose and rating of perceived exertion in people with type 2 diabetes. **Perceptual and motor skills**, v. 111, n. 2, p. 365–378, 2010.
- SKINNER, J. S.; MCLELLAN, T. H. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. **Research quarterly for exercise and sport**, v. 51, n. 1, p. 234–248, 1980.
- SLATTERY, K. M. et al. Physiological determinants of three-kilometer running performance in experienced triathletes. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 20, n. 1, p. 47–52, 2006.
- SOUSA, N. et al. Limiar de lactato em exercício resistido em idosos. **Motricidade**, v. 9, n. 1, p. 87–94, 2013.
- SPRIET, L. L. New insights into the interaction of carbohydrate and fat metabolism during exercise. **Sports medicine**, v. 44, n. 1, p. 87–96, 2014.
- STRATTON, E. et al. Treadmill velocity best predicts 5000-m run performance. **International journal of sports medicine**, v. 30, n. 01, p. 40–45, 2009.
- TAMME, T. et al. Nitrates and nitrites in vegetables and vegetable-based products and their intakes by the Estonian population. **Food additives and contaminants**, v. 23, n. 4, p. 355–361, 2006.
- TANAKA, H.; MONAHAN, K. D.; SEALS, D. R. Age-predicted maximal heart rate revisited. **Journal of the american college of cardiology**, v. 37, n. 1, p. 153–156, 2001.
- TANNENBAUM, S.; WEISMAN, M.; FETT, D. The effect of nitrate intake on nitrite formation in human saliva. **Food and cosmetics toxicology**, v. 14, n. 6, p. 549–552, 1976.
- THOMAS, D. T.; ERDMAN, K. A.; BURKE, L. M. Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: nutrition and athletic performance. **Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics**, v. 116, n. 3, p. 501–528, 2016.
- THUANY, M. et al. Crescimento do número de corridas de rua e perfil dos participantes no Brasil. **Atividade física, esporte e saúde: temas emergentes**, v. 1, 2021.
- TIRAPÉGUI, J. N. **Metabolismo e Suplementação na Atividade Física**. 2ª Edição. 2012.
- TULPPO, M. P. et al. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. **American journal of physiology-heart and circulatory physiology**, v. 271, n. 1, p. H244–H252, 1996.
- VAN MIDDELKOOP, M. et al. Risk factors for lower extremity injuries among male marathon runners. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 18, n. 6, p. 691–697, 2008.
- VANHATALO, A. et al. Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise. **American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 299, n. 4, p. R1121–R1131, 2010.
- WASSERMAN, K. et al. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **Journal of applied physiology**, v. 35, n. 2, p. 236–243, 1973.
- WEBB, A. J. et al. Nitric Oxide, Oxidative Stress. **Hypertension**, v. 51, n. 3, p. 784–90, 2008.
- WELTMAN, A. The blood lactate response to exercise. **Human Kinetics**, p. 81–97, 1995.
- WILSON, G. et al. Weight-making strategies in professional jockeys: implications for physical

and mental health and well-being. **Sports Medicine**, v. 44, n. 6, p. 785–796, 2014.

WYLIE, L. J. et al. Dietary nitrate supplementation improves team sport-specific intense intermittent exercise performance. **European journal of applied physiology**, v. 113, n. 7, p. 1673–1684, 2013.

ZAGO, A. S.; SILVEIRA, L. R.; KOKUBUN, E. Effects of aerobic exercise on the blood pressure, oxidative stress and eNOS gene polymorphism in pre-hypertensive older people. **European journal of applied physiology**, v. 110, n. 4, p. 825–832, 2010.

APÊNDICES

APENDICE 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS-COEP

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Prezado(a) Senhor(a), você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa de forma totalmente voluntária da Universidade Federal de Lavras. Antes de concordar, é importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Será garantida, durante todas as fases da pesquisa: sigilo; privacidade; e acesso aos resultados.

I - Título do trabalho experimental: SUPLEMENTOS NUTRICIONAIS E AS RESPOSTAS A DISTINTOS PROGRAMAS DE ATIVIDADE FISICA

Pesquisador(es) responsável(is): Sandro Fernandes da Silva e Wilson César de Abreu

Cargo/Função: Professores

Instituição/Departamento: Universidade Federal de Lavras /DEF e DNU

Telefone para contato: (35) 999735060 / (35) 38295132

Local da coleta de dados: Laboratório de Estudos do Movimento Humano e Laboratório de Nutrição no Desporto

II - OBJETIVOS

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

III – JUSTIFICATIVA

A utilização de 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.

IV - PROCEDIMENTOS DO EXPERIMENTO

AMOSTRA

A amostra será composta por sujeitos que praticam atividade física regularmente que tenham entre 20 a 35 anos de idade.

EXAMES

Para a realização da pesquisa, serão realizadas avaliação da composição corporal através do método de bioimpedância, avaliação da força e potência muscular, além de testes de corrida para avaliar o desempenho aeróbico, entre cada avaliação você receberá um suplemento/placebo para verificar o efeito no rendimento físico.

V - RISCOS ESPERADOS

Nas avaliações propostas no projeto pode haver que você não se sinta à vontade durante as avaliações antropométricas, pois estará em traje de banho, você pode sentir alguma dor muscular durante as avaliações dos parâmetros neuromusculares e dor de cabeça devido ao esforço das avaliações aeróbicas, você pode vir a apresentar problemas estomacais devido a utilização de algum dos suplementos, embora o projeto possa causar algum desconforto, esses não configuram risco algum à saúde.

VI – BENEFÍCIOS

Como benefício você conhecerá sua condição da composição corporal, a condição física e conhecerá se os suplementos utilizados lhe auxiliam no rendimento esportivo.

VII – CRITÉRIOS PARA SUSPENDER OU ENCERRAR A PESQUISA

A pesquisa pode ser suspensa caso apresente irregularidades nos procedimentos e nos critérios apresentados acima.

VIII - CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Após convenientemente esclarecido pelo pesquisador e ter entendido o que me foi explicado, consinto em participar do presente Projeto de Pesquisa. Lavras, ____ de _____ de 20__.

Campus Universitário da UFLA, Caixa Postal 3037
37200-000 Lavras-MG – Brasil
E-mail coep@nintec.ufla.br

Fone 35 3829 5182
CNPJ: 22.078.679/0001-74
Site: http://www.pro.ufla.br/site/?page_id=440



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS-COEP

Nome (legível) / RG

Assinatura

ATENÇÃO! Por sua participação, você: não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira; será ressarcido de despesas que eventualmente ocorrerem; será indenizado em caso de eventuais danos decorrentes da pesquisa; e terá o direito de desistir a qualquer momento, retirando o consentimento sem nenhuma penalidade e sem perder quaisquer benefícios. Em caso de dúvida quanto aos seus direitos, escreva para o Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos da UFLA. Endereço – Campus Universitário da UFLA, ~~Pró-reitoria~~ de pesquisa, COEP, caixa postal 3037. Telefone: 3829-5182.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada com o pesquisador responsável e a outra será fornecida a você.

A sua participação na pesquisa é voluntária. Em caso de dúvidas, escreva para e-mail de um dos pesquisadores responsáveis: sandrosf@ufla.br e wilson@dnu.ufla.br

APENDICE 3

Teste Progressivo 1

Aquecimento – 5 minutos a 4Km

| Velocidade | Tempo | Inclinação | FC | PSE |
|------------|-------|------------|----|-----|
| 8Km | 2min | 1% | | |
| 9Km | 2min | 1% | | |
| 10Km | 2min | 1% | | |
| 11Km | 2min | 1% | | |
| 12km | 2min | 1% | | |
| 13km | 2min | 1% | | |
| 14km | 2min | 1% | | |
| 15km | 2min | 1% | | |
| 16km | 2min | 1% | | |
| 17km | 2min | 1% | | |
| 18km | 2min | 1% | | |
| 19km | 2min | 1% | | |
| 20km | 2min | 1% | | |

Tempo Total: _____

| Glicose | |
|---------|-------|
| Início | Final |
| | |

Teste Progressivo 2

Aquecimento – 5 minutos a 4Km

| Velocidade | Tempo | Inclinação | FC | PSE |
|------------|-------|------------|----|-----|
| 8Km | 0 | 1% | | |
| 9Km | 2min | 1% | | |
| 10Km | 2min | 1% | | |
| 11Km | 2min | 1% | | |
| 12km | 2min | 1% | | |
| 13km | 2min | 1% | | |

| | | | | |
|------|------|----|--|--|
| 14km | 2min | 1% | | |
| 15km | 2min | 1% | | |
| 16km | 2min | 1% | | |
| 17km | 2min | 1% | | |
| 18km | 2min | 1% | | |
| 19km | 2min | 1% | | |
| 20km | 2min | 1% | | |

Tempo Total: _____

| Glicose | |
|---------|-------|
| Início | Final |
| | |

ANEXOS

ANEXO 1

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 2

Journal of Science in Sport and Exercise
EFFECT OF ACUTE AND CHRONIC NITRATE SUPPLEMENTATION ON THE
PERFORMANCE OF ENDURANCE ATHLETES: SYSTEMATIC REVIEW
 --Manuscript Draft--

| | |
|--|---|
| Manuscript Number: | SSEJ-D-21-00116 |
| Full Title: | EFFECT OF ACUTE AND CHRONIC NITRATE SUPPLEMENTATION ON THE PERFORMANCE OF ENDURANCE ATHLETES: SYSTEMATIC REVIEW |
| Article Type: | Review Articles |
| Funding Information: | |
| Abstract: | <p>Purpose Evidence that dietary supplementation with nitrate-rich beet juice (NO₃⁻) can improve the performance of endurance exercise. Objective critically assess the effects of acute and chronic NO₃⁻ supplementation in the performance of trained healthy adult individuals and/or athletes. Methods This systematic review analyzed 12 randomized, blinded, crossover clinical trials with control, which investigated the effect of acute and/or chronic supplementation of NO₃⁻ through juice or fresh beet on physical performance in endurance exercises. Results These studies involved 185 subjects. Of the six acute studies in this review, four demonstrated improvements in sports performance in running and cycling. Among the eight chronic studies, only two showed no improvement in performance. Six studies with secondary supplementation yield favorable results. Of the six studies conducted with athletes, five demonstrated increases in VO₂MAX. Conclusion The current literature points to the positive effects of dietary supplementation of NO₃⁻ both acute and chronic in, trained and/or athletes. However, there are limitations regarding research on the effects of NO₃⁻ supplementation in women and, if there is an optimal time for observing effects on athletic performance.</p> |
| Corresponding Author: | Ludmila Dias dos Santos Leal, M.D.S Federal University of Lavras: Universidade Federal de Lavras Lavras, Minas Gerais BRAZIL |
| Corresponding Author Secondary Information: | |
| Corresponding Author's Institution: | Federal University of Lavras: Universidade Federal de Lavras |
| Corresponding Author's Secondary Institution: | |
| First Author: | Ludmila Dias dos Santos Leal, M.D.S |
| First Author Secondary Information: | |
| Order of Authors: | <p>Ludmila Dias dos Santos Leal, M.D.S</p> <p>Miller Pereira Guimarães, Master</p> <p>Yuri de Almeida Costa Campos, Master</p> <p>Wilosn César de Abreu, Research and Professor</p> <p>Sandro Fernandes da Silva, Research and Professor</p> |
| Order of Authors Secondary Information: | |
| Author Comments: | We thank and congratulate the journal for encouraging and accepting review articles from new researchers, without the need for an invitation. Thank you so much for the opportunity. |

Submissions Being Processed for Author Ludmila Dias dos Santos Leal, M.D.S

Page: 1 of 1 (1 total submissions)

Display 10 results per page.

| Action | Manuscript Number | Title | Initial Date Submitted | Status Date | Current Status |
|------------------------------|-------------------|---|------------------------|-------------|--------------------|
| Action Links | SSEJ-D-21-00116 | EFFECT OF ACUTE AND CHRONIC NITRATE SUPPLEMENTATION ON THE PERFORMANCE OF ENDURANCE ATHLETES: SYSTEMATIC REVIEW | 10 Dec 2021 | 22 Dec 2021 | Reviewers Assigned |

Page: 1 of 1 (1 total submissions)

Display 10 results per page.

<< Author Main Menu

Title Page

Title Page

Consent for publication – All authors declare that they accept to make the data of this research available.**EFFECT OF ACUTE AND CHRONIC NITRATE SUPPLEMENTATION ON THE PERFORMANCE OF ENDURANCE ATHLETES: SYSTEMATIC REVIEW**Leal, Ludmila Dias dos Santos^{a,b}; Guimarães, Miller Pereira^{a,b,c}; Campos, Yuri de Almeida^{b,d}; Abreu, Wilson Cesar^e; da Silva, Sandro Fernandes^b.^aPostgraduate Program in Nutrition and Health, University of Lavras, Brazil
^bStudy Group and Research in Neuromuscular Responses, University of Lavras, Brazil;^cStudy Group and Research in Exercise Physiology, Federal University of São Paulo, Santos, Brazil;^dPostgraduate Program of the Faculty of Physical Education and Sports of the University of Juiz de Fora, Brazil;^eCorresponding Author: Ludmila Dias dos Santos Leal
University of Lavras, Physical Education Department, Campus Universitário, 3037, Lavras, Minas Gerais, Brazil. CEP. 37200-000.
E-mail: ludmila.leal@estudante.ufla.br**Declarations****Funding** -Not applicable**Conflicts of interest/Competing interests** - I, Ludmila Dias dos Santos Leal, author responsible for the manuscript "EFFECT OF ACUTE AND CHRONIC NITRATE SUPPLEMENTATION ON THE PERFORMANCE OF ENDURANCE ATHLETES: SYSTEMATIC REVIEW", declare that none of the authors of this study has any interest described below, or others that configure the so-called Conflict of Interest.**Availability of data and material****Code availability** - Not applicable**Authors' contributions** - Statement of Individual Contribution of each of the Authors: LDSL, WCA and SFS, contributed substantially in the conception of the study; LDSL, MPG, YACC, contributed to obtaining data analysis and interpretation; LDSL, MPG, YACC, WCA and SFS performed the writing, critical review and approval of the final version.**Ethics approval** - Not applicable**Consent to participate** - Not applicable

EFFECT OF ACUTE AND CHRONIC NITRATE SUPPLEMENTATION ON THE PERFORMANCE OF ENDURANCE ATHLETES: SYSTEMATIC REVIEW

Abstract

Purpose: Evidence that dietary supplementation with nitrate-rich beet juice (NO3-) can improve the performance of endurance exercise. Objectives: critically assess the effects of acute and chronic NO3- supplementation in the performance of trained healthy adult individuals and/or athletes. Methods: This systematic review analyzed 12 randomized, blinded, crossover clinical trials with control, which investigated the effect of acute and/or chronic supplementation of NO3- through juice or fresh beet on physical performance in endurance exercises. Results: These studies involved 185 subjects. Of the six acute studies in this review, four demonstrated improvements in sports performance in running and cycling. Among the eight chronic studies, only two showed no improvement in performance. Six studies with secondary supplementation yield favorable results. Of the six studies conducted with athletes, five demonstrated increases in VO2MAX. Conclusion: The current literature points to the positive effects of dietary supplementation of NO3- both acute and chronic in trained and/or athletes. However, there are limitations regarding research on the effects of NO3- supplementation in women and, if there is an optimal time for observing effects on athletic performance.

Key words: Performance; Nitric Oxide Donors; Food Supplementation; Endurance.

1. Introduction

The use of sports supplements has been gaining strength and market share worldwide, with an ever increasing number of consumers and corroborating large studies in the field [1].

Nitrate (NO3-) has gained prominence in sports due to its potential impact on performance [2,3]. The ergogenic effects of NO3- supplementation are attributed to its ability to increase the blood concentration of nitric oxide (NO). NO is a gas molecule that modulates neurotransmission, glucose metabolism, vascular tone, mitochondrial respiration and muscle function in general, and its peak concentration in the blood occurs two to three hours after ingestion of its precursors NO3- and/or nitrite (NO2-), which are present in foods such as beetroot [4,5]. An increase in blood NO concentration can also be observed after a single session of exercise because exercise increases the activity of NO synthase (NOS), thus promoting increased NO synthesis, which results in vasodilation and consequently improves muscle supply nutrients and oxygen consumption [3].

The number of people taking up endurance sports such as cycling and road running, which can benefit from NO3- supplementation, has increased over the past few years, mainly due to the benefits observed in the health of its practitioners and the popularization of these sports with an increased number of competitions [6]. Several supplements are used in these sports in the short-term (acute) and/or long-term (chronic); however, investigating chronic use is a greater challenge for researchers because it is difficult to control confounding variables, in addition to the high cost of conducting these studies; thus, there is a vast field of untapped research [7]. Some of the main food sources of inorganic NO3- are mustard greens, lettuce, spinach, arugula, watercress, celery, and beetroot [8]. Some foods can increase the production of NO in the gastrointestinal tract due to their polyphenol content, such as apples or red wine [9,10]. In addition, pomegranate juice has been shown to protect NO from oxidation while increasing its biological activity, and watermelon has been shown to be a good source of L-citrulline, a precursor of NO [4]. After being consumed, the absorbed NO3- reaches systemic circulation, where most of it (75%) is excreted by the kidneys, but approximately 25% enters the enterosalivary system and is reduced to NO2- by commensal bacteria present in the oral cavity. This NO2- is then partially reduced to NO by stomach acids and is subsequently absorbed in the intestine. A part of this NO2- enters the bloodstream, and under low oxygen conditions, such as during intense exercise, it is converted into NO, with a variety of physiological results. NO3- that was not reduced in the oral cavity enters systemic circulation again [11,12].

A priori, the supported theory for NO production was that it is exclusively produced through the oxidation of the amino acid L-arginine through a reaction catalyzed by a family of NOS enzymes [12]. Such a theory is called endogenous/enzymatic production [13], and the enzymatic pathway of NO synthesis is dependent on O2, as well as most ATP generation for cellular metabolism. However, later, it was elucidated that NO production also occurs through NO3- and NO2- substrates via NO3-/NO2- rich foods that can be serially reduced to form NO3-/NO2-/NO in a manner not dependent on NOS enzymes [14]. In addition, supplementation with NO3- via beet juice has recently gained considerable attention in sports as a potent ergogenic to increase the bioavailability of NO and, consequently, benefit athlete performance [15] and cause physiological benefits that can lead to physical improvements [16] and recovery too [17]. The use of beet juice is promising for its potential supply of NO3-, which, after its metabolism, provides NO in the bloodstream and is thus able to reduce systolic pressure through mechanisms associated with vasodilation and to promote decreased platelet aggregation and increased mitochondrial efficiency [3]. In particular, recent studies indicate that the increase in NO from dietary supplementation with NO3- can potentiate mitochondrial function, optimize oxygen consumption during exercise, and increase time to exhaustion during high-intensity exercise, thus improving performance [18]. Furthermore, dietary nitrate appears to have a positive effect on muscle strength and endurance, regardless of dosage, frequency of intake, level of training, muscle group, or type of contraction [19].

Another relevant point is the time of NO3- supplementation, divided into acute (less than/equal to 2 days) and chronic (greater than/equal to 3 days) supplementation [20]. The results in the literature are not consistent regarding the best form of supplementation, acute or chronic. Hypotheses demonstrate that the use of NO3- corroborates the performance improvement in endurance sports, mainly exhibiting acute benefits within 2 to 3 hours after consumption at concentrations ranging from 3 to 9 mmol (310 to 560 mg) [21]. Conversely, prolonged periods of NO3- supplementation (greater than/equal to 3 days) according to the American College of Sports Medicine (ACSM) guidelines also seem to be beneficial to athletic performance, in addition to being a positive strategy especially for highly trained athletes, where performance gains seem to be more difficult to obtain, and promising results are observed with the use of NO3- [21]. Given the above, this review article aimed to critically evaluate the effects of acute and chronic dietary supplementation of NO3- on physiological performance in endurance athletes, evaluating the effects of acute and chronic NO3- supplementation via beetroot, and thus ascertain from the literature the supposed physiological mechanisms of NO3- supplementation.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65



ANEXO 3

A SUPLEMENTAÇÃO AGUDA DE NITRATO AFETA OS PONTOS DE TRANSIÇÃO EM UM TESTE PROGRESSIVO EM ESTEIRA

Resumo:

Objetivo: Propomos neste estudo de maneira original a utilização da frequência cardíaca (FC) conjuntamente aos seus subprodutos - Ponto de Inflexão da Frequência Cardíaca (PIFC) e de Deflexão da FC (PDFC) para detecção dos pontos de transição metabólica (PTM) e a Velocidade Pico (V_{pico}) em corredores amadores de fundo submetidos a suplementação aguda de nitrato (NO_3^-) via suco de beterraba. Materiais e Métodos: Participaram deste estudo 13 indivíduos saudáveis, atletas amadores de fundo do sexo masculino. Estes voluntários foram submetidos a um Teste Progressivo Incremental (TPM) em esteira ergométrica sendo as variáveis Velocidade e FC registrados a cada 2 minutos até a exaustão. A suplementação de NO_3^- foi realizada 2 horas antes dos testes com administração de 70 ml de suco de beterraba concentrado rico em NO_3^- (~6,4mmol de NO_3^- - 400mg - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK) e o placebo empobrecido em NO_3^- (0,04 mmol de NO_3^- >0,8g/L - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK), com washout de 7 dias. Os dados da FC foram plotados a cada 2 minutos para que fosse identificado os pontos de inflexão (PIFC) e de deflexão da FC (PDFC) através do modelo matemático de Cambri, et al. [1]. Para detecção de PIFC e PDFC foi utilizada uma função polinomial de terceiro grau por uma equação linear de primeiro grau derivadas dos dados de cada sujeito. Para que o teste fosse considerado máximo, o sujeito deveria atingir pelo menos 90% da $FC_{MÁX}$ predita pela fórmula de Tanaka et al. [2], a saber; $FC_{MÁX} = 208 - (0,7 \times idade)$. A velocidade pico (V_{pico}) foi calculada através da fórmula de Kuipers, et al. [3], a saber; $V_{pico} = Velocidade + (Tempo \text{ no estágio/Duração do Estágio}) \times 1$, bem como os respectivos percentuais alcançados em cada um dos pontos de transição. Para estimativas dos pontos submáximos foram calculados de acordo com a velocidade dos estágios anteriores ao final do teste. Adotamos o valor de $p < 0,05$ para significância estatística. Resultados: Não houve diferença entre a $FC_{MÁX}$ observada após suplementação com placebo (Pla) ou nitrato (N) (Pla=182,77±4,83bpm Vs. N=181,54±6,07bpm - d=0,013; p=0,573). Os dados dos PTMs após a suplementação com placebo ou nitrato também não nos mostra diferença estatística, sendo os valores de PIFC (Pla=143,23± 6,75 Vs. N=139,53 ± 7,99bpm - d= 0,013; p=1,27) e PDFC (Pla=151,46 ± 6,09 Vs. N=150,23 ± 6,23 - d=0,038 ; p= 0,508). O % $FC_{MÁX}$ no PIFC e no PDFC observados após suplementação ocorreram respectivamente em (Pla=78,42 ± 4,25% Vs. N=76,92 ± 4,80% - d= 0,029; p=0,839) e (Pla= 82,91 ± 3,75% Vs. N=82,81 ± 3,80% - d= 0,01; p=0,067) sem diferenças estatísticas. Não houve diferença na V_{pico} observada após suplementação com placebo ou nitrato (Pla=17,83 ± 1,98Km/h⁻¹ Vs. N=18,53 ± 2,09Km/h⁻¹ - d= 0,031; p= 0,878). A velocidade no PIFC e no PDFC após suplementação também não mostra diferenças estatísticas respectivamente (Pla=10 ± 0,40Km/h⁻¹ Vs. N=10 ± 0,89Km/h⁻¹ - d= 0,013 ; p= 0,562); (Pla=12,23 ± 1,69Km/h⁻¹ Vs. N=12,92 ± 1,93Km/h⁻¹ - d= 0,038; p=0,971). Os percentuais da V_{pico} no PIFC e no PDFC ocorrem respectivamente em (Pla=56,63 ± 5,89 % Vs. N=55,23 ± 6,04% - d= 0,015; p= 0,598) e (Pla=68,91 ± 8,91% Vs. N=69,89 ± 8,05% - d=0,04 p= 0,295), sem diferenças estatísticas. Conclusão: Os resultados sugerem que a suplementação de nitrato não é capaz de aprimorar a performance, porém, observamos melhorias discretas quanto a velocidade e melhor tolerância as zonas dos limiares de transição em corredores amadores de fundo.

Palavras-chave: Corredores; Velocidade pico; limiares metabólicos; frequência cardíaca

1. Introdução

O TPM é uma ferramenta valiosa na avaliação e controle do desempenho no treinamento. Durante o exercício físico existem três domínios - moderado, intenso e severo, aos quais encontramos os dois PTMs que são importantes meios para a avaliação e prescrição do treinamento [4]. O primeiro ponto é denominado limiar anaeróbio (LA), ou limiar 1 ao qual observamos uma mudança do metabolismo, favorecendo o aumento da participação aeróbia. Já a segunda transição é conhecida como ponto de compensação respiratória ou limiar 2, ao qual observamos aumento da produção e acúmulo excessivo de lactato e devido uma maior participação do sistema anaeróbio na produção de energia com a finalidade de auxiliar o sistema aeróbio na sustentação e geração de energia [5]. Tal sincronia auxilia o organismo a sustentar o esforço durante o exercício. Entretanto, encontrar tais pontos pelos meios clássicos de

detecção dispendem de equipagem onerosa e invasivas, tais como analisador de gases e/ou coleta de lactato sanguíneo, criando assim limitações na avaliação do indivíduo [6].

Técnicas não invasivas de detecção dos PTM já são empregadas com intuito de simplificar, integrar e diminuir custos para a avaliação, sendo uma delas a análise do comportamento da FC em TPM [7–10]. Conconi et al [11] e Lima [12] realizaram trabalhos sobre o PTM através da FC durante TPM. É importante salientar que a intensidade do exercício em que estes PTM's ocorrem é fundamental para treinadores e fisiologistas do exercício [13]. Cambri et al. [1] verificaram que no TPM em esteira ergométrica é possível identificar os dois pontos de PTM, sendo o primeiro aquele que coincide com a máxima taxa de variação da FC e conhecido como PIFC. Este apresenta correlação significativa com o limiar anaeróbio 1, e mais atualmente, o PTM apresentado por Conconi et al. [11] denominado de PDFC, é aplicado como um indicativo do segundo limiar de lactato e uma aproximação da intensidade do máximo estado de equilíbrio de lactato.

Recentemente, o NO_3^- tem despertado interesse de pesquisadores devido a suas propriedades vasodilatadoras benéficas ao aprimoramento do desempenho atlético e aumento na biodisponibilidade de óxido nítrico (NO) [14]. Trabalhos recentes mostraram os efeitos da suplementação de NO_3^- em corredores sobre os parâmetros velocidade, VO_2 e FC [15–17] porém, encontramos uma lacuna de estudos que determinam os dois PTM's através da FC em indivíduos submetidos a suplementação de NO_3^- . Outro ponto relevante é sobre o estudo da V_{pico} . Até onde temos conhecimento, não há estudos que analisaram a reprodutibilidade da mesma, bem como a sua correlação com a performance no TPM em indivíduos suplementados com NO_3^- . Além disso, por ser também uma variável simples e de baixo custo para ser avaliada, a V_{pico} pode ser considerada um meio viável para técnicos prescreverem e acompanharem o treinamento de seus atletas [18]. Propomos, portanto, de maneira original a utilização da FC e seus subprodutos PIFC e PDFC e V_{pico} para detecção dos PTM's em corredores amadores de fundo submetidos a suplementação aguda de NO_3^- via suco de beterraba.

2. Materiais e Métodos

2.1 Participantes

Pesquisa experimental prospectiva, duplo-cego, controlado por placebo, cruzado e com pesquisador não participante, sob aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, atendendo a Resolução CNE n. 466/12, sob número de aprovação do parecer: 3.663.376 e posterior assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE. Foram selecionados 15 participantes e, após desistência, participaram 13 corredores amadores do sexo masculino da cidade de Varginha – Minas Gerais. O cálculo amostral foi realizado através do software Gpower 3.1, onde obtivemos um β do poder da amostra de 0,87. Os critérios de inclusão foram indivíduos do sexo masculino, idade entre 20 a 35 anos, carga horária de treino maior que duas horas semanais, periodicidade semanal maior que a 2 vezes na semana, tempo de prática em corrida de resistência maior que 2 anos, familiaridade com treinos em esteira rolante e que tivessem participado pelo menos uma vez nos últimos 5 anos de alguma competição de corrida de 5Km (Regional e/ou Nacional). Os critérios de exclusão foram corredores que apresentaram tempo de prova de 5km acima de 25 minutos, presença de doenças crônicas cardiovasculares, histórico de lesão osteoarticular nos últimos seis meses, uso de qualquer recurso ergogênico e / ou suplemento dietético, não comparecimento ao local da pesquisa nos dias de realização dos testes de corrida e/ou lesões durante os períodos dos testes.

2.2 Delineamento do Estudo e Intervenção

A divisão das condições Placebo (Pla) e Suplementado com Nitrato (N) foi feita de maneira aleatória e duplo-cega por indivíduo não participante da pesquisa. A suplementação de NO_3^- foi realizada 2 horas antes dos testes como recomendado pela International Olympic Committee – COI [19] com administração de 70 ml de suco de beterraba concentrado rico em NO_3^- (~6,4mmol de NO_3^- - 400mg - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK) e o placebo empobrecido em NO_3^- (0,04 mmol de NO_3^- >0,8g/L - Beet IT; James White Drinks Ltd, Ipswich, UK), com washout de 7 dias. O desenho experimental demonstra nosso fluxograma de intervenção (Figura 1).

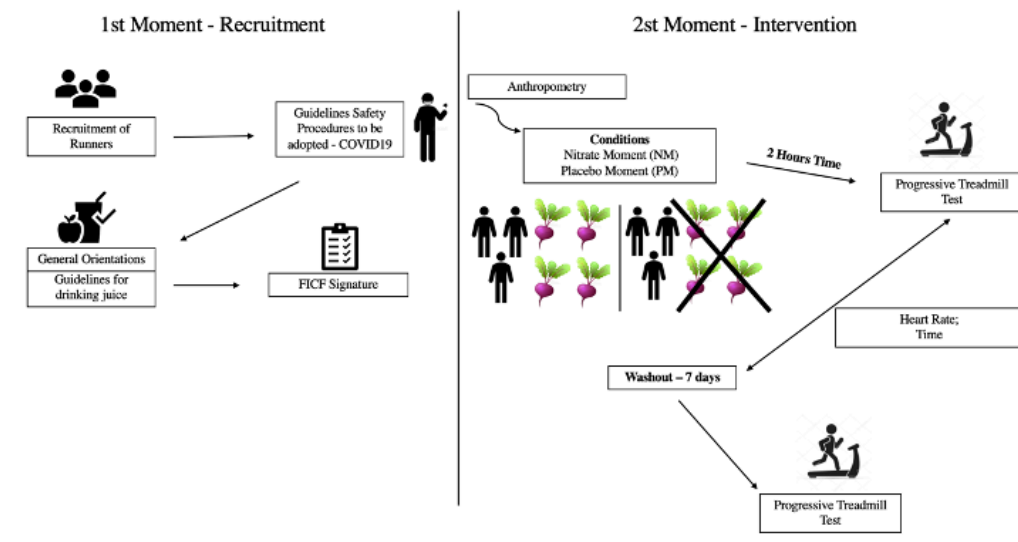


Fig. 1 Desenho experimental do estudo

Foi instruído aos participantes que se abstivessem do consumo de alimentos fonte de NO_3^- (Green leafy vegetables, beterraba, alimentos hidropônicos e ultra processados), abster-se de exercícios vigorosos nas últimas 48 horas, analgésicos e relaxantes musculares 1 hora antes do teste e não fazer uso de antisséptico bucal antes ao teste. No primeiro dia de avaliação, foram coletados os dados da estatura e massa corporal a partir de uma balança com estadiômetro (110 FF, Welmy®, Santa Bárbara d'Oeste, Brasil). Para a avaliação do percentual de gordura corporal foi utilizado um aparelho de ultrassom da marca Bodymetrix® (modelo BX 2000), com o protocolo de Durnin; Womersley. [20] das 4 pregas.

Os sujeitos executaram teste incremental em esteira rolante da marca Embrex® (modelo 820 EXI) com velocidade de 1,2 á 20Km/h após suplementação com NO_3^- ou placebo. O protocolo utilizado foi o proposto por Heck et al. [21]. Os sujeitos realizaram um aquecimento de 5 minutos em velocidade constante de 4km/h sem inclinação. O teste iniciou-se imediatamente após o aquecimento a uma velocidade de 8Km/h com aumentos de 1,0Km.h a cada 2 minutos e inclinação constante de 1%. O teste era interrompido pela incapacidade de manter a cadência da corrida, mesmo com vigoroso encorajamento verbal e/ou quando os sujeitos solicitavam por não conseguir acompanhar a velocidade da esteira ergométrica. Ao final de cada estágio eram registrados a frequência cardíaca aferida pelo cardio-frequencímetro Garmin® (modelo Fênix 3) e tempo total ao final do teste. Para que o teste fosse considerado máximo, o sujeito deveria atingir pelo menos 90% da FC_{MAX} predita pela fórmula de Tanaka et al. (2) , a saber; $\text{FC}_{\text{MAX}} = 208 - (0,7 \times \text{idade})$. A velocidade pico (V_{pico}) foi calculada através da formula de Kuipers et al. [3], a saber; $V_{\text{pico}} = \text{Velocidade} + (\text{Tempo no estágio}/\text{Duração do Estágio}) * 1$, bem como os respectivos percentuais alcançados em cada um dos pontos de transição. Para estimativas dos pontos submáximos foram calculados de acordo com a velocidade dos estágios anteriores ao final do teste. Os dados da FC foram plotados a cada 2 minutos para que fosse identificado os pontos de inflexão (PIFC) e de deflexão da FC (PDFC) através do modelo matemático de Cambri et al. [1], ao qual todos os valores de FC – carga são ajustados por uma função polinomial de terceiro grau por uma equação linear de primeiro grau derivadas dos dados de cada sujeito.

2.3 Análise Estatística

Os cálculos estatísticos foram feitos através do software estatístico SPSS® versão 25.0 e os gráficos plotados através do software Prism® versão 8.0.O teste de normalidade Shapiro-Wilk foi utilizado para identificar a distribuição dos dados paramétricos. Para a análise das variáveis foram utilizados o Teste T para duas amostras não dependentes para igualdade de médias e o teste de Levene para igualdade de variâncias, adotando um $p < 0,05$. Foi realizada o delta de variação (Δ) dos resultados. Na análise do tamanho do efeito da amostra foi utilizado o teste de Cohen (d) para observar o tamanho do efeito adotando o tamanho do efeito (d) de: $< 0,35$ trivial; $0,35-0,80$ pequeno; $0,80-1,50$ moderado; $e > 1,5$ grande, de acordo com a classificação de indivíduos treinados recreativamente (22).

3. Resultados

Nosso estudo teve duração de 4 semanas consecutivas, com participação de 13 indivíduos. As características da amostra são demonstradas na tabela 1.

Tabela 1 – Características da amostra (n=13)

| | Média ± dp |
|----------------------------|------------|
| Idade (anos) | 34±1,82 |
| Peso (Kg) | 69±11,4 |
| Estatura (centímetros) | 175±0,07 |
| %GC | 9,8±3,85 |
| IMC | 23,5±2,77 |
| Tempo de Prática (anos) | 5±5,81 |
| Horas de Treino por semana | 5±4,19 |
| Periodicidade | 5±1,41 |
| Tempo 5Km (minutos) | 18:21±0,08 |

Não houve diferença entre a $FC_{MÁX}$ observada após suplementação com placebo ou nitrato ($Pla=182,77\pm 4,83\text{bpm}$ Vs. $N=181,54\pm 6,07\text{bpm}$ - $d=0,013$; $p=0,573$) (fig.2A). Os dados dos PTMCs após a suplementação com placebo ou nitrato também não nos mostra diferença estatística, sendo os valores de PIFC (fig.2B) ($Pla=143,23\pm 6,75$ Vs. $N=139,53\pm 7,99\text{bpm}$ - $d=0,013$; $p=1,27$) e PDFC (fig.2C) ($Pla=151,46\pm 6,09$ Vs. $N=150,23\pm 6,23$ - $d=0,038$; $p=0,508$). O % $FC_{MÁX}$ no PIFC (fig.2D) e no PDFC (fig.2E) observados após suplementação ocorreram respectivamente em ($Pla=78,42\pm 4,25\%$ Vs. $N=76,92\pm 4,80\%$ - $d=0,029$; $p=0,839$) e ($Pla=82,91\pm 3,75\%$ Vs. $N=82,81\pm 3,80\%$ - $d=0,01$; $p=0,067$) sem diferenças estatísticas.

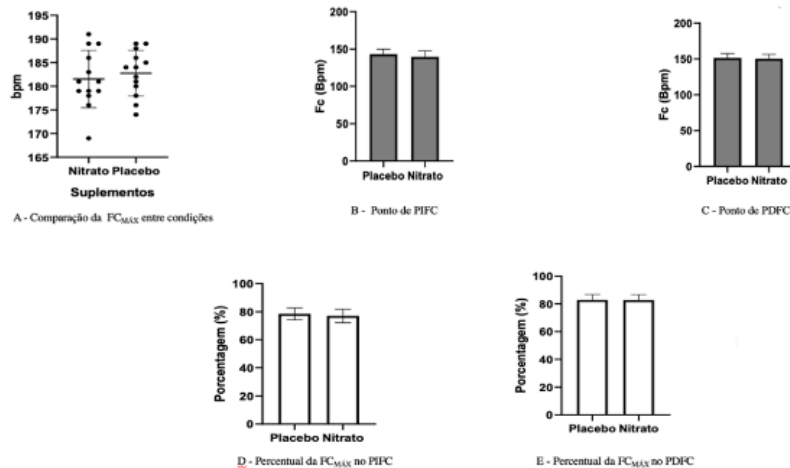


Fig. 2 – Gráficos da $FC_{MÁX}$ nos seus respectivos PTMCs.

Não houve diferença na V_{pico} (fig.3F) observada após suplementação com placebo ou nitrato ($Pla=17,83\pm 1,98\text{Km/h}^{-1}$ Vs. $N=18,53\pm 2,09\text{Km/h}^{-1}$ - $d=0,031$; $p=0,878$). A velocidade no PIFC (fig.3G) e no PDFC (fig.3H) após suplementação também não mostra diferenças estatísticas respectivamente ($Pla=10\pm 0,40\text{Km/h}^{-1}$ Vs. $N=10\pm 0,89\text{Km/h}^{-1}$ - $d=0,013$; $p=0,562$); ($Pla=12,23\pm 1,69\text{Km/h}^{-1}$ Vs. $N=12,92\pm 1,93\text{Km/h}^{-1}$ - $d=0,038$; $p=0,971$). Os percentuais da V_{pico} no PIFC (fig.3I) e no PDFC (fig.3J) ocorrem respectivamente em ($Pla=56,63\pm 5,89\%$ Vs. $N=55,23\pm 6,04\%$ - $d=0,015$; $p=0,598$) e ($Pla=68,91\pm 8,91\%$ Vs. $N=69,89\pm 8,05\%$ - $d=0,04$; $p=0,295$), sem diferenças estatísticas.

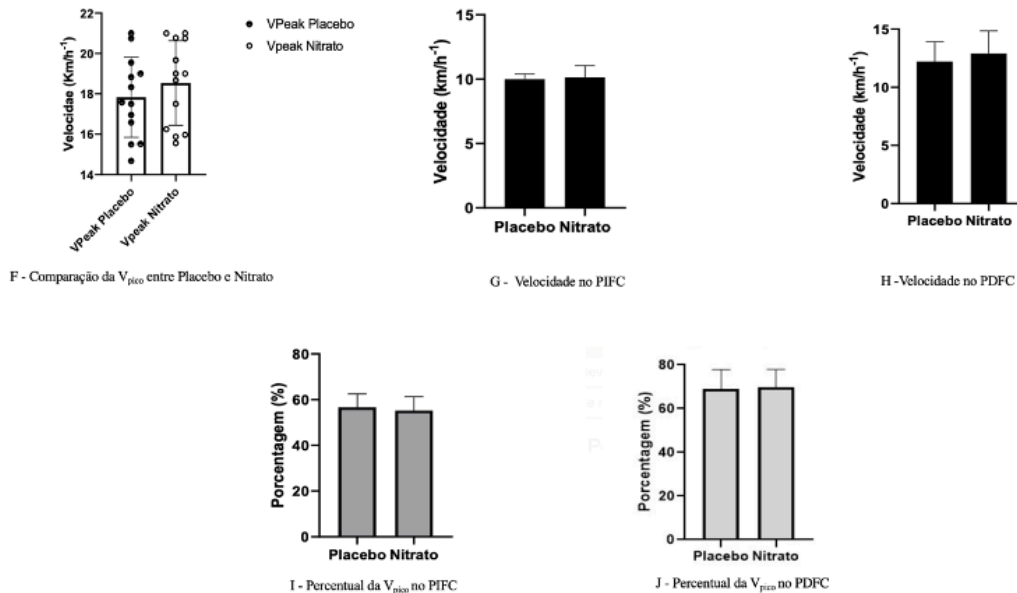


Fig. 3 Valores de V_{pico} e seus respectivos percentuais nos PTM's.

4. Discussão

Uma das maneiras de se prever a capacidade funcional de realização do exercício é através da identificação dos pontos de transição metabólica que expressam um aumento da participação dos sistemas anaeróbio e/ou aeróbio na produção energética. O presente estudo analisou de maneira inédita o efeito da suplementação de NO_3^- em um teste progressivo em corredores amadores de fundo nos PTM'S a partir da $FC_{MÁX}$ e seus subprodutos PIFC e PDFC, e na V_{pico} .

A atual literatura não apresenta muitos precedentes sobre tais variáveis em esforços máximos e seus respectivos limiares na presença de suplementação aguda de NO_3^- , o que dificulta análises comparativas, e há ainda muitas controvérsias e debates sobre as causas de sua ocorrência e qual o melhor protocolo para sua determinação [23]. Apesar de não termos encontrado diferenças significativas entre grupos, observamos uma tendência discreta de melhoras no grupo nitrate que, em termos práticos são representados em melhorias individuais de performance significantes.

Os achados quanto ao 1º Limiar a partir do PIFC apesar de não demonstrar diferenças estatísticas revelam que a condição suplementada alcançava o limiar anaeróbio com uma FC mais baixa quando comparada a condição placebo, resultando assim em menor esforço cardíaco, melhor tolerância do domínio pesado e maior tamponamento. O trabalho de Alves et al. [13] demonstrou também o comportamento da FC na identificação dos pontos de transição de 13 jovens atletas em teste progressivo na marcha atlética antes e após sessões de treinamentos. Os valores para PIFC no pré-treinamento assemelham-se aos nossos, principalmente no quilometro 7,00 (n=8 - 5,31 km·h⁻¹; 125 bpm; n=1 - 7,00 km·h⁻¹; 149 bpm) e no pós-treinamento (n=12 - 5,46 km·h⁻¹; 125 bpm). Já o trabalho de Couto et al. [24] com 20 universitários submetidos a um cicloergômetro demonstra valores muito acima aos nossos quanto a FC na PIFC de 13 participantes (126bpm ± 12). Já em relação a velocidade atingida, nosso trabalho demonstra não haver diferenças entre grupos, contudo observamos que grupo N alcançava o limiar aeróbio com uma maior velocidade, ou seja, mesmo no limite do domínio moderado mantinham-se maior velocidade. Tal fato corrobora para um bom treinamento adaptativo, aumento a tolerância ao lactato e sua remoção e menor estresse ao organismo. Em valores percentuais, observamos que por possuírem uma porcentagem menor, estão mais longe da velocidade máxima, assim possuem menor gasto de energia e menor utilização de O_2 . O estudo de Cambri et al. [1] realizado com 20 universitários em teste progressivo máximo em esteira rolante à velocidade 5km·h⁻¹ e incrementos de 0,3 km·h⁻¹ a cada minuto para identificação dos pontos de transição a partir da FC observou valores similares aos nossos quanto a velocidade na PIFC final de 6 participantes (10,9±1,8).

Com relação aos achados referentes ao 2º Limiar a partir do PDFC, nosso estudo também mostra valores mais baixos para FC no N, apesar de não termos encontrado nenhuma diferença estatística significativa. Ademais, observamos ainda que a velocidade mantida pelo N era superior ao placebo. Supomos aqui que a melhora da tolerância ao domínio severo observada através de uma menor FC e com uma maior velocidade atingida pelo grupo suplementado pode estar relacionada a presença do NO_3^- em decorrência da vasodilatação, melhoria no tamponamento e absorção de íons de H^+ e diminuição do consumo de oxigênio [25]. Em termos práticos essa melhor tolerância é o que faz com que os atletas tenham o segundo limiar (PDFC) mais próximo a do seu ponto máximo ($\text{VO}_{2\text{MÁX}}$).

A $\text{FC}_{\text{MÁX}}$ é uma das variáveis fisiológicas com maior utilização no âmbito esportivo como indicadora de intensidade do esforço, inclusive em testes progressivos e seu comportamento nas diferentes intensidades durante o exercício [1]. Em nosso estudo não observamos diferenças estatísticas quanto a $\text{FC}_{\text{MÁX}}$ e os seus respectivos percentuais nos limiares de transição. Porém mais uma vez observamos uma tendência de comportamento positivo do N em detrimento ao PLa. Os menores valores observados para a $\text{FC}_{\text{MÁX}}$ e nos pontos de transição corroboram com a nossa teoria sustentada de que o NO_3^- pode promover uma melhoria da tolerância entre os limiares e por consequência melhoria de performance. Um estudo com vinte universitários observou o comportamento da frequência cardíaca e a identificação dos pontos de transição da FC em teste progressivo máximo em esteira rolante observaram que o ponto de transição do ponto de inflexão da FC com identificação nas fases iniciais 130 ± 8 ($64,4 \pm 5,3\%$) e finais 195 ± 10 bpm ($97,4 \pm 3,4\%$), concluindo em concordância com a literatura recente que o comportamento curvilínea da FC em relação à intensidade de trabalho a existência de pontos de transição da frequência cardíaca em fases iniciais e finais da curva [1]. Um outro estudo sobre de a deflexão da frequência cardíaca com dez corredores que realizaram teste de corrida de carga incremental máxima sem suplementação, demonstraram valores superiores aos nossos quanto a FC no limiar (174.4 ± 6.1 bpm) e um valor um pouco a baixo da velocidade no limiar da FC (11.4 ± 0.8 Km/h⁻¹) [26].

A V_{pico} designada como a máxima velocidade atingida em um teste incremental já tem sido consolidada como uma forma eficaz e simples na predição da performance em corridas de endurance, bem como um bom indicador de prescrição de treinamento [27,28]. A comparação da V_{pico} na presença de suplementação aguda de NO_3^- em corredores é uma limitação do nosso estudo, uma vez que até o nosso conhecimento, não encontramos dados sobre essa combinação na literatura. Dados de Noakes, Myburgh e Schall [29] já demonstraram que a V_{pico} em conjunto ao limiar de lactato demonstram ser melhores preditores da performance em 43 maratonistas e ultramaratonistas em provas de 10 até 90 km. Ademais, outros autores já observam a V_{pico} como ferramenta eficaz na performance de provas curtas de 3 e 5 Km [28,30,31]. Em nosso estudo não observamos diferenças significativas na V_{pico} , entre as condições, todavia mais uma vez chamamos a atenção para os valores encontrados relacionado ao N. Observa-se a tendência de se manter uma maior velocidade (+0,7 km/h) e percentual na PIFC na presença do NO_3^- auxiliando no rendimento, demonstrado através desse menor percentual encontrado, inferindo assim que os indivíduos suplementados se cansavam menos no ponto de transição. McLaughlin et al. [32] investigaram a relação da V_{pico} em prova de 16Km com resultados que mostram forte correlação com o tempo da prova de 16 km ($r = -0,89$). Sugerimos em nosso estudo que os resultados acerca do N, mesmo não mostrando diferenças estatísticas apontam uma hipótese de que no momento de transição do sistema aeróbio para anaeróbio, a condição suplementada consegue captar e metabolizar mais oxigênio, traduzindo em termos práticos uma maior capacidade e tempo de trabalho com menor acidose e menor esforço cardíaco, mesmo a uma intensidade maior. Ademais, sugerimos que pode haver uma atuação do NO no aumento do transporte de oxigênio para as fibras musculares. Um estudo com nadadores observou uma redução no custo energético e aumento na carga de trabalho no limiar anaeróbio. Os resultados mostram que a carga de trabalho no limiar anaeróbio foi significativamente aumentada pela suplementação de suco de beterraba rico em nitrato em comparação ao teste da baseline respectivamente ($6,3 \pm 1$ e $6,7 \pm 1,1$ kg e o custo de oxigênio durante os testes também se mostraram menores após com a suplementação em relação a baseline respectivamente ($1,7 \pm 0,3$ kcal·kg⁻¹·h⁻¹ e $1,9 \pm 0,5$) [33]. Ademais, a maior V_{pico} observada entre os 2 limiares no grupo nitrato indica que tal grupo prolongava e suportava um maior tempo para atingir o 2º limiar.

O estudo de Peserico [27] examinou a relação entre o desempenho de corrida de 5 km e a V_{pico} em homens e mulheres não treinados submetidos a um teste incremental em esteira rolante. Os resultados mostram valores inferiores de V_{pico} quando comparados ao nosso estudo (12.2 ± 1.8 (km·h⁻¹), todavia, o trabalho mostra a V_{pico} como um forte indicador na prescrição do treinamento ao encontrar significância para o desempenho no grupo masculino em relação ao feminino ($P < 0,001$). O estudo de De Assis Manoel [34] também mostra a V_{pico} e a velocidade associada à ocorrência de consumo máximo de oxigênio $\text{VO}_{2\text{max}}$ como bons indicadores de prescrição de treinamento. Ao observar 4 semanas de treinamento prescritos através da V_{pico} em 14 corredores de resistência moderadamente treinados em prova de 10Km randomizados em dois grupos (Grupo treinado pelo V_{pico} e o outro grupo $v\text{VO}_{2\text{max}}$). O

V_{pico} e o $v\text{VO}_2\text{max}$ se correlacionaram significativamente com o desempenho de 10 km no tempo pré e pós-treinamento em ambos os grupos - V_{pico} -0,97 Vs. -0,87 ; $v\text{VO}_2\text{max}$ -0,95 Vs. -0,94. Outro estudo que comparou a sensibilidade da V_{pico} durante um teste de corrida submáxima e um teste de salto de contra movimento para fornecer um método alternativo de medição da fadiga neuromuscular em 20 jogadores semiprofissionais de futebol mostrou que a V_{pico} seria um método alternativo e de baixo custo para medir a fadiga neuromuscular [35]. Em contra partida ao nosso trabalho, o estudo de Figueiredo [36] que comparou a V_{pico} e a $V_{\text{aeróbica}}$ a fim de estabelecer qual o melhor preditor do desempenho de corrida de 5 km em vinte corredores recreativos traz como principal achado uma maior correlação e poder preditivo para $V_{\text{aeróbica}}$ quando comparado a V_{pico} no desempenho respectivamente ($13,7 \pm 1,1$ Vs. $12,1^* \pm 1,4\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$) $P < 0,001$.

Ressalvamos que as limitações deste estudo foram a identificação da FC que é um método indireto e, a não dosagem de nitrato e nitrito sérico. Contudo, destacamos a novidade deste trabalho que demonstra resultados promissores quanto a detecção dos PTM's e utilização de uma variável prática e de baixo custo - V_{pico} em corredores. Tais implicações são de grande valia, visto que pequenas mudanças com relação ao esforço e a velocidade são cruciais para a melhoria de performance através das adaptações induzidas pelo treinamento nesse grupo.

5. Conclusão

A suplementação com nitrato não interfere no rendimento de corredores amadores de fundo durante um Teste Progressivo Incremental. Todavia, apesar das diferenças estatísticas não terem sido significativas em nenhum parâmetro, as melhoras observadas com a suplementação de nitrato podem ser relevante na vida real. Os achados do PIFC e PDFC sugerem melhorias mostrando menor esforço cardíaco nos PTM's e maior V_{pico} . Tais achados sugerem que a suplementação com NO_3^- leva a um melhor resultado no rendimento competitivo, melhorando a tolerância aos domínios pesado e severo do exercício e melhor velocidade, demonstrando que a suplementação pode ser um bom coadjuvante no programa de treinamento e na alimentação desse grupo.

6. Referências Bibliográficas

1. Cambri LT, Foza V, Nakamura FY, de Oliveira FR. Frequência cardíaca e a identificação dos pontos de transição metabólica em esteira rolante. *Journal of Physical Education*. 2006;17(2):131–7.
2. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the american college of cardiology*. 2001;37(1):153–6.
3. Kuipers H, Rietjens G, Verstappen F, Schoenmakers H, Hofman G. Effects of stage duration in incremental running tests on physiological variables. *International journal of sports medicine*. 2003;24(07):486–91.
4. Davies KJ, Quintanilha AT, Brooks GA, Packer L. Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochemical and biophysical research communications*. 1982;107(4):1198–205.
5. Skinner JS, McLellan TH. The transition from aerobic to anaerobic metabolism. *Research quarterly for exercise and sport*. 1980;51(1):234–48.
6. Bartels R, Neumann L, Leão-Nunes M, Giannella-Neto A, Carvalho A. Estimativa do limiar anaeróbico a partir do ponto de inflexão da frequência cardíaca durante teste de esforço progressivo máximo em jovens não atletas.
7. Cottin F, Leprêtre P-M, Lopes P, Papelier Y, Médigue C, Billat V. Assessment of ventilatory thresholds from heart rate variability in well-trained subjects during cycling. *International journal of sports medicine*. 2006;27(12):959–67.
8. Karapetian G, Engels H, Gretebeck R. Use of heart rate variability to estimate LT and VT. *International journal of sports medicine*. 2008;29(08):652–7.
9. Lima JRP, Kiss MAPD. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*. 1999;4(1):29–38.
10. Tulppo MP, Makikallio TH, Takala T, Seppanen T, Huikuri HV. Quantitative beat-to-beat analysis of heart rate dynamics during exercise. *American journal of physiology-heart and circulatory physiology*. 1996;271(1):H244–52.
11. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *Journal of Applied Physiology*. 1982;52(4):869–73.
12. Lima JRP de. Frequência cardíaca em cargas crescentes de trabalho: ajuste sigmóide, ponte de inflexão e limiar de variabilidade da frequência cardíaca. São Paulo. 1997;
13. Alves DL, Cruz R, Manoel F de A, Domingos PR, Freitas JV de, Osiecki R, et al. TRANSITION

- POINTS OF HEART RATE AT RACE WALKING. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2017;23(5):390–3.
14. Bezerra ÁD de 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. 2017;
 15. Balsalobre-Fernández C, Romero-Moraleda B, Cupeiro R, Peinado AB, Butragueño J, Benito PJ. 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*. 2018;13(7):e0200517.
 16. Perez JM, DOBSON JL, RYAN GA, RIGGS AJ. The effects of beetroot juice on VO₂max and blood pressure during submaximal exercise. *International journal of exercise science*. 2019;12(2):332.
 17. Wickham KA, McCarthy DG, Pereira JM, Cervone DT, Verdijk LB, van Loon LJ, et al. No effect of beetroot juice supplementation on exercise economy and performance in recreationally active females despite increased torque production. *Physiological reports*. 2019;7(2):e13982.
 18. Alves JCC. Influência de protocolos contínuos e descontínuos com diferentes velocidades iniciais na determinação da velocidade pico em corrida. 2013;
 19. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2018;28(2):104–25.
 20. Durnin JV, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British journal of nutrition*. 1974;32(1):77–97.
 21. Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International journal of sports medicine*. 1985;6(03):117–30.
 22. Rhea MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *Journal of strength and conditioning research*. 2004;18:918–20.
 23. Poole DC, Rossiter HB, Brooks GA, Gladden LB. The anaerobic threshold: 50+ years of controversy. *The Journal of Physiology*. 2020;
 24. Couto PG, Rodrigues AP, Ferreira Júnior AJ, Silva SF da, de-Oliveira FR. Pontos de transição da frequência cardíaca em teste progressivo máximo. *Motriz: Revista de Educação Física*. 2013;19:261–8.
 25. Senefeld JW, Wiggins CC, Regimbal RJ, Dominelli PB, Baker SE, Joyner MJ. Ergogenic effect of nitrate supplementation: A systematic review and meta-analysis. *Medicine and science in sports and exercise*. 2020;52(10):2250.
 26. Brunetta HS, Navarro AC, Frighetto M. Análise do lactato em duas sessões de corrida prescritas através do ponto de deflexão da frequência cardíaca. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício (RBPFE)*. 2013;7(42):10.
 27. Peserico CS. Determinação da velocidade pico a partir de diferentes protocolos incrementais: reprodutibilidade e correlação com a performance em corridas de endurance. 2012;
 28. Scott B, Houmard J. Peak running velocity is highly related to distance running performance. *International Journal of Sports Medicine*. 1994;15(08):504–7.
 29. Noakes TD, Myburgh KH, Schall R. Peak treadmill running velocity during the V O₂ max test predicts running performance. *Journal of sports sciences*. 1990;8(1):35–45.
 30. Stratton E, O'Brien B, Harvey J, Blitvich J, McNicol A, Janissen D, et al. Treadmill velocity best predicts 5000-m run performance. *International journal of sports medicine*. 2009;30(01):40–5.
 31. Slaterry KM, Wallace LK, Murphy AJ, Coutts AJ. Physiological determinants of three-kilometer running performance in experienced triathletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2006;20(1):47–52.
 32. McLaughlin JE. A test of the classical model for predicting endurance running performance. The University of Tennessee; 2006.
 33. Pinna M, Roberto S, Milia R, Marongiu E, Olla S, Loi A, et al. Effect of beetroot juice supplementation on aerobic response during swimming. *Nutrients*. 2014;6(2):605–15.
 34. de Assis Manoel F, da Silva DF, de Lima JRP, Machado FA. Peak velocity and its time limit are as good as the velocity associated with VO₂max for training prescription in runners. *Sports medicine international open*. 2017;1(01):E8–15.
 35. Garrett J, Akyildiz Z, Leduc C, van den Hoek D, Manuel Clemente F, Ardigò LP. Peak running speed can be used to monitor neuromuscular fatigue from a standardized running test in team sport athletes. *Research in Sports Medicine*. 2021;1–12.
 36. Figueiredo DH, Figueiredo DH, de Assis Manoel F, Machado FA. Peak running velocity or critical speed under field conditions: which best predicts 5-km running performance in recreational runners? *Frontiers in Physiology*. 2021;12.

